

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Muhammed Cemal TORAMAN

**YAYICI VE YAPIŞTIRICILARIN BAZI PÜSKÜRTME PARAMETRELERİ
VE FARKLI HEDEF YÜZEYLERDE TUTUNMA ORANINA ETKİSİ**

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

ADANA, 2015

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAYICI VE YAPIŞTIRICILARIN BAZI PÜSKÜRTME
PARAMETRELERİ VE FARKLI HEDEF YÜZEYLERDE TUTUNMA
ORANINA ETKİSİ**

Muhammed Cemal TORAMAN

DOKTORA TEZİ

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

Bu tez/...../2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/
Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Ali BAYAT
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Emin GÜZEL
ÜYE

.....
Prof. Dr. Ekrem ATAKAN
ÜYE

.....
Prof. Dr. Yusuf ZEREN
ÜYE

.....
Doç. Dr. Hüseyin GÜLER
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Tarım Makinaları ve Teknolojiler Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2013D5**

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

YAYICI VE YAPIŞTIRICILARIN BAZI PÜSKÜRTME PARAMETRELERİ VE FARKLI HEDEF YÜZEYLERDE TUTUNMA ORANINA ETKİSİ

Muhammed Cemal TORAMAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Danışman :Prof. Dr. Ali BAYAT
Year: 2015, Pages: 182
Jüri :Prof. Dr. Ali BAYAT
:Prof. Dr. Emin GÜZEL
:Prof. Dr. Ekrem ATAKAN
:Prof. Dr. Yusuf ZEREN
:Doç. Dr. Hüseyin GÜLER

Katkı maddeleri pazarında yüzlerce farklı yayıcı-yapıştırıcı mevcut olmasına rağmen, bu maddelerin amaçlarını gerçekleştirme kapasiteleri bilinmemektedir. Bu araştırmada, yayıcı-yapıştırıcıların etkinliğini belirlemek için farklı içerikli on adet yayıcı-yapıştırıcının (A, B, C, D, E, F, G, H, İ, J) önerilen konsantrasyonlarda yedi farklı yaprak yüzeylerine (*Habiscus esculentus*, *Citrus sinensis*, *Citrus limon*, *Lycopersicon esculentum*, *Solanum melongena* L, *Capsicum annum*, *Vitis vinifera*) uygulanmış ve damlaların değme açıları, değme yükseklikleri, karakteristik değme çapları, meme püskürtme açısı, püskürtme deseni üzerine etkileri ve karıştırma nedeniyle oluşacak potansiyel köpüklenme oranları belirlenmiştir. Sonuçlar saf su verileri ile karşılaştırılmıştır. Yayıcı- yapıştırıcı karışımların yüzey gerilimleri ile yaprak yüzeylerinde oluşturdıkları değme açılarına göre yaprak yüzey enerjileri bulunmuştur. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre; En düşük yüzey gerilimi 20,21 mN/m ile organoslikon bileşimli G karışımından elde edilmiştir. Limon yapraklarının hidrofilik, asma yapraklarının ise hidrofobik karakterde olduğu bulunmuştur. En yüksek yüzey enerji 22,06 mN/m ile limon yaprakları yüzeyinde oluşurken, en düşük yüzey enerjisi ise 10,04 mN/m ile asma yaprakları yüzeyinde gözlenmiştir. Karışımların sabit basınçta (3 bar) damla büyüklüğü, püskürtme açısı ve püskürtme deseni üzerinde önemli etkilerinin olmadığı saptanmıştır. Ancak karışımların köpüklenme oranı dikkate alındığında, en yüksek köpük miktarını A,D ve F katkı maddelerinin ürettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yüzey gerilimi, Temas açısı, Yüzey enerjisi, Damla çapı, Dağılım düzgünlüğü

ABSTRACT

PhD THESIS

Muhammed Cemal TORAMAN

EFFECTS OF SOME SPREADER AND ADHESIVES ON SOME SPRAYING PARAMETERS AND RETENTION RATE FOR VARIOUS TARGET SURFACES
--

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY
AND TECHNOLOGIES ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

Supervisor	:Prof. Dr. Ali BAYAT Year: 2015, Pages: 182
Jury	:Prof. Dr. Ali BAYAT :Prof. Dr. Emin GÜZEL :Prof. Dr. Ekrem ATAKAN :Prof. Dr. Yusuf ZEREN :Doç. Dr. Hüseyin GÜLER

Although there are the spreader-adhesives the hundreds of different components in additive market, there is no information about their capacity of reaching their goal. In this study, the ten spreader-adhesives with (having) different component (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) were sprayed on the surface of leaf of seven plant belonging to different species (*Habiscus esculentus*, *Citrus sinensis*, *Citrus limon*, *Lycopersicon esculentum*, *Solanum melongena* L, *Capsicum annum*, *Vitis vinifera*) at recommended concentrations. It was determined the each sprayed spreader-adhesives to constitute contact angles, contact heights and characteristic diameter of contact, nozzle spray angle, the effects of the spray pattern for the different leaf surfaces and due to the mixing potential foaming rates. The results obtained were compared with those of pure water. According to the contact angles which the surface tension of the mixture spreader-adhesives form by the leaf surface, leaf surface energies were found. In this study, the lowest surface tension 20.21 mN/m was determined as the G mixture with organosilicon composition. It was found that lemon leaves is hydrophilic, then grape leaf have the hydrophobic character. When the highest surface energy 22.06 mN/m formed on the surface of lemon leaves, the lowest surface energy 10.04 mN/m was observed on the surface of grape leaf. It was found that the droplet sizes of the mixtures at constant pressure (3 bar) are significant influence on the spray angle and the spray pattern. However, it was seen that the additives A, D and F generate the maximum amount of foam, considering the foaming ratio of the mixtures.

Key Words: Surface tension, Contact angle, Surface energy, Droplet size, Distribution smoothness

TEŞEKKÜR

“Yapıcı ve Yapıştırıcıların Bazı Püskürtme Parametreleri ve Farklı Hedef Yüzeylerde Tutunma Oranına Etkisi” Araştırma konusunun belirlenmesinden çalışmaların son aşamasına gelinceye kadar engin bilgi ve tecrübesini cömertçe arz eden, rehberliğinden mutluluk duyduğum danışman hocam Prof. Dr. Ali BAYAT’a en derin saygılarım eşliğinde sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyesi sayın Prof. Dr. Emin GÜZEL ve Prof. Dr. Ekrem ATAKAN’a yapıcı ve yönlendirici yaklaşımlarından dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayat boyu desteğini hep hissettiğim, bilgi ve deneyimlerinden sınırsızca istifade ettiğim, en zorlu günlerimde sabır ve tahammülüne sığınmama rağmen hiçbir yüksüntüye şahit olmadığım Öğr. Gör. M Kemalettin TORAMAN’a muhabbet dolusu sevgilerimi sunar, ne kadar ifade etsem de duygularımı tarife kâfi olmayan teşekkürlerimi arz ederim. Ayrıca yardımlarından dolayı Uzman Yahya TAYHAN ile Öğr. Gör. Olcay AYDIN’a da özel olarak şükranlarımı sunarım.

Olmasaydı bitmeyecek olan desteklerinden dolayı eşim ve çocuklarıma da sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Araştırmamda yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının lazer kırınım yöntemiyle damla çapı analizlerinin yapılması ve oluşan açılı değişimlerinin belirlenmesinde Tek Meme Test cihazları kullanılmıştır. Bu konuda Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Makinaları Test Merkezi laboratuvar imkânlarından faydalanma fırsatı veren başta kurum müdürü Sayın Dr. Hamdi TAŞBAŞ’a ve bölüm şefi Mehmet TÜRKOĞLU’na, denemelerde birlikte çalıştığımız Sayın Ziraat Mühendisi Mesut AKKAYA ve Zafer EROĞLU’na ve tüm laboratuvar personeline teşekkür ederim.

Tez çalışması içerisinde kullandığım yaprakları temin etmemde yardımcı olan Ç. Ü. Araştırma ve Uygulama Çiftliği personeline ve denemelerin yürütüldüğü Tarım Makineleri bölümü personeli Cumali BUYRUK ve diğerlerine teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölüm Başkanlığı’na, maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne teşekkür ederim.

“Bu çalışmamı, sürekli desteklerini hissettiğim ve zamanlarından çaldığım yaşam arkadaşım ile sevinç kaynaklarım olan ocuklarım, Ahmet Yasin, Ayře İrem ve Elif’e ithaf ediyorum”

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Pülverizasyonda Kullanılan Aktivatör Katkı Maddeleri	10
1.2.1. Yüzey Gerilim Düşürücüleri.....	11
1.2.2. Yapıştırıcılar	15
1.3. Kritik Yüzey Gerilimi ve Adezyon Kuvvet;	16
1.3.1. Kuvvet Tanımı Olarak Yüzey Gerilimi	18
1.3.2. Yüzey Enerjisinin İş Cinsinden Tanımı.....	19
1.3.2.1. Adezyon ve Kohezyon işi:	19
1.3.3. Temas Açısı ve Yüzey Enerjisi.....	21
1.3.3.1. Kritik Yüzey Gerilimi – Zisman Yöntemi	22
1.4. Viskozite.....	25
1.5. Çalışmanın Amacı ve Önemi	26
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	29
2.1. Yüzey Gerilim Düşürücüler	29
2.2. Hedef Yüzey ve Yayıcı-Yapıştırıcı İlişkisi	30
2.2.1. Kullanım Alanlarına Göre Yüzey Gerilim Düşürücüler.....	31
2.3. Köpük Oluşumu İle İlgili Yapılan Çalışmalar	38
2.4. Paternatör ve Sürüklenme İle İlgili Çalışmalar	39
2.5. Viskozite ile İlgili Çalışmalar	40
3. MATERYAL VE YÖNTEM	43
3.1. Materyal	43
3.1.1. Araştırmada Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcılar	43

3.1.2. Hedef Bitki Yaprakları.....	44
3.1.3. Damla Şekil Analizi 10 Cihazı (Drop Shape Analysis 10; DSA 10)....	47
3.1.4. Paternatör	48
3.1.4.1. Püskürtme Açısı Ölçüm Cihazı.....	50
3.1.5. Köpük Ölçüm Cihazı	51
3.1.6. Viskozimetre	54
3.1.7. Damla Çapı Ölçümleri	55
3.2. Metot	58
3.2.1. Sıvıların Yüzey Gerilim Ölçümleri.....	58
3.2.2. Damla Değme Açısı, Değme Yüksekliği, Damla Çapı ve Kaplama Alanı Ölçümleri	62
3.2.3. Yaprak Yüzey Enerjilerinin Belirlenmesi.....	69
3.2.3.1. DSA 10 Cihazı ile Yüzey Enerjisi Hesaplama- Zisman Yöntemi.....	70
3.2.4. Tek Meme Püskürtme Deseni ve Püskürtme Açısının Belirlenmesi....	74
3.2.4.1. Meme Püskürtme Deseninin Belirlenmesi.....	74
3.2.4.2. Püskürtme Açısının Belirlenmesi.....	75
3.2.5. Köpük Ölçümü.....	77
3.2.6. Viskozite Ölçümü	78
3.2.6.1. Engler Viskozimetresi.....	78
3.2.7. Bilgisayar Kontrollü Damlacık Büyüklüğü Ölçüm Sistemi	79
3.2.7.1. İlaç Uygulamalarında Karakteristik Damla Çapları ve Ölçme Yöntemleri	82
3.3. Verilerin Değerlendirilmesi.....	83
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	85
4.1. Araştırmada Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcı Karışımlarına Ait Yüzey Gerilimleri	85
4.1.1. Yayıcı-Yapıştırıcıların Farklı Hedef Yüzeylerde Sağladıkları Damla Değme Açısı, Değme Yüksekliği ve Değme Çapları	94
4.1.2. Damla Değme Açısı Bulguları.....	94
4.1.3. Damla Değme Yükseklik Bulguları.....	119

4.1.4. Damla Değme Çapı Bulguları.....	130
4.2. Yaprak Yüzeylerine Ait Yüzey Enerjileri	143
4.3. Paternatör İle İlgili Çalışma Bulguları	146
4.3.1. Meme Islatma Genişliği	146
4.3.2. Püskürtme Açısı	151
4.4. Köpük Ölçümü	151
4.5. Yayıcı-Yapıştırıcıların Viskozite ve Yoğunluk Değerleri	153
4.6. Damla Ölçüleri	154
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	158
KAYNAKLAR	164
ÖZGEÇMİŞ	182

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Dünya Genelindeki Ürün Kayıpları (%) (DPT, 2006).....	2
Çizelge 1.2 .Türkiye’de Yıllara Göre Tarımsal İlaç Tüketimi Yıl/Ton (Anonymous, 2014a).....	3
Çizelge 1.3. Karakteristik Damla Çapları ve Kategoriler (μm) (ASABE standart S572) (Bayat 2011)	7
Çizelge 1.4. Etki Şekillerine Göre Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması (Tu ve Randal, 2001)	10
Çizelge 2.1. Lahana Yaprağı Üzerinde Farklı Yüzey Gerilimi ve Sabit Damla Çaplarındaki Tutunma Oranları Aşağıdaki Gibidir.....	38
Çizelge 3.1. Denemelerde Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcıların Etkili Maddeleri, Etiket Dozları ve İyon Yapıları.....	44
Çizelge 4.1. Yayıcı-Yapıştırıcılara Ait Yüzey Gerilim Değerleri (mN/m) ve Yüzey Gelimdeki Değişimler.....	92
Çizelge 4.2. Bamya Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Açılar	95
Çizelge 4.3. Portakal Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Açılar	97
Çizelge 4.4. Limon Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Açılar	99
Çizelge 4.5. Domates Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Açılar	101
Çizelge 4.6. Biber Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Açılar	103
Çizelge 4.7. Patlıcan Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Açılar	105
Çizelge 4.8. Asma Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Açılar	107

Çizelge 4.9. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3. ve 10. Saniyede Yaprak Yüzeyinde Oluşturdukları Ortalama Değme Açıları ($^{\circ}$).....	110
Çizelge 4.10. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3. ile 10. Saniye Arasında Yaprak Yüzeyindeki Değme Açılarındaki Azalma Miktarı ($^{\circ}$).....	116
Çizelge 4.11. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3. ve 10. Saniyede Yaprak Yüzeyinde Oluşturdukları Değme Yükseklikleri (mm)	122
Çizelge 4.12. Karışım Halindeki Yayıcı ve Yapıştırıcıların 3 ve 10. Saniye Arasında Yaprak Yüzeyinde Oluşan Değme Yüksekliklerindeki Azalma Miktarı (mm).....	126
Çizelge 4.13. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcıların 3.ve 10. Saniyede Yaprak Yüzeyinde Oluşturdukları Değme Çapları (mm)	132
Çizelge 4.14. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcıların 3 ve 10.Saniyede Yaprak Yüzeyindeki Değme Çapındaki Artış Miktarı (mm).....	137
Çizelge 4.15. Farklı Yaprakların Değişik Sıvılara Karşı Gösterdikleri Yüzey Enerji Değerleri (mN/m)	143
Çizelge 4.16. Yaprakların Ortalama Yüzey Enerji Değerleri (mN/m)	144
Çizelge 4.17. Püskürtme Dağılımına Ait Paternatör Ölçüm Değerleri.....	148
Çizelge 4.18. Yayıcı-Yapıştırıcıların Köpük Miktarı (mL)	153
Çizelge 4.19. Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Viskozite ve Yoğunlukları.....	154
Çizelge 4.20. Yayıcı-Yapıştırıcıların Oluşturdukları Damlacık Dağılımları	155
Çizelge 4.21. Sabit Basınçta (3 bar) 50 μ m ve 100 μ m den Küçük Damlaların Püskürtme Hacmi İçindeki Oranları	156

Şekil 1.1. Pülverizasyonda Oluşan Damla Çapları Oranları Etkinlikleri (Zeren ve Bayat 1999).	7
Şekil 1.2. Katı Bir Yüzeydeki Damla	9
Şekil 1.3. Bir Sıvı Molekülünün Yüzey Gerilimi (Oğuz, 1988)	11
Şekil 1.4. Sıvı-Buhar Ara Yüzeyi (Gennes ve ark. 2002)	12
Şekil 1.5. Yüzey aktif madde Molekülünün Şematik Gösterimi	13
Şekil 1.6. Hidrofilik ve Hidrofobik özellikler (Ratner ve ark, 2004.)	16
Şekil 1.7. Islanabilirliğin Belirlenmesinde Kullanılan Temas Açısı	18
Şekil 1.8. Sıvı Kesitinin Gerilimi	19
Şekil 1.9. Kohezyon İşi (Ratner, 2004)	20
Şekil 1.10. Adezyon işi (Ratner, 2004)	20
Şekil 1.11. Üçlü Faz Sisteminde Adezyon ve Kohezyon İşleri (Young, 1805)	22
Şekil 1.12. Katının γ_c Değerinin Zisman Yöntemi İle Belirlenmesi (Düzyol 2009)	24
Şekil 2.1. Suyun farklı yüzeylerde oluşturduğu temas açıları	30
Şekil 2.2. Farklı sıvıların teflon yüzeyinde oluşturduğu temas açıları	30
Şekil 2.3. Yüzey aktif madde molekülünün şematik gösterimi	31
Şekil 2.4. Sıvı Katmanları Arası Hız Gradyanı	40
Şekil 3.1. Testlerde Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcılar	43
Şekil 3.2. Bamya Yaprağı	46
Şekil 3.3. Biber Yaprağı	46
Şekil 3.4. Domates Yaprağı	46
Şekil 3.5. Limon Yaprağı	46
Şekil 3.6. Portakal Yaprağı	46
Şekil 3.7. Patlıcan Yaprağı	46
Şekil 3.8. Asma Yaprağı	46
Şekil 3.9. Damla Şekil Analiz 10Cihazı	47
Şekil 3.10. Yayıcı-Yapıştırıcı Karışım Örnekleri	48

Şekil 3.11. Paternatör	49
Şekil 3.12. Gündüzler G112 Tipi Meme	50
Şekil 3.13. Tek Meme Test Cihazı ve Ölçüm Sırasında Monitörden Alınan Bir Görüntü.....	51
Şekil 3.14. Köpük Ölçüm Cihazı	52
Şekil 3.15. Ayarlı Güç Kaynağı	53
Şekil 3.16. Optik Takometre	53
Şekil 3.17. Engler Viskozimetresi.....	54
Şekil 3.18. Bilgisayar Kontrollü Damla Analiz Cihazı ve Kısımları (Malvern, 2014).....	55
Şekil 3.19. Damla Analizinde Kullanılan Depo ve Merceklere Püskürtülen Hava Kumanda Ünitesi.....	56
Şekil 3.20. Program Menüsünden Yüzey Gerilim Ölçüm Seçeneği	59
Şekil 3.21. Drop İnformation Diyalog Penceresi	60
Şekil 3.22. Netlik Değerleri Penceresi	61
Şekil 3.23. Yüzey Gerilim Ölçümü Yapılan Bir Damla	62
Şekil 3.24. Program Menüsünden Temas Açısı Seçenekleri	64
Şekil 3.25. Damla Temas Açısını Belirlendiği Metot.....	65
Şekil 3.26. CD Yüzeyinde Oluşan Bir Damla.....	66
Şekil 3.27. Yaprak Yüzeyinde Oluşan Bir Damla	66
Şekil 3.28. Otomatik Olarak Algılanamayan Bir Görüntü.....	67
Şekil 3.29. Manuel with Line Fitting seçeneği	68
Şekil 3.30. Otomatik Olarak Algılanamayan Görüntünün Manuel With Line Fitting Seçeneği İle Ölçümünün Yapılması	68
Şekil 3.31. Yüzey Gerilim Hesaplama Penceresi.....	71
Şekil 3.32. Veri Giriş Penceresi	71
Şekil 3.33. Tek Meme Test Cihazına Ait Bir Görüntü	76
Şekil 3.34. Tek Meme Test Cihazı Yazılım Ara Yüzü	77
Şekil 3.35. Malvern Spraytec Cihazının Çalışması.....	81
Şekil 3.36. Spraytec Cihazına Ait Programın Bir Görüntüsü	82
Şekil 4.1. Hava / Su Ara yüzü İle Yüzey Gerilim Düşürücü Etkileşimi.....	87

Şekil 4.2.	Hava / Su Ara yüzü İle Yüzey Gerilim Düşürücü Etkileşimi	89
Şekil 4.3.	Yayıcı-Yapıştırıcılara Ait Yüzey Gerilim Değerleri ve Saf Suyu Göre % Değişimi	93
Şekil 4.4.	Yayıcı-Yapıştırıcıların Farklı Yaprak Yüzeylerinde 3. Saniyede Oluşturdukları Ortalama Değme Açıları	112
Şekil 4.5.	Yaprak Yüzeylerinde 3. Saniyede Oluşan Ortalama Değme Açıları	113
Şekil 4.6.	Yaprak Yüzeylerine Uygulanan Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının Yedi Saniye Sonunda Oluşturdukları Açılardaki Ortalama Azalma Miktarları ($^{\circ}$).....	118
Şekil 4.7.	Yaprak Yüzeylerindeki Karışım Damlacıklarının Yedi Saniyede Oluşturdukları Değme Açılarındaki Ortalama Azalma Miktarları	119
Şekil 4.8.	Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3. Saniyede Oluşturdukları Ortalama Değme Yüksekliği (mm)	124
Şekil 4.9.	Yaprak Yüzeyinde Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcıların 3. Saniyedeki Ortalama Değme Yükseklikleri.	125
Şekil 4.10.	Yayıcı-Yapıştırıcıların 3. ve 10. Saniye Arasındaki 7 saniyelik Süre Sonunda Yaprak Yüzeylerindeki Ortalama Değme Yüksekliğindeki Azalma Miktarı	129
Şekil 4.11.	Yaprak Yüzeylerinde 3. ve 10. Saniye arasındaki 7 Saniye Sürecinde Yayıcı-Yapıştırıcıların Oluşturduğu Ortalama Değme Yüksekliğindeki Azalma Miktarı (mm)	130
Şekil 4.12.	Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3.sn'de Oluşturdukları Ortalama Değme Çapları (mm).....	134
Şekil 4.13.	Yaprak Yüzeylerinde 3. Saniyede Yayıcı-Yapıştırıcı Karışimli Damlacıkların Oluşturdukları Ortalama Değme Çapları	135
Şekil 4.14.	Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının 3.ve 10. Saniye Arasındaki 7 Saniye Süresince Yaprak Yüzeylerinde Oluşan Ortalama Değme Çaplarındaki Artış Miktarı (mm)	139
Şekil 4.15.	Yaprak Yüzeyinde 3. ve 10. Saniye Arasındaki 7 Saniyelik Süre Boyunca Yayıcı-Yapıştırıcıların Karışımlarının Oluşturdukları Değme Çaplarındaki Ortalama Artış Miktarı (mm).....	140

Şekil 4.16. Temas Açıları İle Temas Yükseklikleri Arasındaki İlişki	141
Şekil 4.17. Temas Açıları İle Temas Çapları Arasındaki İlişki	142
Şekil 4.18. Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Paternatördeki Dağılımları	149

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Canlıların enerji ihtiyacını karşılaması açısından bitkiler hayatın devamı için vazgeçilemez stratejik bir unsurdur. Bitkiler güneş enerjisini kimyasal formda depolayarak dünyadaki enerji çeşitliliğine hammadde olarak kaynaklık teşkil ederler. Günümüzde giderek artan bir eğilimle, tarımsal ürün çeşidi içerisinde, petrol ürünlerinin yanında enerji açığını destekleme amacıyla alternatif tarımsal üretim modellerinin eklenmesiyle, insan ihtiyaçlarının karşılanması açısından bitkilerin öneminin daha fazla arttığı görülmektedir.

Başlangıçta doğada kendiliğinden yetişen bitkiler ile ihtiyaçlarını karşılayan insanlığı, daha sonraları bu bitkiler içerisinde kendi istekleri doğrultusunda seçimler yaparak kültür bitkileri yetiştiriciliğine yönelmiştir. Bu dönemde üretimi için emek sarf ettiği bu bitkilerin bir kısmının hastalık ve zararlılar tarafından tahrip edildiğini görmüş, bu hastalık ve zararlıların oluşturduğu kayıpları en aza indirmek için farklı mücadele yöntemleri geliştirmiştir. Modern tarımda yabancı ot, hastalık ve zararlılara karşı entegre mücadele yöntem ve teknikleri geliştirilmiş, bu mücadele yöntemleri içerisinde uygulanması gereken en son yöntemin kimyasal mücadele yöntemi olması gerektiği uzmanlar tarafından önerilmektedir.

Dünya nüfusunun sürekli artışı, buna karşın dünya üzerindeki tarıma uygun alanların sınırlı oluşu, artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayamama sorununu beraberinde getirmektedir. Ayrıca erozyon, yeni yerleşim yerlerinin, fabrikaların, yolların açılması, özellikle ülkemiz için miras nedeniyle arazilerin giderek bölünmesi ve benzeri nedenlerle mevcut tarıma elverişli alanlar giderek azalmaktadır. Diğer yandan dünyada elde edilen ürünün 1/3' nün hastalık ve zararlılar nedeniyle kaybolması, gıda sorununa önemli bir boyut kazandırmaktadır (Gezer, 2006). Beslenme sorunun üstesinden gelmenin başlıca yolu tarıma uygun sınırlı alanlardan elde edilen tarımsal üretimin ve kalitesinin artırılmasıdır. Birim alandan alınan ürün miktarını artırmak ve ürün kalitesini yükseltmek için kaliteli tohum, ıslah, makine, gübre, enerji, su gibi temel üretim girdilerinin kullanımının yanında hastalık, zararlı

ve yabancı otlarla savaşım çok önemli bir yer tutmaktadır (Dağ ve ark, 2000). Tarımsal savaş ilacı kullanılmaksızın yapılan üretimde bitki hastalıklarının, zararlıların ve yabancı otların neden olduğu üretim kayıplarının dünya ortalamasının % 35' i kadar olduğu bildirilmektedir (Tekeli ve Ergün, 1983; Güler ve ark, 2010).

Çizelge 1.1. de, Dünya genelindeki ürün kayıpları verilmiştir. Türkiye'deki tarımsal ürünlerin toplam değeri 29–30 milyar dolar civarında tahmin edilmektedir. Hiç tarım ilacı kullanılmadığı takdirde ortalama ürün kaybı yüzde 65'dir. Tarım ilacı kullanılmasına rağmen ürün kaybının çeşitli nedenlerle yüzde 30–35 arasında olduğu kabul edilmektedir. Bunun da parasal değeri yaklaşık 9,5 milyar \$'dır. Gelişmiş batı ülkelerinde olduğu gibi, bilgili bilinçli ve yeterli miktarda tarım ilacı kullanımı olsa, Türkiye'de her yıl yaklaşık 10 milyar \$'a yakın bitkisel üretim değeri kazanılmış olacaktır. Bunun için kullanılacak tarım ilacının değeri ile karşılaştırıldığında 30 misline yakın bir katma değer sağlanabileceği görülmektedir (Kızılaslan ve Yaşa, 2011).

Çizelge 1.1. Dünya Genelindeki Ürün Kayıpları (%) (DPT, 2006)

Kıtalar	Muhtemel Üretim	Verim	Kayıp
Afrika	100	50,7	49,3
Güney Amerika	100	57,2	42,8
Asya	100	52,6	47,4
Avrupa	100	71,8	28,2

Kimyasal mücadele yönteminde değişik özelliklere sahip kimyasallar kullanılmaktadır. Bu kimyasalların bir bölümü doğrudan hastalık ve zararlıyı kontrol etmeye yönelik iken, bir bölümü de katkı maddesi niteliğindedir. Kullanılan kimyasalların ekonomikliği ve başarısı açısından çevre kirliliği yaratmadan veya bu kirliliği en az seviyeye indirmek suretiyle, yüksek oranda biyolojik etkinin gerçekleştirildiği uygulama yöntemlerinin kullanılması, mücadelenin etkinliği için önemlidir. Kimyasal savaşta kullanılan değişik formülasyonlu ilaçların hedef yüzey üzerine püskürtülme sonrasında tutunması, bu yüzeylerde yayılması, dağılım düzgünlüğünün sağlanması gibi parametreleri açısından da ayrı bir önem taşımaktadır. Tarımsal üretimde kullanılan tarım ilaçlarının pülverizasyon uygulamalarında ilaçların

hedef yüzeyde tutunamaması dolayısıyla toprak yüzeyine akma suretiyle kayıpların oluşması ve yüzey üzerlerine yayılmayarak ilaç etkinliğini yeterince gösterememesi, hedef yüzeylerde tek düze dağılımın sağlanamaması gibi sakıncalarla karşılaşmıştır. Tüm bu olumsuzları gidermek için, püskürtme teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte püskürtülen materyalin bazı fiziksel özelliklerinin de ilaçlama tekniği açısından geliştirilmesi gerektiği sonucu doğmuştur.

Tarımsal kimyasalların dünya tarım ekonomisine katkısı çok fazla olmakla birlikte, çeşitli böcek, hastalık ve yabancı otların neden olduğu zararlara karşı koruma sağlayarak önemi artmaktadır. Türkiye’de 2006 -2013 yılları arasında tüketilen tarım ilaçlarının dağılımı Çizelge 1.2. de verilmiştir. Toplam tüketim açısından tarım ilaçlarının kullanımında azalan bir eğilimin olduğu görülmektedir. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının yayım ve iletişim faaliyetleri ile tarımda bilinç seviyesinin artırılmasının yanında organik tarım ve iyi tarım uygulamaları gibi yetiştiricilik tekniklerinin bu azalma üzerinde etkili olduğu bilinmektedir.

Çizelge 1.2 .Türkiye’de Yıllara Göre Tarımsal İlaç Tüketimi Yıl/Ton (Anonymous, 2014a)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
İnsektisitler	7628	21046	9251	9914	7176	6120	7264	7741
Fungusitler	19900	16707	17863	17396	17546	18124	15525	16248
Herbisitler	6956	6669	6177	5961	7452	7407	7351	7336
Akarisitler	902	966	737	1533	1040	1 062	859	858
Rodentisitler	3	51	351	78	147	421	247	129
Diğer	9987	3277	5613	2302	344	6978	8766	7128
Toplam	45376	48716	39992	37184	38705	40112	40012	39439

Dünya tarımsal ilaç pazarı yaklaşık 50 milyar dolar iken (GMA,2010), ülkemizde tarımsal ilaç pazarı, bitki koruma ürünleri istatistiki bilgilerine göre yaklaşık 1,2 milyar liradır (Anonymous, 2014b). Tarımsal katkı maddeleri, tarım kimyasalları içerisinde % 4 ile 5 arasında bir Pazar hacmine sahiptir. Dünya katkı maddeleri pazar hacmi 2012 yılında 2,17 milyar \$’a ulaşmıştır. Pazar hacminin yıllık % 5,3 oranda büyüyerek 2018 yılında 3 milyar dolara kadar genişlemesi

beklenmektedir (Anonymous, 2014b). Tarımsal katkı maddeleri aktivatör ve yardımcı maddeler olarak sınıflanmaktadır. Tarımsal aktivatör katkı maddeleri satışı 2013 yılında % 75-80 oranında piyasaya hâkim durumdadır. Aktivatör katkı maddeleri yüzey gerilim düşürücüleri, yağlar ve amonyum gübrelerden oluşur. Yüzey gerilim düşürücüleri aktivatör katkı maddeleri içerisinde anahtar paya sahiptir (Anonymous, 2015e).

Yüzey gerilim düşürücülerinin küresel pazar hacmi 2014 yılında % 5,40 büyümüştür ve 2014-2019 yılları arasında bu büyüme % 5,80 olarak tahmin edilmektedir (GITF, 2014). Anyonik yüzey gerilim düşüren aktif maddeler 2013 yılında 7,080 ton ile hacim bakımından aynı yıl için 6,224 ton olan noniyonik yüzey gerilim düşürücülerinin ardından küresel pazara hâkimdir. Yüzey gerilimi düzenleyici maddeler için yapılan projeksiyonlara göre, noniyonik yüzey gerilim düşürücüleri pazarının yaklaşık % 37,5 artarak anyonik, katyonik ve amfoterik olanlara nazaran daha fazla büyüyeceği tahmin edilmektedir. Dünyadaki yüzey gerilim düşürücü pazar hacimi 2019 yılına kadar 22.802 ton olması beklenmekte olup, pazar değerinin 40,286 milyar \$'a ulaşması tahmin edilmektedir (Anonymous, 2014d). Dünya geneline bakıldığında Kuzey Amerika'dan sonra Avrupa, geniş etkili arazi alanlarında tüketilen fazla miktardaki tarımsal ilaç nedeniyle tarımsal amaçlı katkı maddeleri pazarında ikinci büyük tüketici durumundadır. Avrupa'da tarımsal katkı maddeleri pazarı 2013 yılında yaklaşık olarak 509,0 milyon \$ olmuştur. Yıllık ortalama % 5,2 büyümeyle bu pazarın 2018 de 657,1 milyon \$ olacağı tahmin edilmektedir (Chandrasekhar, 2014)

Tarım tarihi, tarım ilaçları katkı maddeleri açısından 1700'lü yıllara kadar uzanan referanslarla doludur. Beklendiği gibi katkı maddelerinin kullanım nedenleri ilke olarak günümüzdekilerle aynıydı. Uygulama çözeltilisinin fiziksel karakteristiğinin düzenlenmesi ile püskürtülen materyalin biyolojik etkinliğini geliştirmek, bu ürünlerin formülasyonlarda kullanılmasında ana düşünce olarak karşımıza çıkmaktadır.

Katkı maddelerinin kronolojik gelişimine genel olarak göz atıldığında; 18 -19 yüzyılları arasında erken uygulamalarda zift, reçine, un, pekmez ve kurutulmuş süt ile kükürt, kireç, bakır ve arsenatların yapışmasının geliştirilmesi sağlanmıştır. ABD'de yüzey gerilim düşürücü kullanımına ilişkin en eski dokümanlardan biri böcek yumurtalarını öldürmek için kullanılan gazyağı içinde sabun çözeltileri uygulanmış

olanıdır. 1800’lü yıllarda balık ve balina yağından elde edilen sabunların tarımsal amaçlı maddelerde yaygın olarak kullanıldığına dair kanıtlar vardır.

1900-1920 yılları arası: İnsektisit ve fungusitlerin aktivitelerinin geliştirilmesi öncelikle odak noktası olmuş ve katkı maddesi olarak yağların uygulanması kayıtlara geçmiştir. Yirminci yüzyıl ortalarına doğru insektisit ve fungusit ile katkı maddelerinin kullanımı için resmi öneriler oldukça yaygınlaşmış ve sabun kullanımı ciddi olarak devam etmiştir.

1930’lu yıllarda: Püskürtme sıvılarının performansı üzerinde fiziksel özelliklerin etkisi, tarım ilaçları araştırmalarının bir parçası haline gelmişti. Yüzey gerilimi, temas açısı ve ıslatma performansı gibi faktörler, tarım ilaçları etkinliği üzerindeki etkileri açısından çalışılmıştır.

1940-1950 yıllar arası; Yeni katkı maddeleri çiftçilere övgüyle tanıtılmış, Ayrıca noniyonik yüzey gerilim düşürücülerin tarım ilaçlarına üstün özellik kazandırabileceği belirlenmiştir.

1960-1970 yıllar arası: Bu dönemde bir önemli keşif parafinik yağ/ yüzey aktif madde kombinasyonlarının taşıyıcı veya katkı maddesi olarak kullanıldığında hem herbisit kullanımı oranlarını hem de püskürtme yağlarının miktarını azaltmak için kullanılabilir olması olmuştur. Bu dönem arasındaki diğer önemli bir gelişme, araştırmacılar tarafından keşfedilen organoslikonun püskürtme katkı maddesi olarak kullanılması durumunda, bazı yapraktan uygulanan besinlerin absorpsiyonunun oranını ve derecesini arttırmasıdır.

1980’li yıllarda: Tarım ilaçları üreticileri tarafından püskürtme katkı maddeleri önerileri büyük ölçüde genişletilmiştir. Kullanımdaki bu yüksek seviye, tarım ilaçları üreticileri ve akademik olarak yapılan bilimsel araştırmaların atmasına yol açmıştır. Katkı maddelerine yönelik ilk uluslararası sempozyum 1986 yılında yapılmış ve püskürtme katkı maddeleriyle ilgili makalelerin yayınlanması da bu dönemde meydana gelmiştir.

1990’lı yıllarda: Tarım ilaçları ve biyolojik özellik tanımında, doğrudan katkı maddelerinin, tarım ilaçları etkinliğinin geliştirilmesi üzerindeki etkisi ile sıkı ilişki kurulmuştur. Bu hedef, özel tarım ilaçları uygulamalarında daha fazla düzenleyici katkı maddelerinin girişi ile sonuçlanmıştır. Katkı maddelerinin standardizasyonunda

ilk girişim ve ürün etiket talepleri, Malzeme ve Testler Amerikan Derneği (ASTM) ve Kimyasal Üreticiler ve Distribütörleri Derneği (CPDA) tarafından başlatılmış ve onaylanmıştır (Anonymous, 1999). Bu yeni standartlar hala yürürlüktedir.

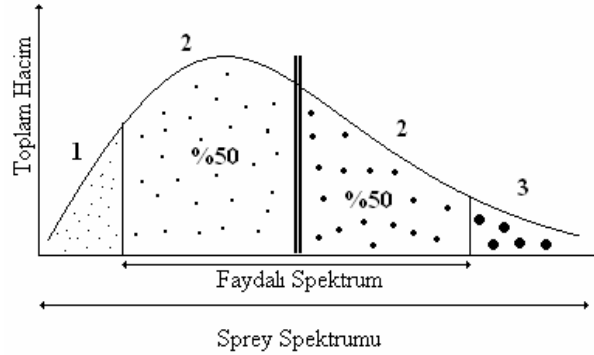
2000'li yıllar: Yeni gelişmeler ve kullanım hakkında daha fazla teknik toplantılar ve sempozyumlar ile katkı maddelerindeki teknolojinin uluslararası kabulü artmıştır. Tarım ilaçları yardımcı formülasyon maddeleri olarak katkı maddelerinin kullanımı yaygınlaştırılmıştır (Anonymous, 2006).

Etkili maddenin taşıyıcı su veya yağlı çözeltiler içine karıştırılarak hedef yüzeylere damlalar halinde iletilmesi işlemine pülverizasyon (püskürtme) denir. Pülverizasyon işleminden beklenen yararın sağlanabilmesi için aşağıdaki faktörlerin ve bunlar arasındaki ilişkilerin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu faktörler;

- İlaç Normu
- Damla Çapı (büyüklüğü)
- Damla Sıklığı
- Kaplama Oranı
- Penetrasyondur.

İlaç uygulamalarında yeterli biyolojik etkinliğin sağlanabilmesi için hedef yüzeylerin yeterli sayıda ve uygun çapta damlalarla iyi bir şekilde kaplanması gereklidir. İlaçlamada damla çapı büyüdükçe etkili maddenin hedef üzerindeki dağılımı kötüleşmektedir. Çünkü damla çapı büyüdükçe eşit miktardaki püskürtme sıvısından daha az sayıda damla oluşacaktır. Damla sayısının azalması ise etkili maddenin yüzey üzerindeki kaplayacağı alanı azaltmaktadır. Küçük çaplı damlaların biyolojik etkinliklerinin yüksek olması, hedef yüzeyler üzerinde iyi bir kaplama oranı sağlamalarından kaynaklanmaktadır.

Pülverizasyonu oluşturan damlalar, çaplarına göre geniş dağılım spektrumu gösterirler. Rüzgârla sürüklenene sis şeklindeki damlalar ile yaprak yüzeyine tutunamayan iri damlalar biyolojik etkinlik açısından fayda vermezler. Ayrıca bunlar çevre kirliliğine de neden olmaktadır (Şekil 1.1).



- 1- Rüzgârla sürüklenen sis şeklindeki damlalar
- 2- Uygun büyüklükteki damlalar (faydalı spektrum)
- 3- Yaprak yüzeyine tutunamayan iri damlalar

Şekil 1.1. Pülverizasyonda Oluşan Damla Çapları Oranları Etkinlikleri (Zeren ve Bayat 1999).

Bitki koruma amacıyla kullanılan pülverizasyonlar genellikle pülverizasyonu oluşturan damla spektrumunun ortalama çap değerine göre anılırlar (Çizelge 1.3.).

Çizelge 1.3. Karakteristik Damla Çapları ve Kategoriler (μm) (ASABE standart S572) (Bayat 2011)

Sınıf	Sembol	Dv 0,1	Dv 0,5 (VMD)	Dv 0,9
Çok İnce	VF	<57	<144	<274
İnce	F	57-111	144-235	274-415
Orta	M	112-149	236-340	416-579
Kaba	C	150-170	341-403	580-732
Çok Kaba	VC	171-215	404-502	733-790
Aşırı Kaba	XC	>215	>501	>790

Bir sıvı ilaç uygulamasında amaç, sıvının damlalar halinde parçalanması, damlaların hedefe taşınması, damlaların hedef yüzey üzerine çöktürülmesi ve yüksek düzeyde biyolojik etkinlik sağlamaktır. Sıvının damlalar halinde parçalanması ve

oluşan damlaların çapları, çalışma basıncı, memenin yapısal özellikleri, sıvının fiziksel özellikleri, meme debisi ve pülverizasyon şekline bağlı olarak değişmektedir (Kırkaç, 2005).

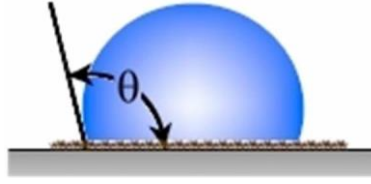
Pülverizatörlerle yapılan ilaç uygulamalarında, 100 μm 'den daha küçük damlaların sürüklenmeyle hedef alanın dışına çıkmakta, 50 μm 'den daha küçük çaplı damlalar ise hedefe ulaşmadan önce tamamen buharlaşmaktadır (Zhu ve ark, 1994). Çapı 50 μm 'den küçük olan ilaç damlaları belirsiz bir süre veya buharlaşmaya kadar havada asılı kalırlar. Bu küçük ilaç damlalarından kaçınılmalıdır. Çünkü bunların hedef dışına sürüklenmesini önleyecek etkin bir yol bulunmamaktadır. İlaçlamada uygun damla büyüklüğü yanında birim alandaki damla sayısı da yeterli bir biyolojik etkinliğin sağlanması açısından önemlidir.

Çoğu araştırmacı yayıcı-yapıştırıcıların, biyolojik gereksinmelere uygun daha eşit damla çapları oluşturduğunu, yüksek damla sıklığı ve kaplama oranları sağladığını, hedef yüzeyler üzerinde daha tek düze bir ilaç dağılımı gerçekleştirdiğini ve ilaç sürüklenmesini azaltarak ilaç uygulamalarının ekonomik sınırlar içinde kalmasını sağladığını vurgulamaktadır (Anonymous, 2013b).

Bir sıvı ilaç damlasının düştüğü yüzey üzerinde kapladığı alan, damlanın çapına, yüzey gerilimine ve yaprak yüzeyinin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Pülverizasyonda damla oluşumuna etkili faktörler (Çilingir ve Dursun, 2010);

- Püskürtme sıvısının fiziksel özellikleri (yüzey gerilimi, viskozite, yoğunluk)
- Meme tipi ve büyüklüğü
- Çalışma basıncı
- Pülverizasyon şeklidir.

Bir damlanın temas yüzeyindeki yayılma durumunun ifade edilmesinde değme açısı terimi kullanılmaktadır. Damlanın yüzeye değdiği noktadan geçirilen teğet ile yaprak yüzeyi arasında kalan damla tarafındaki açı değme açısı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Katı Bir Yüzeydeki Damla

Değme açısı küçüldükçe, damla yaprak yüzeyine daha iyi yayılmaktadır. Damla değme açısı büyüdükçe, damlanın temas eden çapı azalacağı için damlanın yaprak yüzeyini ıslatma alanı ve dolayısıyla yüzey kaplama oranı azalacaktır (Zisman,1964).

Yaprak yüzeyinin özellikleri de değme açısına etki etmektedir. Bitkilerin yaprak yüzey özellikleri birbirinden oldukça farklı olup bazı yapraklar mumlu, parlak yüzeyli, bazı yapraklar ise tüylüdür. Bu yaprakların bazıları kolay ıslanabilmekte, bazıları ise daha az ıslanma özelliği göstermektedir. Örneğin mumlu yaprak yüzeylerindeki damlanın değme açısı, mumsuz yüzeylere göre daha büyüktür. Ayrıca damla yayılmasında yüzeylerin kimyasal yapıları da etkilidir. Örneğin yüksek enerjiye sahip endüstri ürünleri (alüminyum, çelik veya seramik) gibi yüzeylerde damlanın yayılmasıyla düşük enerjiye sahip polimer gibi organik bileşikler üzerine yayılması farklılık gösterir (Tekinalp, 2008).

Bitki koruma ilaçlarına ilave edilen katkı maddeleri fonksiyonlarına göre (aktif, yardımcı gibi), kimyasal yapılarına göre (organoslikon gibi) ve üretim kaynaklarına göre (organik, inorganik gibi) farklı şekillerde sınıflandırılabilir (Penner, 2000a).

Katkı maddeleri püskürtme düzenleyicileri ve aktivatör olarak iki genel kategoriye ayrılmaktadır (Kirkwood, 1994). Aktivatör katkı maddelerinin birinci amacı, tarım ilaçlarının biyolojik etkinliğini iyileştirmektir. Bunlar fiziksel ve kimyasal özellikleri geliştirerek genellikle absorpsyonu artırırlar ve sonuç olarak tarım ilaçlarının daha etkili kullanılmasını sağlarlar (Petroff, 2009).

Katkı maddeleri, tarım ilaçlarından beklenen performansın artırılmasını sağlamak amacıyla, formülasyonlara veya uygulama karışımına eklenen çeşitli kimyasallardır. Çizelge 1.4’de belirtildiği gibi bazı katı maddeleri, tarım ilaçları ile uygulama suyu arasındaki çözünürlük, stabilite (kararlılık), pH dengesi, uyuşabilirlik

ve köpüklenme gibi konularda olumlu katkılar sağlarken, bazıları ilaçlı sıvının sürüklenmesini veya buharlaşmasını azaltmaktadır (Underwood, 2000; Green ve Beestman, 2007; Topuz ve ark, 2011).

Çizelge 1.4. Etki Şekillerine Göre Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması (Tu ve Randal, 2001)

Aktivatör Katkı Maddeleri	Yardımcı Katkı Maddeleri
1- Yüzey aktif maddeler	1- Islatıcı maddeler (yayıcılar)
a- İyonik olmayan (noniyonik, organoslikonlarıda içerir)	2- Sürüklenmeyi önleyiciler ve Köpük yapıcılar
b- İyonik olanlar (anyonik, katyonik)	3- Renklendiriciler
c- İki yönden de etkileyen (amfoterik)	4- Köpüklenmeyi önleyiciler
	5- Koyulaştırıcılar
2- Yağlar (ürün yağ konsantresini içerir)	6- Yapıştırıcılar
a- Petrol yağları	7- Bağdaştırıcılar (Uyum sağlayıcılar)
b- Bitkisel yağlar	8- pH dengeleyiciler (asitlendirici ve tampon görevi gören maddeler)
3- Amonyumlu (azotlu) gübreler	9- Nem tutucular
	10- UV emiciler

1.2. Pülverizasyonda Kullanılan Aktivatör Katkı Maddeleri

Aktivatör katkı maddeleri tarım ilaçları formülasyonuna veya uygulama karışımına eklenerek tarım ilaçlarının etkinliğini, bitki tarafından alınımını ve yaprak üzerinde tutunmasını arttıran, suyla yıkanmasını ve buharlaşmasını azaltan maddelerdir. Aktivatör katkı maddeleri daha düşük dozda tarım ilaçları uygulamalarına olanak sağlar (Penner, 2000b).

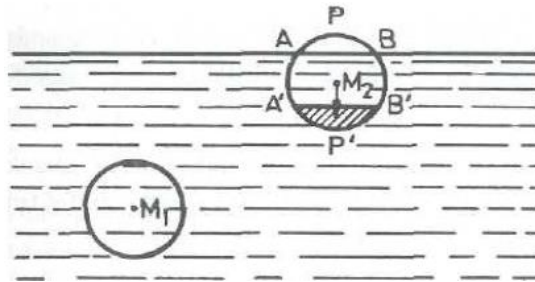
Aktivatör adjuvantların, yüzey aktif maddeler (Yüzey aktif maddeler), yabancı otlar için taşıyıcı yağlar, ürün yağları, ürün yağ konsantresi, bitkisel yağlar, metil ester bitkisel tohum yağları (MOS), silikon türevleri ve azotlu gübreler gibi birçok alt grubu bulunmaktadır (Wang ve Liu, 2007). Bazı tarım ilaçları formülasyonları (özellikle

herbisitler) içerisinde aktivatör katkı maddeleri içermektedir. Örneğin glyphosate aktif maddeli RoundUp Ultra bir yüzey aktif madde, triclopyr aktif maddeli Pathfinder II ise bir yüzey aktif madde ve yardımcı katkı maddesi renklendirici içermektedir (Tu ve Randal, 2001; Topuz ve ark, 2011).

1.2.1. Yüzey Gerilim Düşürücüleri

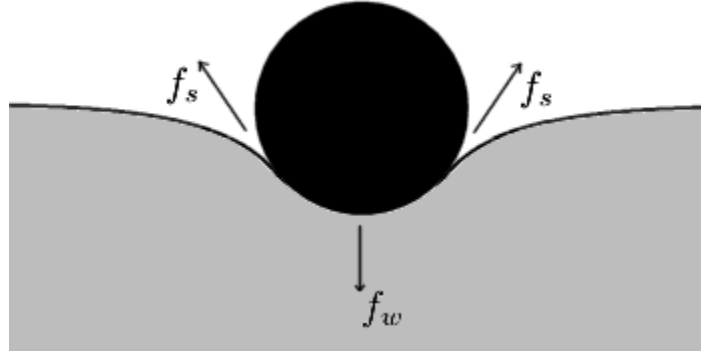
Bir sıvı, bir gazın aksine, bulunduğu hacmi bütünüyle işgal etme eğiliminde değildir. Sıvı molekülleri, aralarında bulunan çekme kuvvetlerini oluşturan bağ kuvvetleri tarafından birbirlerinin yakınında tutulurlar.

Şekil 1.3’de temsili verilen sıvı kitlesi içinden bir M_1 molekülü ele alındığında bu, onu çevreleyen bütün yönleri kapsayan ve statik olarak kendilerini dengeleyen çekme kuvvetlerinin etkisinde bulundurulur. Aksine, yüzeyden moleküler etki yarıçapından az bir mesafede bulunan bir M_2 molekülü, bileşkesi sıfır olmayan çekme kuvvetlerinin etkisinde bulunur. Taşmış A, P, B kısma simetrik olan moleküler etki küresinin A' P' B' kısmını hiçbir çekme telâfi etmemektedir. Bu nedenle sıvı M_2 molekülü üzerine içe yönelik bir kuvvet uygulanır ve böylece molekülleri sıvının içinden yüzeye getirmek için buna karşılık gelen işin yapılması gerekir. Bu iş, yüzey tabakasına yeni moleküller transfer ederek sıvının yüzeyini artırmaktadır. Bunun anlamı sıvı yüzeyinin, alanı ile orantılı bir potansiyel enerjiye sahip olduğudur. Sıvı yüzeyi, düzlemine paralel bir çekme uygulayarak artırmak istendiğinde, bu enerji artışına tekabül eden bir işin sarf edilmesi gerekir, tıpkı gergin bir kauçuk zarın yüzeyini artırmak için olduğu gibi (Oğuz, 1988).



Şekil 1.3. Bir Sıvı Molekülünün Yüzey Gerilimi (Oğuz, 1988)

Bir sıvının yüzey gerilimi; yüzey üzerinde sıvının yüzey genişlemesine zıt olan birim uzunluk başına düşen kuvvettir. Yüzey gerilimi, yüzeye paralel olarak etkir. Şekil 1.4'te f_s kuvvetleri yüzey gerilimini temsil etmektedir ve su yüzeyine paraleldir.

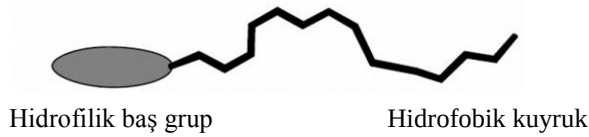


Şekil 1.4. Sıvı-Buhar Ara Yüzeyi (Gennes ve ark. 2002).

Yüzey geriliminin SI sistemindeki birimi metre başına Newton (Nm^{-1}) veya ($1\text{J}=\text{Nm}$ olduğundan) Jm^{-2} dir. CGS sistemindeki birimi ise dyn/cm yada erg/cm^2 dir. Suyun yüzey gerilimi 20°C 'de $72,8 \text{ dyn/cm}$ veya $72,8 \text{ erg/cm}^2$ olduğundan suyun yüzeyini 20°C 'de 1cm^2 genişletebilmek için $72,8 \text{ erg}$ lik bir enerjiye veya 1cm boyunca sıvı yüzeyinde yer alan moleküller arası ilişkileri azaltmak için $72,8 \text{ dyn}$ 'lik bir kuvvete ihtiyaç var demektir (Turan, 2009). Yüzey gerilim düşürücülerini saf suyun yüzey gerilim değerini tipik olarak $30\text{-}50 \text{ mN/m}$ arasında değiştirirler (Curran 1999; O'Lenick, 2008; Sun, 1996; Benedek, 2000; Stache, 1995).

Yüzey aktif maddeler, hidrofilik (kolay ıslanan) ve hidrofobik (zor ıslanan) kısım içeren moleküllerdir. Yüzey aktif maddelerin hidrofilik ve hidrofobik kısımlarının birbirine oranı, maddenin su seven (hidrofilik) ya da su sevmeyen (hidrofobik) olmasını belirler. Genellikle hidrofil-hidrofob dengesi değeri $3\text{-}6$ arasında olan Yüzey aktif maddeler su/yağ emülsiyonlaştırıcı, $7\text{-}9$ arasında olanlar ıslatma reaktifi, $8\text{-}18$ arasında olanlar yağ/su emülsiyon yapıcı olarak sınıflandırılırlar. Yüzey aktif maddeler yüzey gerilimini azaltarak bulundukları sıvının yüzey karakteristiğini iyileştiren, emülsiyonunu, dağılımını, tutulumunu, yayılımını sağlayarak sıvının bulunduğu yüzeye emilimini arttıran maddelerdir (Ahrens, 1994; Tadors, 2005).

Tarım ilaçları ve yaprak yüzeyi arasındaki ilişki, sadece tarım ilaçları çözeltisinin yüzey geriliminin düşürülmesiyle ilgili değil çok daha karmaşık bir ilişkiye sahiptir. Yüzey gerilim düşürücülerinin molekülleri kutikulanın geçirgenliğini de değiştirir. Yüzey gerilim düşürücülerini yağ ile su gibi veya su ile yaprak yüzeylerindeki mum gibi uyumsuz olan kimyasallar arasında da köprü görevi görür. Çok fazla özelliklerde yüzey gerilim düşürücülerinin olmasına rağmen genel yapıları Şekil 1.5’de görüldüğü gibi bir tarafta lipofilik (hidrofobik) özellikte uzun bir hidrojen zinciri ile diğer ucunda hidrofilik özelliğe sahip bir baş bulunmaktadır (Tadors, 2005; Foy, 1993).



Şekil 1.5. Yüzey aktif madde Molekülünün Şematik Gösterimi

Yüzey aktif molekülleri genelde hidrofilik-lipofilik (HLB) denge olarak adlandırılan belirli bir çözünürlük özellikleri elde etmek için sentez edilebilir. Kullanılan yüzey gerilim düşürücülerinin için her bir tarım ilaçları türünün optimum bir HLB değerine sahip olması ile herbisitlerin penetrasyonunu düzenleme kapasitelerinin arasında kısmi bir ilişki kurulabilir. Yüzey gerilim düşürücülerinin için HLB numaraları, belirli ürünlerde kullanılması halinde teknik bilgi formları şeklinde verilmiştir. Bunların değerleri 0 ile 40 arasında değişmekle birlikte çoğunlukla 1 ile 20 arasındaki değerler kullanılır. Yüksek HLB değeri hidrofilik (kolay ıslanma) özelliği gösterirken, düşük HLB değeri ise hidrofobik (zor ıslanma) özelliğini göstermektedir (Curran ve ark, 1999; Tadors, 2005).

Yüzey aktif maddeler kendi içinde sulu çözeltilerdeki iyonize olma yetenekleri temel alınarak sınıflandırılır. Buna göre Yüzey aktif maddeler iyonik olmayanlar(noniyonik), iyonik olanlar (anyonik, katyonik) ve iki yönden de etkileyenler (amfoterik) olmak üzere sınıflandırılırlar. İyonik olanlar taşıdıkları elektrik yüküne göre aktif kısmında (-) yük taşıyanlar anyonik, aktif kısmında (+) yük taşıyanlar katyonik, karışımın pH'ına bağlı olarak (+) veya (-) yüke sahip amfoterik olarak adlandırılırken, iyonik olmayanlarda elektrik yükü bulunmamaktadır (Hazen,

2000; Penner, 2000b; Tu ve Randal, 2001; Kosswig, 2000; Lynn ve Bory, 2005; Rosen, 2004).

Yüzey aktif maddelerin hangi gruba ait olduğu özellikle birlikte kullanıldığı tarım ilaçlarının seçiminde önem kazanmaktadır. Anyonik Yüzey aktif maddeler kontak etkili tarım ilaçlarında daha etkili iken, noniyonik Yüzey aktif maddeler tarım ilaçlarının bitki kutikulasına penetrasyonuna yardımcı olduğu için daha çok sistemik etkili tarım ilaçlarıyla kullanılmaktadır. Katyonik Yüzey aktif maddeler da bitkilere fitotoksik olduğu için tek başlarına kullanılmazlar (Lorenz, 1999).

Lipofilik (hidrofobik) ve hidrofilik kısım taşıyan yüksüz moleküllerden oluşan iyonik olmayan yüzey gerilim düşürücüler hidrofilik (su seven) yapıda olup, yüzey aktif madde grupları içerisinde tarım ilaçlarına en uyumlu, dolayısıyla en çok kullanılan grubu oluşturmaktadır (Lorenz, 1999; Penner, 2000b; Tu ve Randal, 2001). Bitki koruma ürünlerinde yayıcı-yapıştırıcı ve emülsiyona yardımcı olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Green, 1992).

İyonik olmayan Yüzey aktif maddeler içinde “Slikon bazlı (organoslikon) Yüzey aktif maddeler” olarak adlandırılan bir alt grup daha vardır. Süper yayıcılar olarak da adlandırılan bu grup 1980’li yıllardan sonra geliştirilmiştir. Bunlar karışımın yüzey gerilimini iyonik olmayan yüzey aktif maddelere göre daha fazla düşürerek damlacıkların yayılımını arttırmaktadır. Ayrıca ilaç damlasının stomalardan alımını da arttırdığı bilinmektedir (Field ve Bishop, 1988).

Damlacıkların yayılımının artması ve stomalar tarafından hızlı absorpsiyonu sonucu organoslikon yüzey aktif maddeler ilacın tutulumunu ve emilimini hızlandırmakta, bunun sonucu olarak tarım ilaçları uygulamasını takip eden yağışlı koşullarda bile kullanılmaktadır. Bu yüzden bu gruba yağmurda kalıcı (rainfastness) ismi verilmektedir (Roggenbuck ve ark, 1993; Humble ve ark, 2003; Green ve Beestman, 2007).

Organoslikonlu yüzey aktif maddeler kullanılırken önerilen dozun üstünde kullanımlarda ve 30°C’nin üstündeki sıcaklıklarda fitotoksik etki göstermesi dikkate alınmalıdır (Czarnota ve Thomas, 2006).

1.2.2. Yapıştırıcılar

Yapıştırıcılar, sıvının yüzey gerilim etkisini azaltarak, püskürtülen damlacıkların daha geniş alana yayılmasına ve yaprak üzerinde daha iyi tutunmasına yardımcı olarak ilaç damlalarının buharlaşması, yağmurda yıkanması ve düşmesi nedeniyle oluşan kayıpları azaltmak amacı ile kullanılır (Hock, 1998; Tu ve Randal, 2001). Yapıştırıcılar özellikle ıslanabilir toz (WP) ve granül (G) formülasyonlar için çok faydalıdır (Hazen, 2000).

İnce tabakalı bitki jelleri, emülsiyon olabilen reçine, emülsiyon olabilen mineral yağlar, bitkisel yağlar ve suda çözünebilen polimerler yapıştırıcı olarak kullanılabilen ürünlerdir. Yağ asitleri de sıkça yapıştırıcı olarak kullanılabilen ürünlerdendir (anyonik yüzey aktif madde gibi etkilerler). Yağ asitlerinin doğal yollarla elde edilmiş ürünler olarak çevre açısından güvenli olması ve ilacın bitki yüzeyine oldukça iyi temasını sağlaması avantajlarıdır (Hazen, 2000).

Organoslikonlar aktif maddelerinin daha düzgün dağılması ve püskürtülen damlaların yaprak yüzeylerini ıslatmasını arttırdığı için sık sık insektisitler ile bir arada kullanılırlar (Foy 1989; Pollicello ve ark, 1995).

Hidrofilik ve hidrofobik kavramları yüzeylerin tanımlanmasında sıklıkla kullanılır. Bir katı yüzey suyu tutmuyorsa veya su tarafından ıslatılmıyorsa bu yüzey hidrofobiktir. Diğer taraftan bir katı yüzey suyu tutuyor veya su tarafından ıslatılıyorsa bu yüzey hidrofiliktir (Penner, 2000; Tu ve Randal, 2001).

Bir yüzeyin ıslanabilir olduğunu söyleyebilmek için temas eden sıvının damla oluşturmayacak şekilde yüzeye yayılması gerekir. Bununla ilgili değerler Şekil 1.6 da açıklanmıştır. Su yüzeye damla oluşturmadan yayıldığı zaman bu yüzeye hidrofilik yüzey denir. Enerji açısından bu tanım, yüzey ile suyun etkileşimde olduğu kuvvet, su damlasının kohezif kuvvetinden daha büyük anlamındadır. Hidrofobik yüzeylerdeki su damlacıklarının oluşumunda, su kütlesindeki kohezif kuvvetin, yüzey ile su arasındaki kuvvetten daha büyük olduğu şeklinde tarif edilir. Pratik olarak hidrofobik ve hidrofilik tanımları görecelidir. Katı yüzeyi ile sıvının etkileşiminin göreceli olan derecesinin tanımlanması için katı yüzeyde damlanın temas açısı kullanılır. Damlanın temas açısı 30^0 den küçük ise, yüzey ile damla arasındaki etkileşim kuvvetleri

damlanın kohezyon kuvvetine yaklaşık eşit olması nedeniyle yüzey hidrofilik olarak belirlenir ve damla yüzeyden akmaz. Eğer damla yüzeye yayılırsa ve yayılan damlanın köşe temas açısı 10^0 den küçük ise, yüzeyin suyla reaksiyona girmemesi veya suda çözülmemesi, suyun emilmemesi şartıyla yüzey çoğunlukla süper hidrofilik olarak belirlenir. Hidrofobik yüzeyde, su ayrı bir damlacık oluşturur. Hidrofobisite arttıkça, yüzeydeki damlanın temas açısı da artar. Yüzey ile temas açısı 90^0 den büyük ise yüzey hidrofobik olarak belirlenir. Suyun düzgün bir yüzeydeki maksimum temas açısı teorik olarak 120^0 dir. Mikro dokulu veya mikro desenli yüzeyler ile hidrofobik pürüzlülükler 150^0 aşırı temas açısı görüntüsü sergileyebilirler ve süper hidrofobik olarak ilişkilendirilir ve “Lotus etkisi” olarak tarif edilir (Ratner ve ark, 2004).

1.3. Kritik Yüzey Gerilimi ve Adezyon Kuvvet;

Katıların ıslanma karakterleri birçok deneysel tekniklerle nicel olarak tespit edilebilmektedir. Bunlardan biri kritik ıslanma yüzey gerilimidir (γ_c). Bu değer veya daha az yüzey gerilimine sahip sıvılar, katı madde yüzeyine tamamıyla yayılmak suretiyle ıslatırlar (Shafrin ve Zisman, 1960; Parekh ve Aplan, 1974; Yarar ve Kaoma, 1984).



Şekil 1.6. Hidrofilik ve Hidrofobik özellikler (Ratner ve ark, 2004.)

Kritik ıslanma yüzey gerilimi, Zisman'ın geliştirdiği, verilen bir katı üzerinde çeşitli sıvıların temas açılarını tahmin etmek için kullanılabilen yararlı bir kavramdır.

Zisman homolog sıvı serileri ve katı için, Şekil 1.7. de gösterildiği gibi γ_{SG} ve $\cos \theta$ arasında bir lineer ilişkinin olduğunu göstermiştir (Hogg,1980). Bunun için Zisman, düşük yüzey enerjili katılarla temas halindeki saf sıvılarca oluşturulan denge temas açılarını araştırarak, katıların kritik ıslanma yüzey gerilimi kavramını geliştirmiştir. Düz ve homojen bir polimerik katı yüzeyinde sıvı damlasının oluşturduğu temas açısının, kullanılan sıvıların yüzey geriliminin azalmasıyla azaldığını bulmuşlardır. Kritik ıslanma yüzey gerilimi (γ_c) bir katının yüzeyini karakterize etmede etkili bir parametre olarak dikkate alınabilir (Andrede ve ark, 1985; Laskowski, 1986; Yarar,1988a). Sıvının katı yüzeyini yayılma sonucu tamamıyla ıslattığı andaki yüzey gerilim değerini, katının kritik ıslanma yüzey gerilimi (γ_c) olarak tanımlamışlar ve adsorplanan organik filmlerle kaplanan yüksek enerjili yüzeyler ve organik katıların ıslanabilirliğini karakterize etmede bunu genelleştirmişlerdir. (Zisman, 1964).

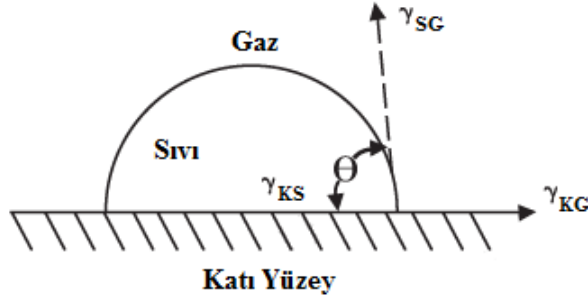
Katıların ıslanma yüzey gerilimi (γ_c) değeri, herhangi bir yüzey gerilimine (γ_{SG}) sahip sıvı tarafından katıların ıslanma koşulunu tarif eder. $\gamma_c < \gamma_{SG}$ olduğunda sıvı katı yüzeyinde bir temas açısı oluştururken ($\theta > 0$), $\gamma_c \geq \gamma_{SG}$ olduğunda sıvı katı yüzeyine yayılır (Yarar ve ark. 1997).

Temas açısı yöntemi ile katıların yüzey geriliminin belirlenmesi, güvenilir temas açısı verilerinin eldesine dayanır. Ancak, temiz yüzeyler üzerindeki temas açıları, kullanılan ölçüm tekniği ve ilgili değişkenler (yüzey pürüzlülüğü ve heterojenitesi, katı alt maddenin kristal ve köşesel özellikleri, sıcaklık, damlacık boyutu ve kullanılan sıvının tipi) tarafından etkilenirler (Tekinalp,2008).

Yüzey enerji hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan “Zisman Yöntemi” hatalı sonuçlar veren demode bir metottur (Krüss, 2004). “Fowkes Yöntemi”nde ise bazı özellikleri bilinen sıvılarla çalışarak yüzey enerjisi hesaplanabilmektedir. Sıvının polar yükleri, yapışan ve yapışmayan yüzey gerilim değerleri gibi özellikleri bilinmeyen çözeltilerle Fowkes yöntemine göre katıların yüzey enerji hesaplamalarını yapmak güçtür. Diğer yöntemler ise yüksek enerjiye sahip yüzeyler için tercih edilmektedirler.

Yüzey serbest enerjisi, Şekil 1.7’deki gibi katı bir yüzey üzerindeki damla ile varsayılan teğet arasındaki açının üç faz durumuna göre yüzeyin serbest bırakma veya ıslanabilme yeteneğiyle ilişkilidir. Bu bir dizi sıvı ile katı davranışının daha iyi bir

göstergesi olarak hizmet etmektedir. Katının yüzey enerji değerinin (γ_{KG}) altında yüzey gerilimine sahip sıvılar yüzeyi ıslatırlar, yani temas açısı 0 dır. ($\cos\theta = 1$).



Şekil 1.7. Islanabilirliğin Belirlenmesinde Kullanılan Temas Açısı

Yüzey enerjisi herhangi bir katı için tektir ve farklı yüzey gerilime sahip olan sıvıların temas açılarının kosinüslerinin hesaplanmasıyla bulunur. Temas açısı Young denklemi ile ifade edilir.

$$\gamma_{KG} - \gamma_{KS} \cdot \cos \theta \quad (1.1.)$$

Burada;

$$\begin{aligned} \gamma_{KS} &= \text{Ara yüzey gerilimi} \\ \gamma_{SG} &= \text{Sıvının yüzey gerilimi} \end{aligned}$$

1.3.1. Kuvvet Tanımı Olarak Yüzey Gerilimi

Şekil 1.8’de temsili olarak gösterilen bir sıvı zarfında, kuvvet bir sıvı filmini germek için uygulanırsa;

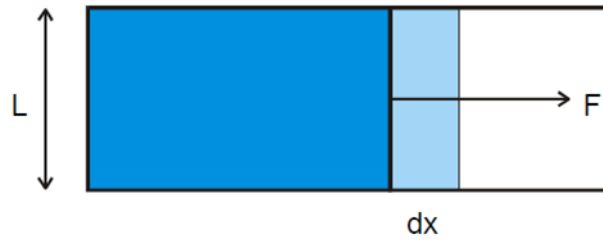
$$F = \gamma L \quad (1.2.)$$

Diğer bir deyişle Yüzey Gerilimi;

$$\gamma = F/L \quad \text{N/m veya mN/m olmaktadır.} \quad (1.3.)$$

1.3.2. Yüzey Enerjisinin İş Cinsinden Tanımı

Şekil 1.8’de görüldüğü gibi iş (dW), yüzeyin uzunluğunun (dx) artışıyla ilgilidir.



Şekil 1.8. Sıvı Kesitinin Gerilimi (Hansen, 2004)

$$dW = \gamma L dx = \gamma dA \quad (1.4.)$$

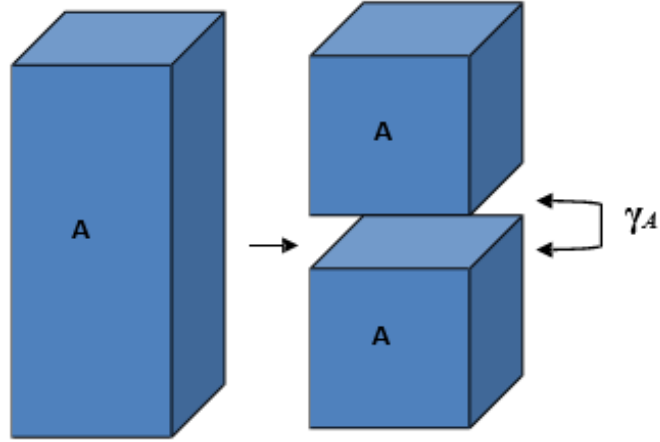
Diğer bir ifadeyle Yüzey Gerilimi;

$$\gamma = dW/dA \text{ N/m veya mN/m} \quad (1.5.)$$

Yüzey gerilimi ile yüzey enerjisi aynı birimler olmak kaydıyla tanımlar değiştirilebilir (Hansen 2004).

1.3.2.1. Adezyon ve Kohezyon işi:

Yüzey gerilimi Şekil 1.9. da kohezyon derecesinin bir ölçüsüdür. Tek bir damla için Şekil 1.9’daki yaklaşıma göre kohezyon ve adezyon işleri aşağıdaki 1.6 ile 1.7 eşitliklerine göre belirlenir.

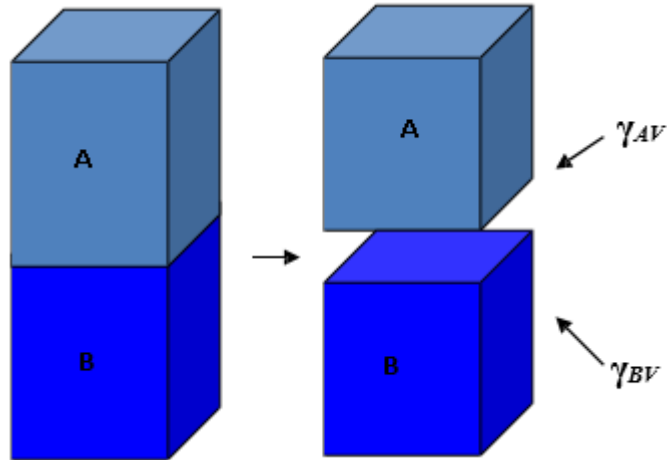


Şekil 1.9. Kohezyon İşi (Ratner, 2004)

$$W_{AA} = 2\gamma_A$$

(1.6.)

A= Yüzey Alanı
A= Cisim



Şekil 1.10. Adezyon işi (Ratner, 2004)

$$W_{AB} = (\gamma_{AV} + \gamma_{BV} - \gamma_{AB})$$

(1.7.)

V= Hava

Dupre kohezyonun yaptığı işi W_{11} , homojen bir sıvının bölünmesi sırasında her bir yüzeyinin üretmiş olduğu iş olarak tanımlar. Bölünme boyunca bölünen iki

bireysel kısmın yüzeyi $2A$ oluşturur. Kohezyon işi W_{11} , yüzey geriliminin (γ) sonucunda hesaplanabilir olduğundan denklem aşağıdaki gibi düzenlenir.(her farklı yüzeyin işi olarak tanımlanır).

$$W_{11} = 2\gamma \quad (1.8.)$$

Bir sıvı sütunu iki karışmayan sıvıdan oluşuyorsa (Şekil 1.10), sütun ayrıldığında, ara yüzeyde iki yeni yüzey kısmı oluşur ve sınır yüzey kaybolur. Böylece, Dupre ye göre $W_{12} = (\gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12})$ olan adezyon iş denklemi yazılır. Bu denklem bölünme sırasında yapılan işin belirlenmesi için yeterlidir. Denklemin aşağıdaki gibi düzenlenmesi ile adezyon kuvvet işi elde edilir.

$$W_{12} = (\gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12}) \quad (1.9.)$$

γ_{12} ara yüzey gerilimini temsil eder.

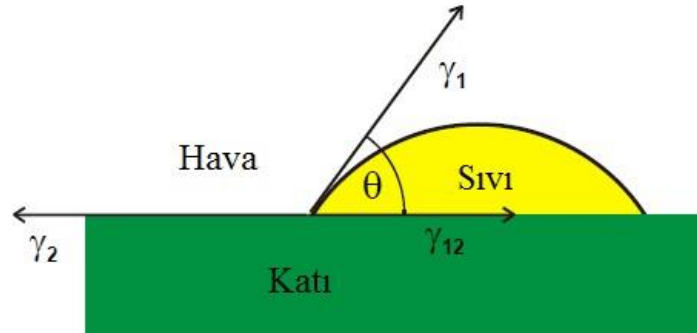
Antonow tekli fazların yüzey gerilimleri arasındaki farktan ara yüzey gerilimini bulur.

$$\gamma_{12} = |\gamma_1 - \gamma_2| \quad (1.10.)$$

γ_1, γ_2 , Tekli bileşenlerin yüzey gerilimleridir (bu gözlem Zisman'a göre olan metot için bir temel oluşturur) (Krüss 2004).

1.3.3. Temas Açısı ve Yüzey Enerjisi

Young (1805), Şekil 1.11 deki gibi bir noktada oluşan üç faz arasındaki temas çizgisi üzerinde ara yüzey gerilimi arasındaki ilişkiyi formülleştirmiştir.



Şekil 1.11. Üçlü Faz Sisteminde Adezyon ve Kohezyon İşleri (Young, 1805; Hansen, 2004)

Şekil 1.11’de;

γ_1 =Sıvının Yüzey Gerilimi

γ_2 =Katının Yüzey Gerilimi

γ_{12} =Katı ve Sıvı Ara Yüzey Gerilimi

θ = Temas Açısını göstermektedir

Young Denklemine göre;

$$\cos \theta = \frac{\gamma_2 - \gamma_{12}}{\gamma_1} \quad veya \quad \gamma_2 = \gamma_{12} + \gamma_1 \cdot \cos \theta \quad (1.11.)$$

Young denklemi adezyon işi olarak ifade edildiğinde oluşan açısız gerilimin alandaki etkisinin bulunması için denklem aşağıdaki gibi düzenlenir. Eşitlik 1.9’da γ_2 yerine eşitlik 1.11. deki veriler yazıldığında Eşitlik 1.11, aşağıdaki satır halinde yazılabilir (Zenkiewicz,2007). (Eşitlik 1.12).

$$W_{12} = (\gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12}) = (\gamma_1 + \gamma_1 \cos \theta) = \gamma_1 (1 + \cos \theta) \quad (1.12.)$$

1.3.3.1.Kritik Yüzey Gerilimi – Zisman Yöntemi

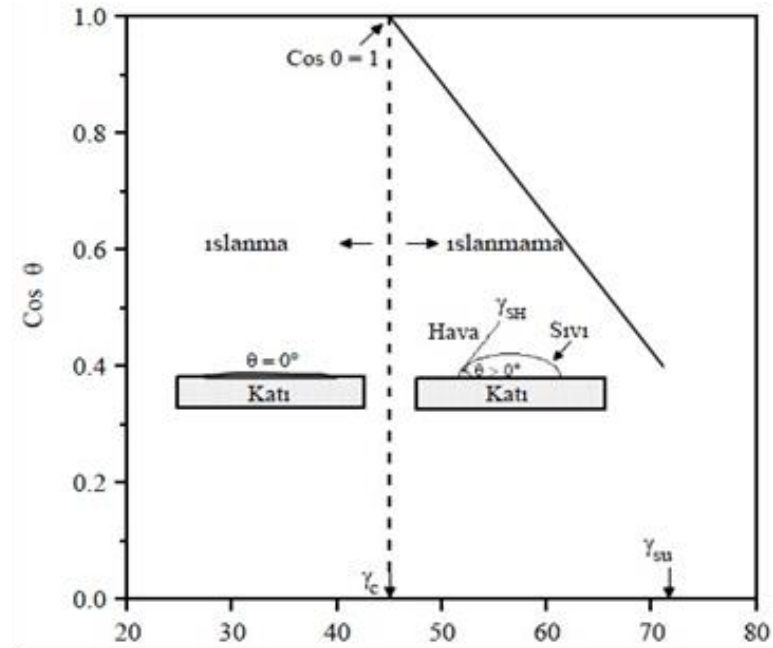
Fox ve Zisman, (1950), Sıvının yüzey gerilimi (γ_1) ile sıvının katı yüzeyinde yapmış olduğu açının kosinüsü arasında deneysel olarak bir ilişkinin olduğunu

bulmuştur. Zisman metoduna göre katıların yüzey enerjileri sıvıların yüzey gerilimi kullanılarak belirlenir. Bu metot Antonow'un metodunun revizyonuna dayanmaktadır. Bu metoda göre bir sıvı formülasyon yüzeyinin kohezyon işi (W_{11}), ara yüzey sınırındaki adezyon işinden küçükse (W_{12}) sıvı katıyı tamamen ıslatabilir. Bu iki nicelik arasındaki fark 1.13. eşitliğindeki yayılma basıncı olarak bilinir. Yayılma basıncı pozitif olursa katı tamamen ıslanabilir, negatif olması durumunda katı tamamen ıslanamaz.

$$S_{1/2} = W_{12} - W_{11} \quad (1.13.)$$

Eşitlik 1.13' e göre temas açısı 0° olursa ($\cos 0 = 1$) kohezyon işi adezyon işiyle aynı olur. Bu sonuca göre yayılma basıncı sıfır olur. Temas açısının 0° olması, yayılma için sınır açısı olarak isimlendirilebilir.(= tamamen ıslatma). Teorik olarak, pozitif yayılma basıncının karşılığı negatif temas açısıdır ki pratikte bu ölçülemez. Zisman metodu Şekil 1.12 de, çeşitli sıvıların yüzey gerilimlerine karşı $\cos \theta$ çizimleri ve $\cos 0 = 1$ karşılayan ekstra eğri çizimi arasındaki ilişkiyi kullanır.

Yüzey gerilimine karşılık gelen değerler kritik yüzey gerilimi olarak bilinir (γ_c). Katının yüzey enerjisi ile Zisman'ın bu değeri eşittir. $\cos \theta$ ve sıvıların yüzey gerilimi (γ_1) arasında doğrusal ilişki kurma, Antonow'un yüzey gerilimi arasındaki farktan ara yüzey geriliminin belirlendiği varsayımına dayanır (Krüss 2004). Kohezyon işi Adezyon işinden büyük olduğundan sonuçlar negatif değerde çıkar.



Şekil 1.12. Katının γ_c Değerinin Zisman Yöntemi İle Belirlenmesi (Düzyol 2009).

Ancak katının gerçek yüzey gerilim değeri iki nedenden dolayı kritik yüzey gerilim değeriyle aynı olmayabilir. Bunlar;

- 1- Eğri gerçekte tam olarak düz olmadığında (daha hiperbolik).
- 2- γ_c , γ_2 ile aynı değildir (sadece $\theta = 0$ olduğunda $\gamma_{12} = 0$ olur) (Hansen 2004).

Berthelot 19. yüzyılın sonunda yüzey serbest enerji hesaplamaları yönündeki çalışmaları başlatmıştır. Berthelot, sıvı ve katı arasındaki adezyon işinin (W_{12}), katının adezyon işi ile (W_2) sıvının kohezyon işinin (W_1) geometrik ortalamasına eşit olduğunu varsayar (Özcan, 2006).

$$W_{12} = \sqrt{(W_1 W_2)} \quad (1.14.)$$

Eşitlik 1.8 denklemine göre;

$$W_1 = 2\gamma_1, W_2 = 2\gamma_2 \quad (1.15.)$$

(Anonymous, 2013d).

Değerler 1.12, 1.14 ve 1.15 eşitliklerine göre düzenlendiğinde 1.16. denklemi elde edilir.

$$W_{12} = \sqrt{(2\gamma_1 2\gamma_2)} = 2\sqrt{(\gamma_1 \gamma_2)} = \gamma_1 (1 + \cos\theta) \quad (1.16.)$$

Bulunan en son denklemde γ_2 yalnız bırakıldığında yüzeyin serbest enerjisi bulunmuş olur.

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 (1 + \cos\theta)^2}{4} \quad (1.17.)$$

Bu eşitlik, bir sıvının sadece yapışan kuvvetlerinin yüzey ile etkileşiminde kullanılan Fowkes teorisiyle uyumludur.

1.4. Viskozite

Viskozite, sıvı ve gazların doğal sürtünmesinin akış özelliklerini karakterize eder veya viskozite bir akışkanın, yüzey gerilimi altında deforme olmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür. Akışkanın akmaya karşı gösterdiği iç direnç olarak da tanımlanabilir. Newton'a göre, viskozite μ , laminar ve paralel bir akışta, tabakalar arasındaki yüzey gerilimi (τ), bu tabakalara dik yöndeki hız gradyeni (v/y) ile orantılıdır (Wilke, 2000) (Eşitlik 1.20).

$$\mu = \tau \frac{y}{v} \quad (1.18.)$$

Eşitlik 1.18’de görüldüğü gibi, sıvının akışkanlığı arttıkça viskozitesi azalmaktadır. Burada μ dinamik viskozite olup, kg/m.s olarak ifade edilmektedir. Pek çok durumda akmaçlık kuvvetlerin eylemsizlik kuvvetlerine olan oranı ile ilgilenilir. Atalet kuvvetlerinin, akışkanın yoğunluğu (ρ) ile karakterize edildiği bilindiğinden bu oran kinematik akmaçlık olarak adlandırılır ve v ile gösterilir, dinamik viskozitenin sıvı yoğunluğuna bölümü ile belirlenir (Wilke, 2000) (Eşitlik 1.19).

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{kg\ m^{-1}s^{-1}}{kgm^{-3}} = \frac{m^2}{s} \quad (1.19.)$$

1.5. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Sıvı tarım ilaçlarının uygulanmasında pülverizasyon performansı, püskürtme sıvısına ilave edilen katkı maddeleri ile arttırılmaktadır.

Yüzlerce yayıcı-yapıştırıcı katkı maddesi içerisinde ilaçlama etkinliğinin arttırılmasıyla ilgili bir tercih yapılmasında nasıl bir yaklaşımda bulunulması gerektiğine dair bir öneri veya yöntem bulunmamaktadır. Herhangi bir tarımsal mücadele için bütün tarım ilaçlarıyla birlikte kullanılabilen tek bir ürün katkı maddesi bulunmadığına göre bunların arasından seçim yapılabilmesi için hangi kritere göre karar verileceğiyle ilgili bir gösterge olmalıdır. Tarım ilaçları etiketlerindeki önerileri karşılamak için birçok yayıcı-yapıştırıcı içerisinde bu gösterge değerlere göre alımlar yapılarak belirsiz ve riskli uygulamalardan kaçınılmalıdır.

Elde edilebilir yüzlerce katkı maddesi içerisinde en iyisinin seçimi, hedef bitkinin özelliklerine, fenolojik durumuna, saha durumuna, mevcut çevre koşullarına ve uygulama metoduna göre değişmektedir (Tu ve ark, 2003).

Maalesef farklı durumlarda hangi tip katkı maddelerin ihtiyaçları karşılamada faydalı olduğuyla ilgili, marka seçimi dışında değerlendirme yapabileceğimiz iyi bir sistemimiz yoktur. Bazı herbisit etiketinde en iyi kontrol için kullanılması gereken katkı maddesi türü belirtilir, ancak farklı koşullarda bunların gösterecekleri performansla ilgili iyi bilgi veren az sayıda kaynak vardır (Tu ve Randall, 2003).

Bu çalışmanın amaçları, tarımsal mücadelede ilaç performansını arttırıcı olarak kullanılan bazı yayıcı-yapıştırıcıların:

(1) Püskürtme sıvısının yüzey gerilimi, viskozite ve yoğunluk gibi bazı fiziksel özelliklerine etkilerini belirlemek,

(2)Yayıcı-yapıştırıcı içeren püskürtme sıvılarının meme hüzme açısı, damla büyüklüğü, ıslatma genişliği ve köpürme gibi püskürtme parametrelerine etkilerini saptamak,

(3)Yayıcı-yapıştırıcı içeren püskürtme sıvısı uygulamalarında farklı bitki yaprak yüzeylerinde damla yayılması ve tutunması üzerine, yaprak yüzey enerjilerinin etkilerini belirlemek,

(4)Yayıcı-yapıştırıcı seçiminde üreticilere önerilerde bulunulacak pratik yaklaşımlar geliştirmektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Yüzey Gerilim Düşürücüler

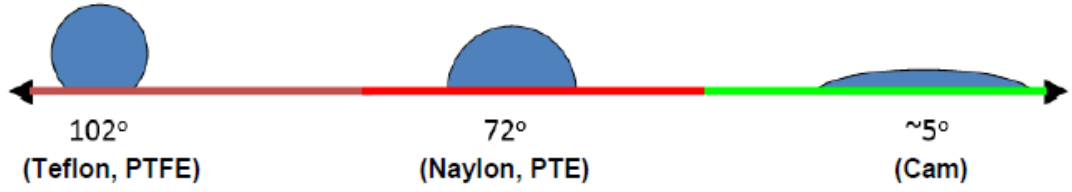
Baykut (1986), Tüfekçi (2010), Endüstride ıslatıcı, deterjan, yağlayıcı, emülsiyonlaştırıcı, boya yardımcı maddeleri olarak sıklıkla karşımıza çıkan yüzey aktif maddelerini, çok düşük konsantrasyonlarda bulunsalar bile, çözücülerin yüzey enerjisini birdenbire ve büyük ölçüde değiştiren kimyasal maddeler olarak tanımlamıştır.

Yekeler ve ark (1994), Islanabilirliği, katı yüzeyinde bir sıvının yayılıp yayılmama ölçüsü olarak tanımlamaktadırlar. Katıların veya minerallerin ıslanabilirliğinin, çeşitli deneysel tekniklerle değerlendirilebileceğini vurgulamışlardır. Bu tekniklerden birinin sayısal değere sahip bir parametre olan ıslanma yüzey gerilimi (γ_2) olduğunu ve γ_2 'nin değerinin azalmasının katının daha az ıslanır olması veya diğer bir ifadeyle daha hidrofobik olduğu anlamına geldiğini belirtmektedirler.

Sun (1996), Birçok araştırmaya göre kimyasallara katkı maddelerinin ilave edilmesinin özellikle herbisitlerle kullanılmasının, bu ürünlerin yalnız kullanılması halindeki verilerle karşılaştırıldığında etkinliklerini arttırdıklarını bildirmektedir. Bu katkı maddelerinin herbisit aktivitesi üzerine çeşitli etkiler üretebildiklerini, yaprak penetrasyonu ve herbisit etkinliğini geliştirmeyi gerçekleştirme amacıyla bunların herbisit formülasyonlarının emülsiyon özelliklerini, yapışma, yayılma, ıslatma, çözülme ve yüzey değiştirme özelliklerini geliştirebildiklerini bildirmiştir.

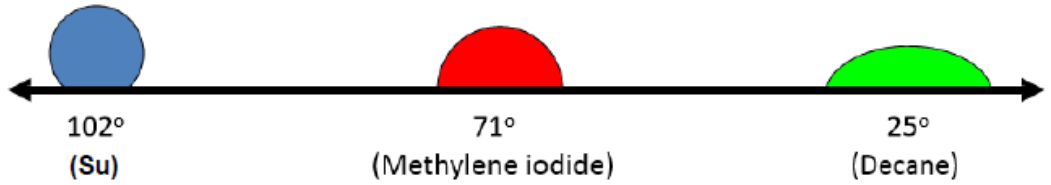
Hazen (2000), Thacker (2003), Young, (2003), Guillén ve Urrestarazu (2010), Yüzey gerilim düşürücülerin, katkı maddeleri ailesine ait kimyasallar olduğunu, yüzey veya ara yüzey gerilimlerini değiştirmek için sıvıların emülsiyon, yapışma, ıslatma, köpüklenme ve diğer özelliklerini geliştirdiklerini bildirmişlerdir.

Ratner ve ark (2004), Butt ve ark (2006), Islanmanın derecesi olan θ açısının su için ($\gamma_1=72,8$ mN/m) hidrofobitenin göstergesi olduğunu ve uygulanan yüzeylere göre değişik açılarının oluştuğunu Şekil 2.1'de göstermiştir.



Şekil 2.1. Suyun farklı yüzeylerde oluşturduğu temas açıları

Ayrıca temas açısının aynı yüzeyler üzerine uygulanan farklı sıvılara göre değiştiğini, örneğin teflon yüzeyinde farklı sıvıların oluşturduğu θ açısının Şekil 2.2 deki gibi farklı açılar oluşturduğunu göstermişlerdir.



Şekil 2.2. Farklı sıvıların teflon yüzeyinde oluşturduğu temas açıları

Düzyol (2009), Hidrofobisitenin bir katının veya mineralin su sevmezliğinin ölçüsü olduğunu, çoğunlukla temas açısı (θ) ile değerlendirildiğini açıklamıştır. Temas açısının artmasının, katının daha hidrofobik olduğunu göstergesi olarak değerlendirmiştir. Katı, sıvı ve gaz fazlarından oluşan bir sistemde katı fazın, sıvıya göre gaz fazını tercih etmesi halinde katıya sıvıyı sevmeyen (hidrofobik), gaza göre sıvı fazı tercih etmesi durumunda bu katının sıvıyı seven (hidrofilik) olarak isimlendirdiğini bildirmiştir. Hidrofobluğun her ne kadar katı-sıvı-hava üçlü faz sistemindeki ara yüzeyler arasındaki ilişkiden kaynaklandığı bilinse de hidrofobluğu basit eşitliklerle ve kurallarla ifade etmek için çok uzun zamandan beri çalışmaların yapıldığını açıklamaktadır.

2.2. Hedef Yüzey ve Yayıcı-Yapıştırıcı İlişkisi

Goddard (1993), Yüzey aktif madde etkileşim sürecini incelemiş, hidrofilik, hidrofobik ve iyonik etkileşimlerin hassas bir denge tarafından kontrol edildiğini belirlemiştir. Polimer ve yüzey aktif maddenin her ikisinin de doğasının gözlenen

etkileşim gücünde önemli bir rol oynadığını açıklamıştır. İyonik polimerler durumunda, benzer yüklere sahip polimerler ve yüzey aktif maddelar arasında etkileşimin çok az veya yokken, zıt yüklü polimerler ve yüzey aktif maddelar arasında güçlü elektrostatik etkileşimleri gözlemlemiştir.

Ünal (2008), Yüzey aktif maddeleri, aynı molekülde biri hidrofilik (polar) diğeri hidrofobik (apolar) olan iki grubun varlığı ile karakterize ederek tanımlamıştır (Şekil 2.3). Hidrofilik kısmı baş grup ve hidrofobik kısmı da kuyruk grup olarak isimlendirmektedir. Sulu çözeltide Yüzey aktif maddelerin davranışı, hidrofobik kısmının çözeltiden ayrılma ve hidrofilik kısmının çözeltiye doğru yönelme eğilimi ile tayin edilmektedir. Bu çift yönlü eğilimin, ara yüzeylerde Yüzey aktif maddelerin adsorpsiyonunu ve miseller gibi agregaların oluşumunu sağlamaktadır. Yüzey aktif madde moleküllerinin, hidrofobik grupları sudan uzakta su/hava ara yüzeylerinde ve hidrofilik grupları da çözelti içinde adsorplanmaktadır. Bunun bir sonucu olarak, ara yüzeydeki su moleküllerinin bazılarının hidrokarbon veya polar olmayan gruplar ile yer değiştirdiğini, ara yüzeyde Yüzey aktif madde moleküllerinin adsorpsiyonu sonucu su molekülleri arasındaki etkileşim kuvvetinin azaldığını ve çözeltinin yüzey geriliminde bir düşme meydana getirdiğini belirtmiştir.



Şekil 2.3. Yüzey aktif madde molekülünün şematik gösterimi

2.2.1. Kullanım Alanlarına Göre Yüzey Gerilim Düşürücüler

Knoch ve Bukovac (1993), Çok fazla sayıda yaprağın kritik yüzey gerilim değerinin 20 mN/m şeker pancarı ile 30 mN/m brokoli arasında değiştiğini bildirmiştir.

Schönherr ve Bukovac (1972), Greene ve Bukovac (1974), yapmış oldukları çalışmada, bir herbisit çözeltisinin bitki yüzeyine uygulandığı zaman, bitki içine nüfuzunda iki yol kullandığını bildirmişlerdir. Bunlardan birincisini kutikula tabakasından olan geçişidir ki aynı zamanda temel yoldur. Diğer yol ise stoma açıklığından içeri girmesi şeklindedir. Stoma açıklığından girebilmek için

formülasyonun yüzey geriliminin hedef yüzeyin serbest yüzey enerjisi kadar veya daha düşük olmak zorunda olduğunu vurgulamışlardır.

McWhorter (1982), Aktivatör katkı maddelerini araştırmış, herbisitlerin hedef bitki içersine absorpsiyonunu arttırarak aktivitelerini geliştirmeye çalıştıklarını belirtmiştir. Bazen püskürtme düzenleyicileri olarak da adlandırılan yardımcı katkı maddelerinin, kolay uygulanmalarını, bitki yüzeylerinde sıçrama yerine tutunma yeteneklerini veya çevrede sürekliliklerini geliştirmek için püskürtme karışımlarının fiziksel ve kimyasal karakteristiklerini değiştirmeye çalıştıklarını ifade etmiştir.

WSSA (1982), Katkı maddelerinin, herbisitlerin başarması için gerekli olan toplam miktar veya konsantrasyonunu bazen beş veya on katı kadar azaltarak aynı etkiyi sağladığını belirlemiştir. Green (2001), Bu şekilde yabancı ot kontrolü için uygulanan herbisit miktarının azaltılabileceğini ve maliyetin düşürüleceğini açıklamıştır.

Haines ve ark. (1985), Brewer ve Smith (1997), Wagner ve ark. (2003), Yaprak yüzeyinin hidrofilik veya hidrofobik özelliklerini genellikle damlaların temas açısı ile karakterize etmişlerdir. Eğer temas açısının değeri 90^0 den az ise yüzeyi hidrofilik, eğer temas açısı 90^0 den büyük ise yüzeyi hidrofobik olarak tanımlamışlardır. Adamson (1990), Israelachvili (1992), Journet ve ark. (2005), Bu karakterleri yaprak mumu, yüzey enerjisi, pürüzlülük ve yüzey temizliğinin miktarına ve tipine bağlamışlardır.

Holloway ve Silcox (1985), Zabkiewicz ve ark. (1985), Holloway ve ark (1992), Uhlig ve Wissemeier (2000), Brazee ve ark. (2004), Yüzey aktif madde ilavesi ile küçük damlaların büyük damlara nazaran daha etkili bir şekilde tutunduğunu ve yayıldığını belirlemişlerdir. Yüzey aktif maddeler kullanıldığında, damlacıklardan yapraklara tarım ilaçları alımının ve aktif maddelerin biyolojik etkinliğinin geliştirildiğini bildirmişlerdir. Ellis ve ark. (2001), Ramsdale ve Messersmith (2001), Stainier ve ark. (2006), Spanoghe ve ark. (2007), Ayrıca püskürtülen damlaların boyutlarının Yüzey aktif maddeler tarafından değiştirildiğinin belirlendiğini rapor etmişlerdir.

Stevens (1993), Yaptığı çalışmada, bütün yüzey aktif madde konsantrasyonlarında (% 0,05-0,8) püskürtme hacmi ile tutunma arasında doğrusal

ilişki elde etmiştir. Uygulama oranının ≤ 280 l/ha olması durumunda yüzey akışının olmadığını tespit etmiştir. Benzer bir etkinin zor ıslanan bezelye bitkisi üzerine yapılan % 0,2 yüzey aktif madde 750 l/ha kadar olan uygulamalarında da bulmuştur.

Holloway (1994), de Ruiter ve ark. (1990), Anderson ve Hall (1987), Yüzey gerilim düşürücülerinin tutunma üzerine etkisinin kolay ıslanan türlere nazaran su iten türlerde daha çok etkili olduğunu bildirmişlerdir. Grayson ve ark. (1996), Holloway (1993), yalnız su ile karşılaştırıldığında tutunmayı geliştirmemiştir. Stevens ve ark. (1993), Zabkiewicz ve ark. (1988), Organoslikon yüzey gerilim düşürücülerinin yüksek yüzey aktiviteleri sayesinde tarım ilaçları uygulamalarının yaprak yüzeylerine yayılmasını, adezyonunu (ıslatmayı) arttırdığını bildirmişlerdir. Holloway (1994), Stevens ve ark. (1994), Holloway (1993), Bunları, konsantrasyonlarına ve hedef bitki/yaprak karakteristiğine bağlı olarak püskürtme sıvısının tutunmasını ya geliştirdiklerini veya azaltabildiklerini açıklamışlardır.

Grayson ve ark. (1996), Van Toor ve ark. (1994), Anderson ve ark. (1987), Zor ıslanan buğday yaprağı üzerinde suyun tutunmasının zayıf ve püskürtme sıvısının artan hacmiyle orantılı olarak artmadığını belirtmişlerdir. Organosilikon ilavesiyle daha çok taşıyıcı hacmin artmasıyla püskürtme tutunma hacminin arttığını belirtmişlerdir. Grayson ve ark. (1996), Holloway (1994), Yüzey aktif madde bu etkisini su itici türlerde belgelemişlerdir. Tersi durumda kolay ıslanan yüzeylerde Yüzey aktif madde ilavesinin uygulama sıvısının yüzey akışını arttırıcı eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir.

Grayson ve ark. (1996), Sera çalışmalarında, uygulama hacim oranının kalıntı üzerinde, daha da önemlisi yaprak yüzeylerindeki püskürtme kalıntılarının tutunmasında etkili olduğunu göstermiştir. Gaskin ve ark. (2000), patates gibi kolay ıslanan yaprak yüzeylerine uygulanan yüksek hacim oranlarının, pülverizasyon tutunmasını azaltması nedeniyle yardımcı maddelerin geliştirmesi gereken fungusitlerin etkinliğini azalttığını bildirmiştir. Buğday ve yulaf gibi zor ıslanan bitkilerde, artan hacim oranı ve uygun katkı maddesi seçimi ile fungusit performansının önemli ölçüde arttığını gözlemiştir.

Grayson ve ark. (1996), Çoğu püskürtme solüsyonlarının yüksek konsantrasyonlarda bitki yüzeyine tutunduğunu, fakat yaptığı bu çalışmada yüzey

gerilim düşürücülerin ilave edilmesinin tutunmayı olumsuz etkilediğini tespit etmiştir. Bu bulguların, pürüzsüz kutikula yüzeyleri ile diğer bitki yüzeyleri için yüksek hacim uygulama oranlarının, fungusitlerin püskürtme tutunma oranlarını azaltmasına neden olması bulguları ile tutarlı olduğunu ve Anderson ve ark. (1987), de Ruiter ve ark. (2003), sprey solüsyonlarının tutunması üzerine yüzey gerilim düşürücülerin pozitif etkisinin olmadığını vurgulamışlardır.

Gaskin ve Murray (1997), Organoslikonun yoğunlaşma ve uygulama hacmi arasındaki etkileşiminin püskürtme etkinliği üzerindeki önemini, ağaç meyveleri üzerine uygulanan yüksek hacimli hava şoku için akış etkinliğini azaltabilir olduğunu vurgulamıştır. Stevens ve ark.(1994), Bazı etkinlik verilerini hububat üzerinde oluşturmuştur. Stevens ve ark. (1993), ancak böyle zor ıslanan türler için tutunmayı etkileyebilen püskürtme hacmi ve organoslikon konsantrasyonu hakkında bilgi vermemiştir.

Gaskin ve Murray (1997), Toprak üstü yetiştiricilikte 37 ile 280 litre/ ha püskürtme hacimli, kalibre edilmiş iz maddesi kullanılarak 0 ile 0,8 v/v organoslikon yüzey gerilim düşürücü ilave edilmiş püskürtme sıvısı ile buğdaylarda tutunma oranını belirlemişlerdir. Yapraklar üzerinde tutulan sprey hacminin genellikle püskürme hacmi ve yüzey aktif madde konsantrasyonu ile arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca organoslikon ve püskürtme hacim konsantrasyonu arasındaki etkileşimin önemini vurgulamışlardır. Püskürtme etkinliğinin düşük uygulama hacimlerinde ve % 0,2 yüzey gerilim düşürücü karışımında sağlandığını tespit etmişlerdir. Organoslikon katkılı püskürtme uygulamalarının zor ıslanabilen türler üzerinde yararlı olacağını düşünmektedirler. Bitki yüzeylerini çok zor ıslanabilen ile çok kolay ıslanabilen olarak geniş bir aralıkta sınıflandırmışlardır. Hedef yüzeye püskürtülen tarımsal kimyasalların yapışması, tutunması ve dağılmasının ıslanabilme yeteneğinden etkilendiğini bildirmişlerdir (mikroskobik pürüzlülük). Mikro pürüzlülüğe mum tabakası veya tüy gibi yüzey şekillerinin neden olabileceğini ve toz, nem açığı gibi çevre faktörleri tarafından daha fazla değişebilir olduğunu belirtmişlerdir.

Stock (1998), Young ve ark. (1996), Tarım ilaçları karışımlarıyla püskürtme katkı maddeleri ya da yardımcı maddelerin kullanılmasının sebze üretiminde hastalık ve zararlıların kontrolü ile ilgili bir araştırma yapmışlardır. Bunların kullanımının

tarım ilaçları performansını artırmak için özellikle zor ıslanan bitki türleri için etkili bir araç olarak kabul etmişlerdir. Crease ve ark. (1991), Stock (1997), Yardımcı maddelerin ilaç kullanımını azaltarak düşük maliyet ile sonuçlanan ve çevre kirliliğini en aza indirerek hastalık ve zararlı kontrolünde, sera sebze yetiştiricileri için fırsatlar sunduğunu belirtmişlerdir. Walker ve ark. (1992), Bunun da ürünlerde tarım ilaçları kalıntılarını azalttığını vurgulamışlardır.

Zeren ve Bayat (1999), Bitkilerin yaprak yüzey özelliklerinin birbirinden farklı olduklarını, bazı yaprakların mumlu, parlak yüzeyli, bazı yaprakların ise tüylü olduklarını açıklamışlardır. Bazı yaprakların kolay ıslanan (hydrophilic), bazı yaprakların daha az ıslanma özelliği (hydrophobic) gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu farklılıkların yaprakların alt ve üst yüzeylerine göre değişiklik gösterdiğini göstermişlerdir.

Hess ve Foy (2000), Bazı katkı maddeleri formülasyonlarının bitki yüzeyini değiştirerek daha fazla ve eşit kapladığını bulmuşlardır. Böylece herbisitlerin boncuk oluşumu veya sıçraması yerine bitki dokusuyla temasını sağladığını tespit etmişlerdir. Diğer katkı maddeleri formülasyonlarının kutikulanın mumsu tabakasından, açık stoma ve/veya hücre duvarlarından içeriye girişini arttırdığını belirlemişler ve bazı durumlarda bir katkı maddesinin diğer bitkilere zarar vermeden hedeflenen türlerin öldürme yeteneğini arttırabilir olduğunu tespit etmişlerdir.

Gaskin ve ark. (2000), Organoslikonlar ile yaptığı çalışmada, başlangıçta genellikle akış yoluyla tutunma miktarının, artan miktarlarda azaldığını bulmuşlardır. Salatalık gibi kolay ıslanabilir bitki türlerinde 500-1000 l/ha uygulama hacimli aseptat ilaçlamasında yüzey gerilim düşürücüsü ilave edilmesinin, sprej tutunmasını azaltması nedeniyle insektisital aktivitenin azaltabilir olduğunu belirtmişlerdir. Hedef ürünün yüzey karakterlerinin püskürtme hacminin ve katkı maddelerinin seçiminde önemli rol oynadığını, bunu dikkate alarak, kolay ıslanan yaprak yüzeyleri üzerinde, sprej uygulama hacminin daha da düşürülmesinin faydalı olacağını tavsiye etmişlerdir.

Gaskin ve ark. (2000), Katkı maddelerinin, püskürtme sıvısının bezelye yaprakları üzerinde tutunmasını araştırmışlardır. Bunların tutunma oranını en iyi durumdan beş kat daha fazlası ile önemli ölçüde arttırdığını tespit etmiştir. Bond Xtra

ve Organosilicone/Pinene karışımının en etkili karışım olduğunu bildirmişler, Salatalığın tersine, organoslikonun konsantrasyonunun artması ile tutunma miktarının arttığını ve yapraklardan akışa dair bir bulguya rastlanmadığını açıklamışlardır. Önerilen tutunma miktarının G 408'in yüksek konsantrasyonlarında daha da geliştirildiğini, Anderson ve ark. (1987) da bezelye yaprakları üzerinde püskürtme solüsyonunun tutunması ve yüzey aktif madde konsantrasyonu arasında pozitif ilişkinin olduğunu göstermişlerdir.

Nalewaja ve Matysiak (2000), Basu ve ark. (2002), Püskürtme karışımlarına noniyonik yüzey gerilim düşürücüleri katıldığında yapraklar üzerindeki birikimi, tutunmayı, damla kaplama miktarını ve yapışmayı geliştirdiğini bulmuşlardır.

Forster ve Zabkiewicz (2001), yapmış oldukları araştırmada, geniş kapsamlı püskürtme damlalarının yapışma modelinin geliştirilmesi sürecinde, yaprak yüzeylerine uygulanan %20 su ve aseton karışımının statik temas açılarının, yüzeyler arasındaki yapışmada elde edilen farklılıkların hesaplanması için basit ve uygun ölçüm olduğunu göstermişlerdir. Fazla sayıdaki yaprak yüzeylerinde temas açıları ile yapışmanın yüzdesi arasındaki ilişkinin mükemmel çıktığını belirlemişlerdir ($R^2=97$).

Fairchild ve ark. (2002), tarafından Amerika'nın güneyine son zamanlarda getirilen *Giant Salvinia* 'nın yerli olmayan, çok yayılan sucul bir eğrelti otu olduğunu ve bununla yapılan bir çalışmaya göre, bu türün agresif yapısının potansiyel olumsuz etkileri nedeniyle tabii ortamdaki bitkiler, balıklar ve omurgasızlar üzerine kaygı oluşmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. *Giant Salvinia* 'nın kontrolü için glyphosate ve birkaç yüzey gerilim düşürücüsünün etkinliği çalışılmıştır. Bu çalışmada glyphosate'ın beş farklı konsantrasyonu (%0, 0.45, 0.91, 1.82 ve 3.60 v/v) ve beş farklı yüzey gerilim düşürücüsü (%25 konsantrasyonunda, v/v, OptimaTM, KinetikTM, Mon 0818TM, Cygnet PlusTM, LI-700TM) basınçlaştırılmış püskürtme ile tek bir yüzey uygulaması olarak denenmiştir. Uygulama yapılmayan *Giant Salvinia* 42 günlük test süresi boyunca hızla büyüyerek %800 lük yaş ağırlık olarak biokütle artışı göstermiştir. Glyphosate, yüzey aktif maddeler ile birlikte ve yüzey aktif maddeler olmadan ticari formülasyonun %0,45 kadar düşük konsantrasyonlarda etkinlik sergilediği belirlenmiştir. Glyphosate ve Optima ile uygulanan bitkilerin tekrar

büyümediğini, tam olarak ölüm ile sonuçlanan tek karışım oranı olarak belirlemişlerdir.

Lopresti (2004), Tarım ilaçlarının tutunması, yayılması ve penetrasyonunu engelleyen en büyük engelin yaprak yüzeylerindeki su sevmeyen mum tabakası (kutikula) olduğunu bildirmektedir. Yüzey gerilim düşürücülerinin çoğunlukla yaprak yüzeyindeki mum tabakası ile su arasında köprü kurarak veya yaprak kutikulasının geçirgenliğini değiştirerek bu engelin üstesinden geldiğini belirtmiştir.

Gaskin ve ark. (2005), Açıklamasına göre, püskürme sıvısının tutunmasının birinci işlemi damla yapışmasıdır. Yüzeylerin su ile ıslanabilirliğinde başlangıçta damlaların yapışması büyük bir etkiye sahiptir. Yüzey aktif maddeleri yüzey gerilimlerini düşürerek bitki yüzeylerindeki damlaların yapışmasını artırırlar.

Bir damla yaprak yüzeyine uygulandığında bu damla ya yüzeye tutunur veya geri sıçrar, parçalanır, yeni şekil alır, yayılır veya akar. Yaprak tarafından tutulan toplam püskürtme miktarı, başlangıçta püskürtülen damlaların yapışma miktarından oldukça farklı olabilir. Tutunma miktarı yaprağın yüzeyi ve yapısından da etkilenir.

Gaskin ve ark. (2005)'nın açıkladığına göre, temas açısı testi, farklı yüzeylerin ıslanabilirliğinin miktarını belirlemede basit bir metot olarak kullanılır. Çok küçük temas açıların ($<60^0$) kolay ıslanmanın göstergesi olduğunu, 80^0 ye kadar olan açıların orta ıslanabilirlik olarak kabul edildiğini, 100^0 civarındaki ölçümlerin ise zor ıslanma olarak değerlendirildiğini ve 120^0 üstündeki açıların ise çok zor ıslanmayı temsil ettiklerini göstermişlerdir.

Cantürk (2006), Yüzey enerjileri veya reaksiyonları bilgisi ve özellikle onların sıvılar ile olan ilişkisinin materyal uygulamalarında çok önemli olduğunu bildirmiştir.

York (2009), Glyphosate formülasyonu ile Yüzey aktif madde arasındaki ilişkinin basit olmadığını bildirmiştir ve yaprak yüzeyi, damla karakteristikleri, yaprakların farklı ıslanma özellikleri, katkı maddelerinin türü, herbisitlerin kimyasal formunu kapsayan faktörlere bağlı olduğunu belirtmiştir.

Bayat (2011), Lahana yaprağı üzerinde farklı yüzey gerilimi ve sabit damla çaplarındaki tutunma oranları ile ilgili bir araştırma yapmış ve sonuçları Çizelge 2.11 te göstermiştir.

Çizelge 2.1. Lahana Yaprığı Üzerinde Farklı Yüzey Gerilimi ve Sabit Damla Çaplarındaki Tutunma Oranları Aşağıdaki Gibidir

Yüzey Gerilimi (mN/m)	71,6	62,6	57,6	48,1	38,8
Tutunma Oranı (%)	3,2	3,7	4,0	30,4	100

2.3. Köpük Oluşumu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Schramm ve Wassmuth (1994), Köpüğü, bir sıvı içerisinde çözünmüş hava veya diğer gazların, bu sıvının yüzey filmiyle kaplanarak büyümesi olarak tanımlamışlardır. Köpüklerin iki morfolojik sınıf içerisinde sınıflandırılmalarını önermişlerdir. Bu sınıflandırmaya göre küre ve polihedral köpük olarak iki tip köpük vardır.

Küre köpükler, küre şeklindeki hava kabarcıklarının genişleyip ayrılmasından oluşurlar, bunlara aynı zamanda emülsiyon gazları ismi de verilir.

Polihedral köpükler ise, fazın dağılmasından ayrılarak yapraklı filmlerin çok az bükülerek daralması ile oluşan hemen hemen polihedral şeklindeki hava kabarcıklarına benzeyen köpüklerdir. Köpüklerin ikinci sınıflandırılması da doğru köpükler ve ideal köpükler olarak yapılmıştır.

Doğru köpükler, köpük baloncukları nerede olursa olsun, üç baloncunun eşit 120 derece açıyla bağlanarak şekillendiği köpüklerdir.

İdeal köpüklerde bütün köpük baloncukları aynı ölçüdedir. Köpüğün, pentagonal dodekahedron şekline benzediği varsayılır. Köpük sistematik bir altıgen ile yapılandırılmış, iki fazlı sıkıştırılabilir akışkan doku olarak tarif edilmiştir.

Milton (2004), İki veya daha fazla karışmayan faz içeren hemen hemen bütün sistemlerdeki gibi köpüklerin de, fazlar arasındaki yüzey alanını azalttıklarını söylemiştir. Kekevi (2009), Köpüğün, bir sıvı içerisinde çözünmüş hava veya diğer gazların, bu sıvının yüzey filmiyle kaplanarak büyümesiyle oluştuğunu belirtmiştir. Duvarları, paralel iki yüzeyli ince sıvı filmlerinden oluşan köpüklerin, bal peteği yapısında az veya çok kararlı yapıdaki gaz hücrelerinden oluştuğunu, bu iki taraflı filmlere köpük lameli denildiğini bildirmiştir. Üç ya da daha fazla köpüğün karşılaştığı

noktada lamel kıvrılır, gaz hücreleri konkavlaşır. Böylece Plateau sınırı ve Gibbs üçgenleri oluşur.

Bikerman (1973), Schramm ve Wassmuth (1994), Bir sistemde oluşan köpüğün seviyesini farklı şekillerde belirlendiğini açıklamışlardır. Köpük miktarı statik ve dinamik olmak üzere iki genel yöntemle ölçülebilir.

Denkov (2004)'un açıklamasına göre, Barstch metodunda, 100 ml Yüzey aktif madde çözeltisi 300 ml'lik cam silindirde 10 kez çalkalanır. Başlangıçtaki ve bir süre sonraki köpük hacmiyle köpürme ve köpük kararlılığı belirlenir. Özellikle silindirin çalkalanması durduktan sonra köpük, kolonunun alt sınırında difüzenir. Üst köpük sınırının ölçülmesinde en çok kullanılan yoldur. Toplam hacimden (çözelti + hava kabarcıkları) Yüzey aktif madde çözeltisinin hacmi çıkarıldığında hapsedilen havanın hacmi hesaplanır.

2.4. Paternatör ve Sürüklenme İle İlgili Çalışmalar

Özkan (1995a), Püskürtme karışımlarına drift azaltıcı kimyasallarının ilave edilmesi ile Püskürtme karışımlarının viskozite gibi fiziksel özelliklerinin değiştirilmesi ve Atomizer tarafından dağıtılan püskürtme damlalarının boyutlarının değiştirilebildiğini bildirmiştir.

Zeren (1974), Konik ve yelpaze hüzmeli memelerde pülverizasyon karakteristikleri üzerinde yaptığı araştırmada, yerli ve yabancı yapım memelerin yapısal özelliklerini inceleyerek, pülverizasyon karakteristiklerini belirlemiştir. Memeler farklı basınç ve yüksekliklerde denenmişlerdir. Memelere ait hacimsel dağılımlar paternatörle bulunmuştur.

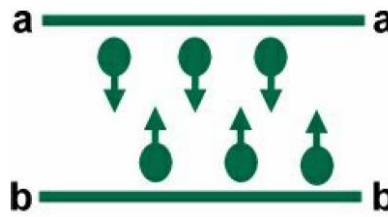
Bayat ve ark, (1999a), Tarım ilaçları uygulamalarında püskürtme esnasında oluşan sürüklenmenin değişik parametreler içerdiğini belirtmiştir. İlaç sürüklenmesini etkileyen bu parametrelerin başında hava şartlarının, kullanılan kimyasalın fiziksel formülasyonunun, damla çapının ve kullanılan meme tipinin belirleyici olduğunu belirtmişlerdir.

Bayat ve ark. (1999b), Bir damla jeneratörüyle 130 µm ve 300 µm çaplı damlalar üretmişlerdir. Damla büyüklüğünün, damlaların sürüklenme mesafesi

üzerinde etkili olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca yardımcı hava akımının, özellikle küçük çaplı damlaların hedef dışına sürüklenme oranını azalttığını, bitki tacı üzerinde kalıntı miktarını arttırdığını saptamışlardır.

2.5. Viskozite ile İlgili Çalışmalar

Anonymous (2008), Viskozitenin mümkün olan bir nedeni olarak moleküller arasındaki çekim kuvvetleri olduğunu kabul etmiştir. Ancak, bazı başka açıklamaların da olduğunu, Çünkü gazların, moleküllerin önemli iç molekülsele kuvvetin olmadığı uzaklıkta olmasına rağmen, asla ihmal edilemeyecek büyüklükte viskoziteye sahip olduklarını belirtmişlerdir. Bilindiği üzere, bir akışkanın bireysel molekülleri sürekli olarak hareketlidir. Bu hareket akışkanın değişik katmanları arasında bir momentum değişim işlemini mümkün kılar. Araştırmaya göre, Şekil 2.4.'deki dümdüz ve paralel bir akışta, bir *aa* katmanı, *bb* komşu katmandan çok daha hızlı hareket ediyor olsun.



Şekil 2.4. Sıvı Katmanları Arası Hız Gradyanı

aa katmanından bazı moleküller, devamlı termal çalkanırları sırasında, *aa* katmanının toplam hızının bir neticesi olarak sahip oldukları momentumu kendileri ile birlikte alarak *bb* katmanına göç ederler. *bb* katmanında bulunan diğer moleküller ile çarpışmalar neticesinde, bu momentum *bb*'de bulunanlar arasında paylaşılır ve böylece *bb* katmanı bir bütün olarak hızlanır. Benzer şekilde daha yavaş *bb* katmanında moleküller, *aa* katmanına geçer ve *aa* katmanını yavaşlatmaya eğilim gösterir. Bu şekilde her bir molekülün göçü, katmanlar arasındaki hız farklarına karşı koymak için hızlanma veya yavaşlama kuvvetlerine neden olur.

Bir sıvıdaki katmanların bağıl hareketi, iç molekülsele kuvvetleri değiştirir ve böylece bağıl harekete direnç gösteren net bir kayma kuvvetine neden olur. Hemen hemen bütün sıvıların viskozitesi sıcaklık yükselmesi ile azalır; fakat azalma hızı da

düşer. Çok yüksek basınçlardaki durum hariç bir sıvının viskozitesi basınca bağlı değildir.

Viskoziteyi ihtiva eden problemlerin çoğunda, akışkanların hızlanmasına neden olan kuvvetler ile ilgilenilir. Viskoz kuvvetler μ viskozitesine, atalet kuvvetleri ρ yoğunluğuna bağımlı olduğundan μ / ρ oranı yazılır ve akışkanın bir özelliği olarak düşünülür. Akdere (2006), Viskozitenin yoğunluğa oranı kinematik viskozite olarak bilinir ve ν sembolü ile gösterilir Kinematik, hareketin nedenlerine bakmaksızın hareketin incelenmesi olarak tanımlanır. Bu yüzden kütleler ile değil yalnız uzunluklar ve zaman ile ilgilenir. Bu nedenledir ki üniversal kullanışta μ / ρ oranına kinematik viskozite adı verilmiştir.

Çiftçi (_), Enjektörler ile yaptığı bir çalışmada, yakıtın dinamik viskozitesinin aynı sıcaklıktaki özgül ağırlığına oranının kinematik viskoziteyi verdiğini bildirmiştir. Kinematik viskozite biriminin $\text{cm}^2/\text{saniye}$ olduğunu, buna stok adı verildiğini ve 1 stok'un (stoke) 100 santistok' a (cSt) eşdeğer olduğunu açıklamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırmada Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcılar

Denemelerde kullanılmak üzere içeriği farklı olan yayıcı ve yapıştırıcılar tespit edilerek bunlardan bazıları pazarda faaliyet gösteren firmalardan doğrudan veya internet aracılığıyla sipariş verilerek elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan yayıcı yapıştırıcıların ambalajlı olarak pazara sunum biçimi Şekil 3.1 de, ürünlere ait bazı özellikler ise Çizelge 3.1. de detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 3.1. Testlerde Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcılar

Üzerinde çalışılan yayıcı ve yapıştırıcıların yüzey gerilimleri ve farklı yüzeylerde oluşturdıkları damla değme açısı, değme yüksekliği, temas çapı ve kaplama oranı ile ilgili araştırmalar Şekil 3.10 da görülen 100 cc kavanozlarda yayıcı ve yapıştırıcıların etiket değerlerinde saf suyla seyreltilmesiyle yürütülmüştür.

Çizelge 3.1. Denemelerde Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcıların Etkili Maddeleri, Etiket Dozları ve İyon Yapıları

Ürün Anma Kodu Adı	Etkili Madde	Önerilen Konsantrasyon* (mL.L ⁻¹)	İyon Yapısı
A	Fatty asit ve polialkol	2,5	Aniyonik
B	Sodiumcarboxilmetylcelulos	0,3	Aniyonik
C	Sodiumcarboxilmetylcelulos	0,5	Aniyonik
D	Reçine	1	Noniyonik
E	Sodyum dikotil sülfosuksinat	0,5	Aniyonik
F	Trisiloxane alkoxyates	0,4	Noniyonik
	Polyalkaleneoxide-heptamethyl		
G	Trisiloxane + Allyloxypolyethyleneglycol	0,2	Noniyonik
H	Carboxymethylcelluse	1	Aniyonik
I	Alcohol ethoxylate, alkylphenol ethoxylate	1	Noniyonik
J	Alkilpoliglikoleter	0,5	Noniyonik

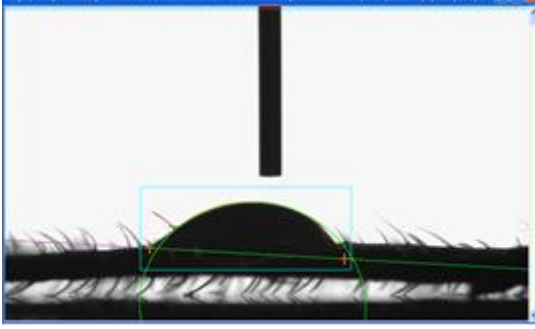
*Etiket değerine göre saf su ile konsantrasyon

Çizelge 3.1’de B, C, D, E, F, H ve J adlı ticari ürünler yerli üretim olup A, G ve İ ticari ürünler ise yurt dışından temin edilmiştir. Seçilen yayıcı yapıştırıcılardan 5 tanesi Anyonik diğer 5 adedi ise Noniyonik kimyasal yapıya sahiptir. Temin edilen yayıcı yapıştırıcılardan en yüksek konsantrasyonlarla uygulama A anma kodlu ürünle olmuştur. Diğer ürünlerde ise önerilen uygulama konsantrasyonları 0,2-1 mL.L⁻¹ sınırlar arasında olmuştur. Çalışmada kullanılan tüm ürünlerin üzerinde satıcı firmalar tarafından “*Yayıcı ve Yapıştırıcı*” ibaresi yer almıştır.

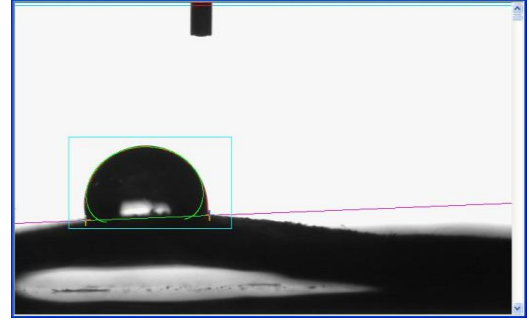
3.1.2. Hedef Bitki Yaprakları

Çalışmada kullanılmak üzere gerekli olan yaprak örnekleri Çukurova Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde üretimi yapılan sebze, turuncgiller ve bağ alanlarından temin edilmiştir. Denemelerde kullanılmak üzere öncelikle pazarda

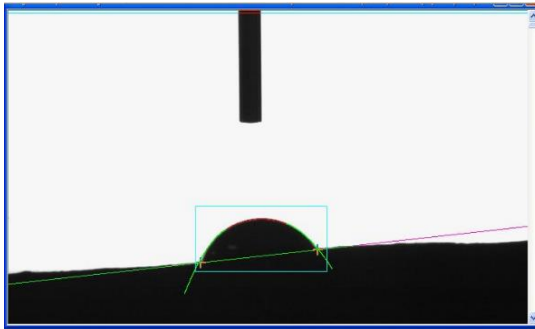
yaygın olarak tüketilen ürünler tercih edilmiştir. Bunların arasından bir kısmının meyve olması diğerlerinin sebzelerden seçilmesi arzu edilmiştir. Bu bitki yaprakları da kendi aralarından tüylü ve tüysüz olanları ile yüzeyi mumlu olanları ile yüzeyinde tüy bulunmadığı gibi mum tabakası da bulunmayan bitkiler tercih edilmiştir. Araştırmalarda kullanılacak yaprakların fiziksel olarak sağlam olanlarından sağlıklı görünüme sahip, canlı ve kendine has özellikleri taşıyanlardan seçilmesine dikkat edilmiştir. Bunun için Bamyı (*Hibiscus esculentus*), Portakal (*Citrus sinensis*), Limon (*Citrus limon*), Domates (*Lycopersicon esculentum*), Patlıcan (*Solanum melongena* L.), Biber (*Capsicum annum*) ve Asma (*Vitis vinifera*) yaprakları taze olarak bitkilerden koparılarak boş kavanozlara yerleştirilmiştir. Bu kavanozlar ölçüm sırasında canlılıklarını korumak ve bozulmayı önlemek amacıyla laboratuvarında bulunan buzdolabına yerleştirilmiş ve sırası geldikçe buzdolabından alınan yaprak örneklerine ait ölçümlerin en kısa sürede yapılması sağlanacak şekilde çalışmalar yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan yapraklar Bamyada BBCH=67, Portakal ve Limonda BBCH=81, Domateste BBCH=19, Patlıcanda BBCH=73, Biberde BBCH=19 ve Asmada BBCH=71 fenolojik dönemlerinden alınmıştır (Meier, 2001). Araştırmada ele alınan hedef yüzeylerin fiziksel özelliklerini gösteren görüntüler, Damla Şekil Analizi (Drop Shape Analysis) cihazı kamerasından elde edilmiş ve Şekil 3.2'den Şekil 3.8'e kadar olan resimler olarak kaydedilmiştir.



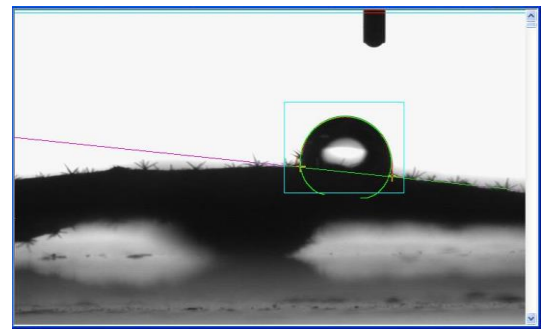
Şekil 3.2. Bamiya Yaprığı



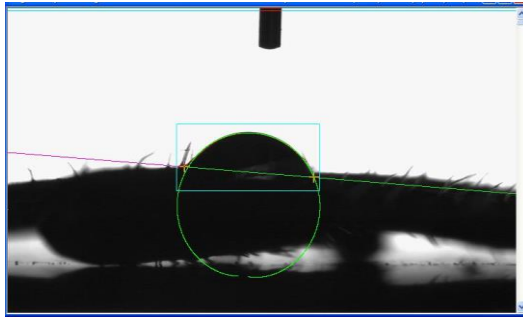
Şekil 3.6. Portakal Yaprığı



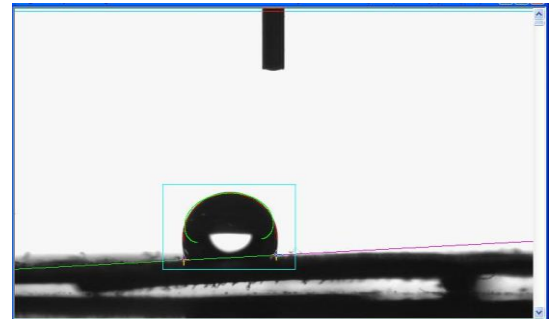
Şekil 3.3. Biber Yaprığı



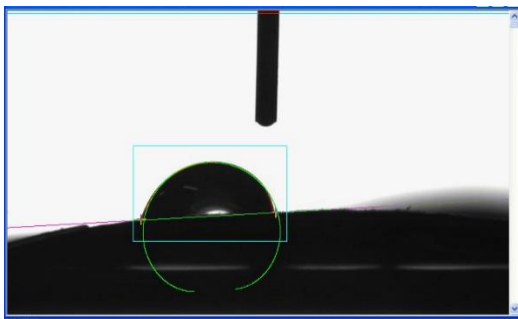
Şekil 3.7. Patlıcan Yaprığı



Şekil 3.4. Domates Yaprığı



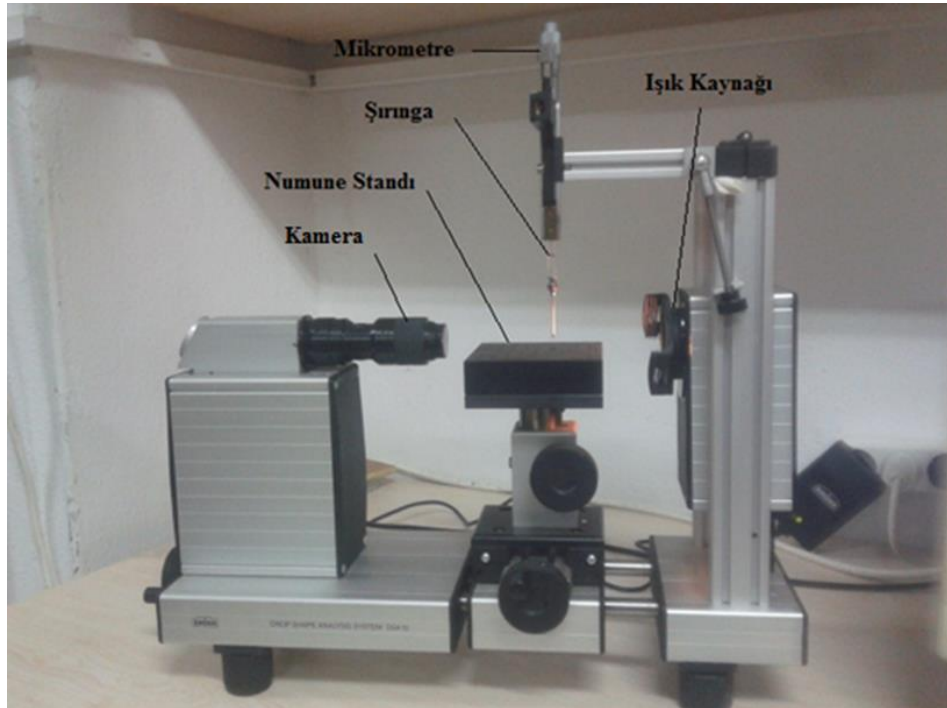
Şekil 3.8. Asma Yaprığı



Şekil 3.5. Limon Yaprığı

3.1.3. Damla Şekil Analizi 10 Cihazı (Drop Shape Analysis 10; DSA 10)

Araştırmada kullanılan yapıcı yapıştırıcıların yüzey gerilimi ve damla değme açıları, damla yüksekliği, temas çapı ve kaplama oranı gibi değerlerin belirlenmesinde Ç.Ü Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Püskürtme Laboratuvarında bulunan, Krüss firması tarafından üretilen Damla Şekil Analiz 10 cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.9.). Cihaz, sıvıların ve yaprak yüzeylerinin hassas karakterizasyonu için, sıvıların statik ve dinamik yüzey gerilimlerini ve yaprak yüzeyleri üzerindeki damlacıkların statik ve dinamik temas açısını ayrıca yüzey serbest enerjisini ölçebilmektedir. Şekil 3.9 da da gösterildiği gibi; Cihaz üzerinde ışık kaynağı, düşey yönde ayarlanabilir mikrometre ile mikrometre altına yerleştirilen şırınga ve tutacağı, ayarlanabilir numune standı, ayarlanabilir zoom özelliği olan kamera ve standı bulunmaktadır. Cihaza ait yazılım, statik temas açısı ölçümleri ile yüzey gerilim ölçümlerinde hesaplama yöntemi olarak Young ve Laplace metoduna dayalı tam otomatik eğri uydurma yöntemi ile çalışmaktadır.



Şekil 3.9. Damla Şekil Analiz 10 Cihazı

Çalışmalarda ayrıca Şekil 3.10. da görülen karışım örneklerinin hazırlandığı kavanozlar ve yardımcı malzemeler kullanılmıştır.

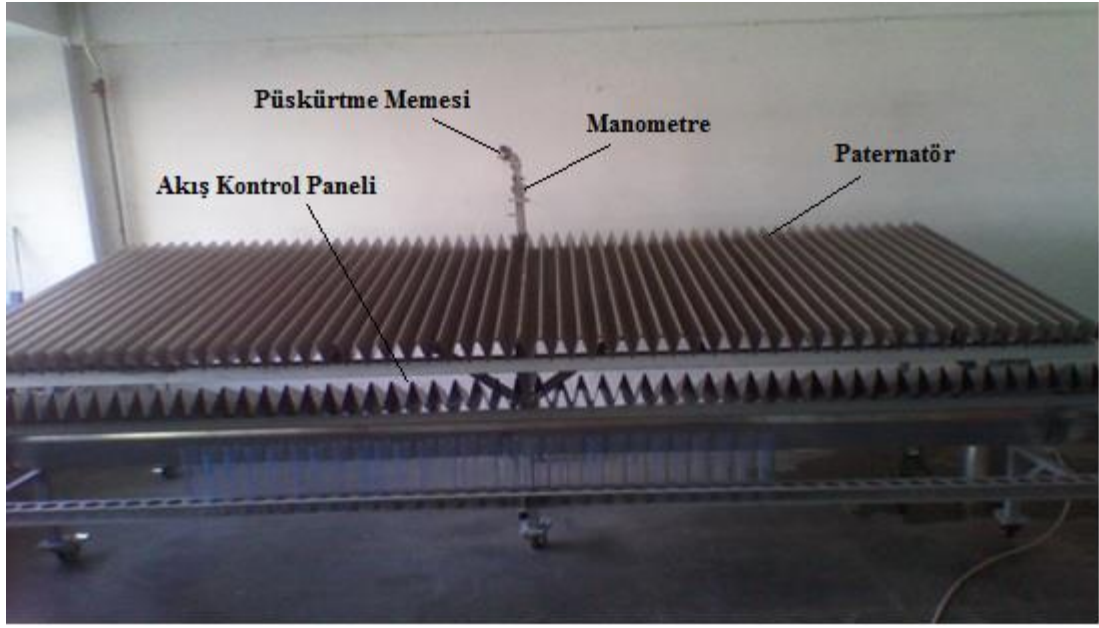


Şekil 3.10. Yayıcı-Yapıştırıcı Karışım Örnekleri

3.1.4. Paternatör

Paternatör kullanımı prensip olarak yatay yüzeyde üniform bir hacim dağılımı modelini başarmayla ilişkilidir (Anonymous, 2005). Araştırmaya alınan yayıcı-yapıştırıcıların herhangi bir memenin püskürtme desenine etkilerini (tek meme dağılım düzgünlüğü, ıslatma genişliği ve püskürtme açısı) görebilmek için, Şekil 3.11’ de gösterilen paternatör kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan paternatör 321 cm uzunluğunda ve 153 cm eninde olup paternatör üzerindeki oluklar 5 cm aralıklar ve 10 cm derinliğinde paslanmaz çelik saçtan imal edilmiştir. Paternatör üzerindeki oluklardan akan sıvı paternatör alt bölümünde bulunan dereceli kaplarda biriktirilmektedir. Paternatörün ön tarafının altından 13 cm aşağısında 321 x 30 cm ölçülerinde 57 adet paslanmaz çelik levhadan üçgen oluklu olarak imal edilmiş bir kontrol paneli bulunmakta olup, bu düzenleme ile paternatör üzerinde bulunan dereceli tüplere sıvı akışı başlatılabilmekte veya kesilebilmektedir.

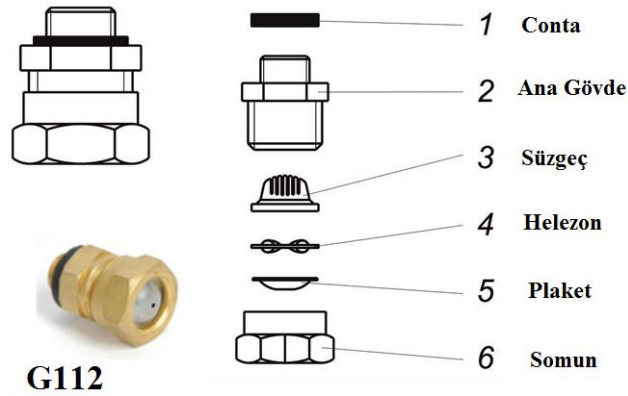
Araştırmada tek meme olarak Türkiye pülverizatör pazarında yaygın olarak tercih edilen Gündüzler marka 1,2 mm plaket çapında içi boş konik hüzmeli meme (Şekil 3.12) paternatör üzerine 50 cm yükseklikte bağlanmış ve tüm uygulamalar 3 bar basınçta gerçekleştirilmiş, meme debisi 845 mL.min^{-1} olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.11. Paternatör

Paternatörle çalışmada püskürtme sıvısı 150 litre hacminde bir kompresörün sağladığı hava akımıyla basınçlandırılmıştır. Üretilen bu basınçlı hava şeffaf hortumlar aracılığıyla önce kontrol panosunda bulunan filtreden geçirildikten sonra regülatör birimine ulaşarak burada havanın çalışma esnasında gerekli işletme basıncını oluşturması için ayarlanması sağlanmıştır. Sisteme kontrollü bir şekilde gönderilmek istenen uygulama sıvısının kumandasını sağlamak için pano üzerinde mini vanalar bulunmaktadır. Basınçlı hava hortumlar vasıtasıyla bu vanalardan geçirilerek buradan ölçümü yapılmak istenen karışımların konulduğu sıvı tankına bağlanmıştır. Basma tankı 30 Lt hacminde olup bir emniyet ventili ile giriş ve çıkış ağzı bulunmaktadır. Basınçlı hava tank içindeki karışım üzerine uygulanarak sıvının buradan paternatör üzerine işletme basıncında sevk edilmesi sağlanmıştır. Basınçlı hava ve püskürtme sıvısının iletiminde $3/8''$ çapındaki şeffaf hortumlar kullanılmıştır.

Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü pülverizasyon laboratuvarında paternatör ile yürütülen püskürtme deseninin belirlenmesi çalışmalarında $1,026 \text{ kg/m}^3$ yoğunluğuna, 1,015 cSt viskoziteye sahip şebeke suyu kullanılmıştır.



Şekil 3.12. Gündüzler G112 Tipi Meme

3.1.4.1. Püskürtme Açısı Ölçüm Cihazı

Yayıcı-yapıştırıcıların 3 bar püskürtme basıncı ve 845 mL.min^{-1} debide oluşturdukları püskürtme açılarının belirlenmesinde, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Makineleri Test merkezinde bulunan bilgisayar kumandalı otomatik “Tek Meme Test Sistemi” cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.13). Meme test düzeneği üzerinde 5 cm ölçülerinde 50 adet oluk bulunmakta olup her bir olukta biriken sıvı miktarı oluk ucundaki dereceli tüplerde birikmektedir. Belirli bir püskürtme süresince her bir oluk ucunda yer alan tüplerde biriken sıvı miktarı, tüplerin üzerinde bulunan derinlik ölçme sensörleriyle otomatik ölçülmekte, ölçülen değerler daha önceden yapılan bir yazılıma doğrudan işlenerek, hızlı bir şekilde püskürtme açısı teorik olarak hesaplanmaktadır. Yayıcı yapıştırıcıların değerlendirilmesinde kullanılan meme 50 cm yükseklikte işletilmiştir.



Şekil 3.13. Tek Meme Test Cihazı ve Ölçüm Sırasında Monitörden Alınan Bir Görüntü

3.1.5. Köpük Ölçüm Cihazı

Yayıcı yapıştırıcılara çalışmada depodaki karışımın sürekli karıştırılması sonucunda depo içinde ciddi oranda köpürme meydana geldiği bilinmektedir. Dolayısıyla her bir yayıcı yapıştırıcının köpük oluşturma potansiyelini belirlemek için bir köpük oluşturma ve köpük seviyesi ölçme düzeneği oluşturulmuştur (Şekil 3.14). Köpük ölçümünde, 22 x 22 x 20 cm ölçülerinde ahşap bir sehpa üzerine 500 mL'lik bir mezür civata ve rondela aracılığıyla sabitlenmiştir. Şekil 3.14'te mezür, alt kısmının ortasından 10 mm çapındaki elmas uçlu matkap ile delinmiştir. Açılan bu deliğe uygun boyutlarda bir rulman yataklandırılmıştır. İçerisinden geçirilmek üzere bir mil, ucuna eni 5 mm olan bakır lama çubuğu kelebek kanadı biçiminde bükülerek mil ucuna silikon yardımıyla sabitlenmiştir. Elde edilen bu mil, mezür dibine yataklanmış rulmandan geçirilerek alt kısmı esnemelere ve sızmaya karşı silikonla

yapıştırılmıştır. Daha sonra bu mil ahşap sehpanın alt kısmına tespit edilen 18 volt doğru akımda çalışan ve hızı $25.000 \text{ rev.min}^{-1}$ olan küçük bir el matkabının ucuna yerleştirilmiştir



Şekil 3.14. Köpük Ölçüm Cihazı

Yayıcı-yapıştırıcıların köpüklenme miktarının belirlenmesinde Hakkâri Üniversitesi Elektrik Bölümü laboratuvarında bulunan 0-12 volt arasında doğru akım üreten, 1 Amper şiddetindeki ayarlı güç kaynağı kullanılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Ayarlı Güç Kaynağı

Ayrıca çalışma sırasında köpük oluşumunu sağlamak üzere 500 mL'lik mezüre dökülen sıvıların karıştırılması için tabanda bulunan pervanenin hangi devirlerde döndüğünü belirlemek için optik takometre kullanılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Optik Takometre

3.1.6. Viskozimetre

Avrupa’da, özellikle Almanya’da viskozite ölçümünde Engler viskozimetresi kullanımı yaygındır. Bir akışkan tarafından görelî sunulan hareketin direnç ölçüsü olan viskozite, sıcaklık ve basınca bağılı kohesiv kuvvetlerin ve moleküler aktivitenin bir sonucudur. Viskozite, iki katsayı yani mutlak veya dinamik viskozite ve kinematik viskozite ile temsil edilir. Engler viskozitesi akışkanların viskozitelerini ölçmeye yarayan özel bir deney aleti olup, 200 cm³ akışkan numunesinin, 2,8 mm çapındaki bir delikten 20 °C’de akma süresinin saniye cinsinden değeridir. Viskozite sıcaklıkla değiştiğinden her akışkan için standartlarda belirtilen en uygun akma süresini verecek sıcaklık seçilerek yapılmıştır. Engler viskozimetresi temel olarak standart bir alt delik ile merkezi bir silindirden oluşur. Viskozitesi ölçülecek olan sıvı, merkezi silindire 200 mL doldurulur. Delik vasıtası ile sabit bir akış hızı için alınan zaman bu sıvının 20 °C sıcaklıktaki viskozitesinin ölçüsüdür. Yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının viskozite değerlerini tespitini yapmak için 1,5 litrelik pet şişesi kullanılmıştır. Şekil 3.17 te metal yapılı olan viskozimetrenin plastik modeli kullanılmış olup bunun için şişeye ait kapak uygun ölçüde delinerek standartlara uygun olarak kalibrasyonu yapılmış ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Ölçümü yapılacak olan çözeltilerin sıcaklıkların belirlenmesi için termometre ve akış süresini bulmak için kronometre kullanılmıştır.



Şekil 3.17. Engler Viskozimetresi

3.1.7. Damla Çapı Ölçümleri

Farklı yayıcı-yapıştırıcıların, üretilen damla büyüklükleri üzerine etkilerini belirlemek için lazer yöntemiyle damla büyüklüğü ölçen bir cihaz kullanılmıştır. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Makineleri test merkezinde yürütülen damla çaplarının belirlenmesi çalışmalarında $1,052 \text{ kg/m}^3$ yoğunluğunda, 1,024 cSt viskoziteye sahip su kullanılmıştır. Şekil 3.18.de verilen Malvern Spraytech marka cihaz, genel olarak lazer ünitesi, numune hazırlama ünitesi, püskürtme kısmı, kumanda ve ayar ünitesi ve bilgisayar elemanlarından oluşmaktadır. Lazer ünitesinde; bir lazer üretici, optik düzenekler ve veri toplama detektörü yer almaktadır. Şekil 3.18 deki numaralar sırasıyla 1- HeNe Lazer, 2- Ayarlı optikler, 3- Ölçüm bölgesi, 4- Fourier lens, 5- Slikon diyot detektör dizisi, 6- Hızlı veri toplama sistemi bölümünü göstermektedir.



Şekil 3.18. Bilgisayar Kontrollü Damla Analiz Cihazı ve Kısımları (Malvern, 2014)

Sistemde Şekil 3.19 da görülen karışımların hazırlandığı bir pülverizatör tankı ile mercekler üzerine yapışan sıvı damlaların oluşturacağı hatalı ölçümlerin önüne geçebilmek için mercek yüzeylerine doğru püskürtülen havanın basınçlandırılmasını sağlayan kompresör ve pnömatik kontrol ünitesi de bulunmaktadır. Bu cihaz ile hem Fraunhofer, hem de Mie kuramına göre tane büyüklüğü dağılımı hesaplanabilmektedir.



Şekil 3.19. Damla Analizinde Kullanılan Depo ve Merceklere Püskürtülen Hava Kumanda Ünitesi

Cihazın başlıca teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Ölçüm Prensipleri	Lazer kırınımı
Ölçüm Aralığı	0,1 μ m – 2000 μ m
Lens Aralığı	300 mm lens: 0,1 –900 mikron (Dv50=0,5–600 mikron) 750 mm lens 2 – 2000 mikron (Dv50 =5–1600 mikron)
Çalışma Aralığı	0,5 mikron = 150 mm 5 mikron = > 1000 mm 10 mikron = > 2000 mm
Optik modelleri	Mie Teorisi ve Fraunhofer Yaklaşımı

Konsantrasyon Aralığı	Patentli Çoklu Saçılma Doğrulaması (US patent No. 5.619.324) Minimum kabul edilebilir transmisyon = % 5 (% 95 karartma)
Detektör Sistemi	36 elementli Logaritmik – Ayrılmış Slikon diyot detektör dizisi
Işık Kaynağı	632,8 nm, 2 mW helium – neon lazer
Lazer Güvenliği	Sınıf 3R lazer koruma
Optik Hizalama Sistemi	Otomatik hızlı hizalama sistemi
Max. Yakalama Oranı	Sürekli Modda = 1 Hz Hızlı Modda (Standart) = 2,5 kHz Hızlı Modda (Geliştirilmiş) = 10 kHz
Maksimum Ölçüm Süresi	Sürekli Modda = 60 dakika 1 Hz’ de Hızlı Modda (Standart) = 120 saniye 2,5 kHz’de Hızlı Modda (Geliştirilmiş) = 30 saniye 10 kHz’de
Analiz Metodu	Rosin–Rammler ve Logaritmik–Normal 2– parametrelili modeller (Damlacık büyüklüğünün bağımsız ölçümünü sağlayan model)
Sıcaklık	15 ⁰ C – 40 ⁰ C (Deney esnasında)
Bağıl nem	% 35 - % 80 (Deney esnasında)

3.2. Metot

Bu çalışmanın ana amaçlarından biri, üzerinde çalışılan yaprakların yüzey enerjilerinin bulunarak bu değerler doğrultusunda kullanıcılar için yayıcı-yapıştırıcı tavsiyesinde bulunabilmek için bir ölçüt oluşturmaktır. Yüzey enerjisi, doğrudan ölçülen bir büyüklük olmadığından öncelikle yayıcı-yapıştırıcılara ait yüzey gerilim değerleri ve yaprak yüzeylerinde oluşturdukları temas açıları belirlenerek elde edilen verilerden yaprak yüzey enerjileri bulunmuştur. Bunun yanında önerilen konsantrasyon oranlarında yayıcı yapıştırıcılarla elde edilen karışımların yaprak yüzeylerinde tutunma, yayılma ve yapışma seviyelerinin belirlenmesi için damla temas açısı, yüksekliği, temas çapları ve kaplama oranları ölçülmüştür. Daha sonra yayıcı-yapıştırıcıların tek bir meme ile çalışmada oluşturdukları; püskürtme deseni, püskürtme açısı, damla ölçülerine etkileri ve tank içindeki karıştırma işleminden dolayı oluşacak potansiyel köpük oranları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar çeşme/saf su değerleriyle karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Sıvıların Yüzey Gerilim Ölçümleri

Yayıcı-yapıştırıcıların henüz karıştırılmadan önce sahip oldukları ve su ile önerilen oranda karışımdan sonra oluşan yüzey gerilimlerin ölçülmesinde Damla Şekil Analiz 10 cihazı kullanılmıştır. Yüzey gerilim ölçümlerinde sarkan damla metodu “pendant drop method” kullanılmıştır. DSA10 cihazı Drop Shape Analysis adlı bir bilgisayar paket programıyla çalışmaktadır. Öncelikle yüklü bulunan programı açmak için masaüstündeki  ikonu tıklanarak program çalıştırılmıştır. Açılan programın menü çubuğunda bulunan  ikonuna tıklanarak canlı görüntünün monitöre aktarılması sağlanmıştır. Şekil 3.20 da verilen menüden “Options” seçeneklerinden “Drop Type” için “Pendant Drop” seçeneği seçilmiştir.



Şekil 3.20. Program Menüsünden Yüzey Gerilim Ölçüm Seçeneği

Açılan “FG-Window” penceresinde iğne ve damla yüksekliğinin büyütme faktörü kullanılarak görüntü alanını belirlemek için sınır çizgilerinin aşağı doğru çekilmesi zorunludur. Bu amaçla “FG-Window” yatay ve dikey olarak kendi alt menüleri tarafından belirlenen bir şekilde görüntü üzerinde hareket ettirilen üç çizgi bulunmaktadır. Fare imleci bu çizgilere yakın konumlandığında, farenin sol tuşu basılı tutularak üzerinde durduğu çizgi sırasıyla aşağı doğru çekilebilir. İğne tarafındaki görüntüde bulunan ilk iki çizgi (mavi renk) büyütme faktörünün (MAG) belirlenmesi için kullanılan iğnenin bölgesinde belirtilir. Üçüncü çizgi (pembe renk) ara yüzey geriliminin belirlenmesi için damla tepesinden damla çevresine doğru kullanılan damlanın düzeyini vermektedir. Başlangıçta çizginin birinin ekranın köşesinde yerleştiği görülür. Bunlar yine de ekranın içine doğru çekilebilmektedir. Daha sonra “Drop info” diyalog penceresi açılarak gerekli ayarlar yapılmakta, “Sample Description” sekmesi tıklanarak damla yönü “Pendant Drop, Top – Bottom” seçilir. “Parameters” penceresinde iğne çapı 1,5 mm sıcaklık 25 °C olarak girilmiştir. Diğer ayarlara ise karışılmamıştır. Büyütme faktörünü belirlemek için FG-Window penceresindeki  ikonu tıklanarak veya alternatif olarak “Profile” menüsünden “MAG-Determination” tıklanarak ayarlanabilir. Eğer hata mesajı verirse işlemler gözden geçirilmelidir. Daha sonra FG-Window penceresindeki  simgesi tıklanarak veya “Profile” menüsünden “Extraction” seçilerek ekrandaki görüntünün profil çizgisi

belirmesi sağlanmıştır. Profil çıkartma ile elde edilen damla görüntüsünün sayısallaştırılmasının Youn-Laplace denklemiyle uyumlu olması, ara yüzey geriliminin belirlenmesinde merkezi bir adımdır. Bunun için profili belirlenen damla için FG-Window penceresinden **FIT** ikonu tıklanmış veya “Profile” menüsünden “Fit” seçeneği tercih edilerek de sonuçların alt kısımdaki sonuç penceresinde görülmesi sağlanmıştır. Sarkan damla metodunda 1,5 mm’lik geniş çaplı özel iğne kullanılmıştır. Daha sonra Şekil 3.21 de görülen “Options” menüsünden “Drop info” tablosuna parametreler sekmesi altında bulunan iğne çapı kutucuğuna iğne değeri 1,5 mm cinsinden girilmiştir.

Drop Information

Sample Description | **Parameters** | Liquid Information | Other Information

Temperature [°C]: 25.00 M Age [h:m:s:ts]: 01:06:26:8

Needle Diameter [mm]: 1.500 Tip Level [pixels]: 64

Densities [g/cm³]:

Drop Phase: 0.9980 = liquid Embedding Phase: 0.0001

Magnification Factor (MAG) [pixels/mm]: 66.287

Aspect Ratio (AR) [x/y]: 1.00000

Acceleration of Gravity g [m/s²]: 9.8100

Tamam İptal

Şekil 3.21. Drop Information Diyalog Penceresi

Ölçümlere başlayabilmek için 2 mL kapasiteli enjektöre yayıcı yapıştırıcı örnekleri çekilerek şırınga cihazdaki yerine yerleştirilmiştir. Monitörde oluşan görüntünün çerçevenin %20 sini oluşturması için kamera üzerindeki düğme döndürülerek ayar yapılmıştır. Oluşan görüntünün netliği için  sembolüne basılarak Şekil 3.22 deki görüntünün netliği açılan penceredeki yeşil alanda bulunan “Median” değerinin en yüksek değeri için ayarlanmıştır.

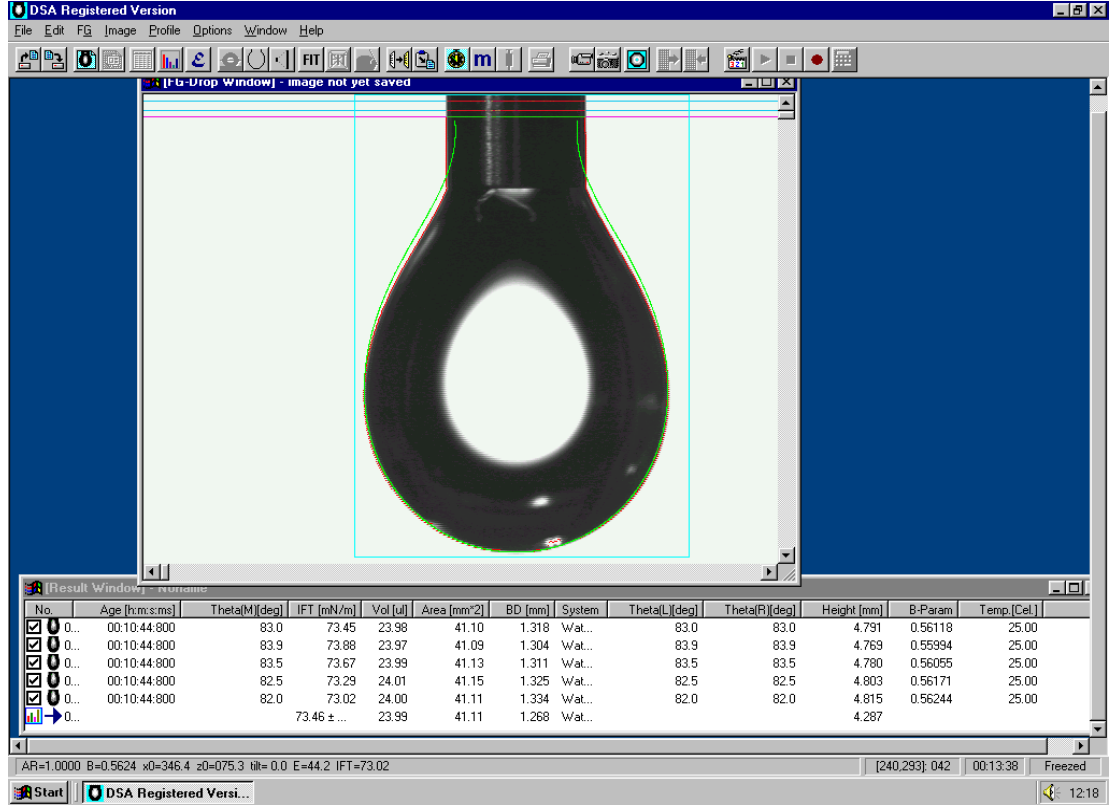


Şekil 3.22. Netlik Değerleri Penceresi

Yüzey gerilim ölçümlerini doğru yapabilmek için Şekil 3.23 deki iğne ucunda oluşacak damlanın en büyük boyutta asılı kalması sağlanmıştır. Bunun için şırınga üzerinde bulunan mikrometrenin saat yönünde döndürülmesi ile şırınga kolunun ileri doğru hareket ettirilmesi sağlanarak iğne ucundaki damlanın boyutu kontrollü olarak ayarlanmıştır. Elde edilen görüntü monitördeki bulunduğu çerçeve içersini en fazla dolduracak ölçüde netlik ayarı yapılmıştır. En alttaki çizgi ise iğne ile damla arasındaki geçiş noktasının olduğu yere yerleştirilmiştir. Böylece iğnenin hemen altında olan görüntü sektörünün haricindeki kısım değerlendirilmeye alınmaz. Ölçüm sırasında damla etrafını bir çizgi sarar. Çizginin iğneye temas eden kısmının yeri damla boyutu ile birlikte değişir. Ölçüm esnasında dikkat edilmesi gereken husus en alt kısımda bulunan çizgi damla etrafında oluşan bu çizginin iğne tarafında oluşan kısmının bittiği yere yerleştirilmesi gerekmektedir. Aksi durumda gerçek değerler elde edilemeyebilir. Bunlardan sonra  ikonu tıklanmış, görüntü ve iğne çapı ölçeklenerek girilen iğne çapı için görüntü ölçeği hesaplanmıştır. Sonra  ikonu tıklanarak DSA'nın damlanın iki tarafını da saran çizgi oluşturarak damla şekli belirlenmiştir. **FIT** Simgesine tıklanarak sıvının yüzey gerilim değeri Young-Laplace uyumlu olarak hesaplanmıştır. Her bir yayıcı ve yapıştırıcı karışımları yüzey gerilim ölçümleri için yukarıda bahsedilen işlemler üçer tekrarlı olarak yapılarak veriler elde edilmiştir. Yayıcı-yapıştırıcılara ait yüzey gerilim değerleri Çizelge 4.7'de belirtildiği şekliyle bulunmuştur. Bulunan değerler SPSS 15 istatistik programı aracılığıyla işlenerek yayıcı-yapıştırıcıların yüzey gerilim değerlerine göre karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Karşılaştırmalarda tesadüf parselleri deneme deseni ve ortalamaların karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Yapılan karşılaştırmalar sonunda birbirlerine göre farklı bulunanlar gruplanarak uygulama açısından değerlendirilmeleri yapılmıştır.



Şekil 3.23. Yüzey Gerilim Ölçümü Yapılan Bir Damla

3.2.2. Damla Değme Açısı, Değme Yüksekliği, Damla Çapı ve Kaplama Alanı Ölçümleri

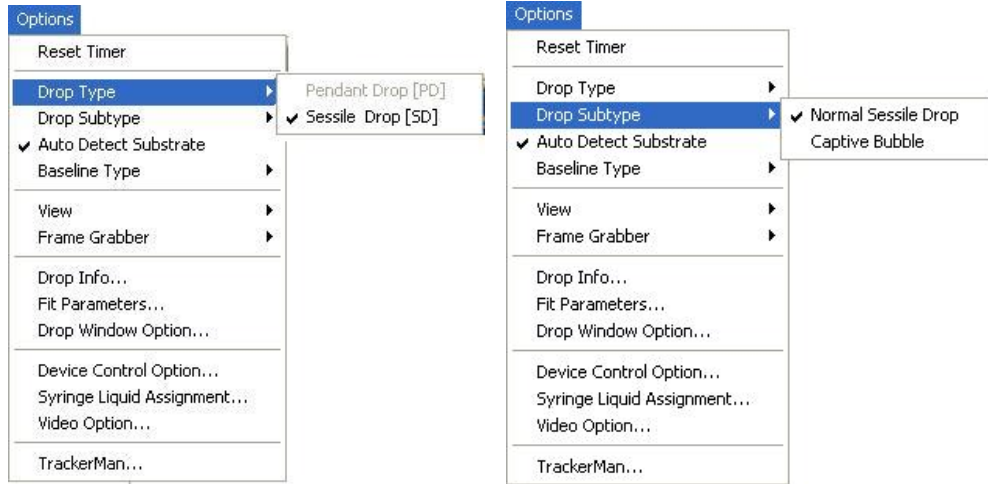
Farklı yüzeylere ait özellikleri karakterize etmede değişik sıvılarla oluşturulan damlaların bu yüzeylerdeki temas açıları verilerinin kullanılması, literatürde yaygın olarak karşılaşılan bir durum olarak ön plana çıkmaktadır. Her hangi bir yüzey özelliğinin belirlenmesinde tek başına bir parametre olarak temas açısının kullanılması ve açıklamaların yalnızca bu verilere göre yapılıyor olması konunun tam olarak anlaşılmasına yetmemektedir. Bununla birlikte uygulama sıvılarına ait damlaların

yüzeylerde oluşturdıkları değme yüksekliklerinin belirlenmesi ve süre içerisindeki değişimi ile bu damlaların temas yüzeylerinde oluşturdıkları damla değme çaplarının tespiti ve zamanla olan değişim seviyelerinin incelenmesi, daha açıklayıcı verilerin gerekliliği için uygun görülmüştür.

Yayıcı-yapıştırıcıların yapışmasını temsil edebilecek parametrelerden biri olarak, etiket değerlerine göre karışım oluşturulmuş püskürtme sıvılarının yaprak yüzeyinde oluşturdıkları damla temas yüksekliklerinin yedi saniye süreyle oluşan değişim oranları dikkate alınabilir. Karışımların farklı yaprak yüzeylerinde oluşturdıkları damla yüksekliklerinin belirli bir süre içerisindeki değişim miktarlarına göre yapışma seviyesinin belirlenmesinde önemli bir role sahip olduğu düşünülmektedir. Bunun için yaprak yüzeyleri üzerine damlatılan yayıcı-yapıştırıcılı püskürtme sıvılarının sahip oldukları temas yükseklikleri öncelikle üçüncü saniyede, DSA10 cihazı aracılığıyla elde edilen görüntülerden paket program aracılığıyla belirlenmiştir. Aynı işlemler onuncu saniye için de yapılarak iki süre arasında oluşan yükseklik farkları ortalamaları Çizelge 4.5. te kaydedilmiştir. Püskürtme sıvılarının yaprak yüzeylerinde oluşturdıkları damla yüksekliklerinin, yapışmanın bir ölçüsü olarak değerlendirilmesinde, yedi saniyelik süre zarfında yükseklikteki azalma miktarının belirlenmesi, yani damlaların yüzeye yayılma hızlarının bulunarak yapışma yeteneğini en fazla arttıran katkı maddesi olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yayıcı-yapıştırıcıların etkinliklerinin belirlenmesinde diğer parametreler kadar öncelikli bir özellik olarak, karışımlardan elde edilen püskürtme sıvılarının, uygulanan yaprak yüzeylerinde sağlamış oldukları temas çaplarının belirlenmesinin olduğu düşünülmektedir. Yaprak yüzeylerinde oluşan temas çaplarının zaman içindeki değişimi, değişik yaprak yüzeylerinin yayılma özellikleri olarak değerlendirilmiştir. Gerekli analizler yapılarak farklı özellikteki yayıcı-yapıştırıcıların yüzeylerde oluşturdıkları kaplama oranlarıyla ilgili örtme paylarının ilaçlamada öngörülecek olan yayılma ve yapışma seviyelerine göre muhtemel iş başarısı olarak değerlendirilmeleri yapılmıştır. Yayıcı-yapıştırıcıların uygulama yüzeylerinde oluşturdıkları sonuçlara göre benzer özellikleri belirlenmeye çalışılmış, elde edilen sonuçlar bu özellikler açısından değerlendirilerek gerekli gruplandırmalar yapılmıştır.

Damla değme açısı testleri farklı bitki türlerin ıslanabilirliğini ölçmede basit bir yöntem olarak uygulanmaktadır. (R.E. Gaskin, at al. 2005). Yayıcı-yapıştırıcıların yüzey gerilim değerlerinin bulunmasından sonra temas ettiği yüzeylerde değme açısının bulunması için yaprak yüzeylerine sırasıyla damlatılarak değerler kaydedilmiştir. Elde edilen verilerle katkı maddelerinin etkinliği hakkında değerlendirmeler yapılarak, organik yüzeylerin sahip oldukları yüzey enerjileri ile yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının arasındaki ilişki belirlenmiştir. Bunun için öncelikle yüklü bulunan programı açmak için masaüstündeki  ikonu tıklanarak program çalıştırılmıştır. Açılan programın sembol çubuğunda bulunan  ikonu tıklanarak canlı görüntünün monitöre aktarılması sağlanmıştır. Sonra menüden Şekil 3.24 deki “Options” seçeneklerinden “Drop Type” için “Sessile Drop” ve “Drop Subtype” için ise “Normal Sessile Drop” seçilmiştir.

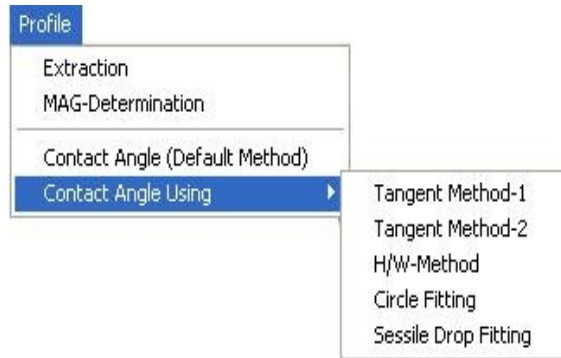


Şekil 3.24. Program Menüsünden Temas Açısı Seçenekleri

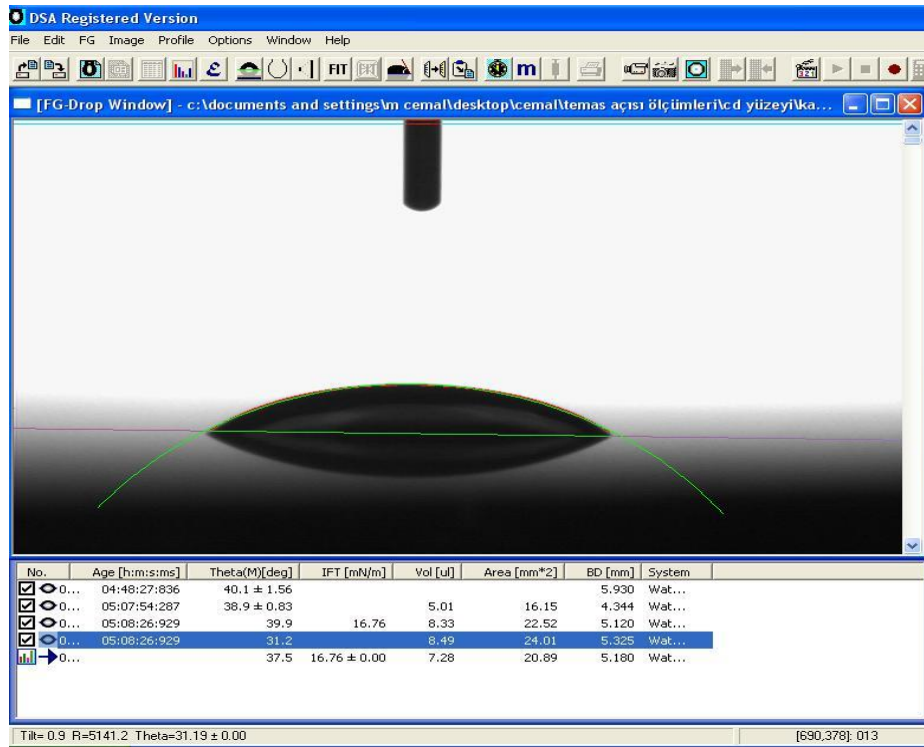
Cihaza ait şırıngaya katkı maddeleri çekilerek yerine yerleştirilmiştir. Ölçümlerde 0,5 mm çapında iğne kullanılmıştır. Farklı yüzeylerle yapılan ölçümlerde yüzeylerin, monitörde oluşan görüntünün yarısından daha az olması numune standı ayarları vasıtasıyla sağlanmıştır. Şırınga örnek yüzey üzerinden biraz yukarıda duracak şekilde şırınga standı üzerinde bulunan ayar düğmeleri yardımıyla aşağı doğru indirilmiştir. Örnek yüzey ile iğne arasındaki uzaklık direkt göz ile yapılmamalı, bunun yerine

monitörde oluşan görüntü yardımıyla ayar yapılmalıdır. Bu sırada oluşan görüntü kameranın zoom ayarı sayesinde çerçevenin %10 nu kaplayacak şekilde ayarlanmıştır.

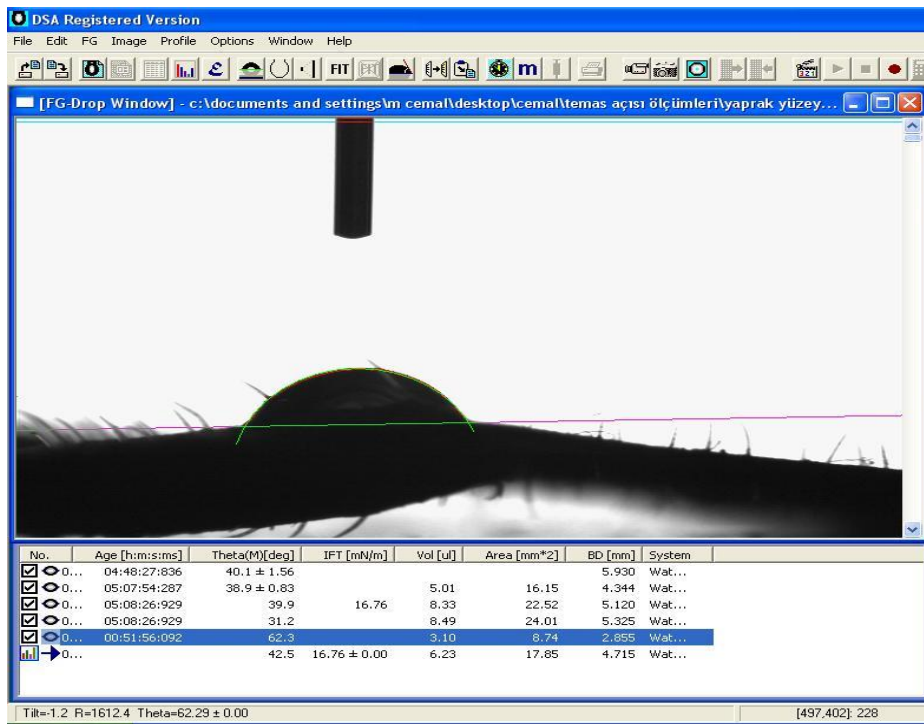
Oluşan görüntünün netliği için  sembolüne basılarak görüntünün netliği açılan penceredeki yeşil alanda bulunan “Median” değerinin en yüksek değeri için ayarlanmıştır. Daha sonra mikrometrenin vidası saat yönünde döndürülerek yüzeyde damlanın oluşumuna başlanmıştır. Damla çerçeve köşesine ulaştığında mikrometre hareketi durdurularak iğne damla dışına çıkacak şekilde yukarı doğru hareket ettirilmiştir. Daha sonra ikon çubuğundaki  sembolü tıklanarak Şekil 3.26 da örneği görülen temel çizgi esas alınarak otomatik olarak ölçümler yapılmıştır. Temel çizgi damla ile örnek yüzey arasında oluşan çizgidir. Menü çubuğundan “Profil” tıklanarak açılan pencereden “Contact Angle Using” metodundan Şekil 3.25 de çoğunlukla “Circle Fitting” seçilerek hesaplamaların yapılması sağlanmıştır. Bu seçenek ile ölçümü yapılamayan damlaların hesaplanmasında “ Sessile Drop Fitting” seçeneği kullanılmıştır.



Şekil 3.25. Damla Temas Açısını Belirlendiği Metot

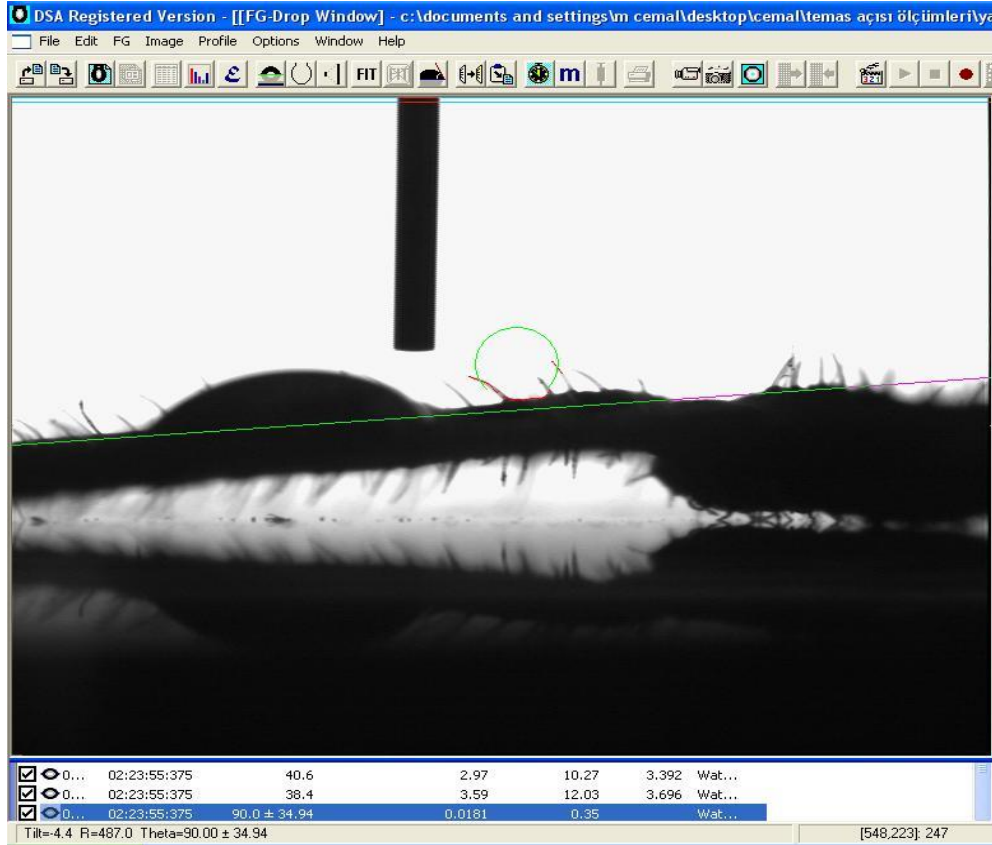


Şekil 3.26. CD Yüzeyinde Oluşan Bir Damla

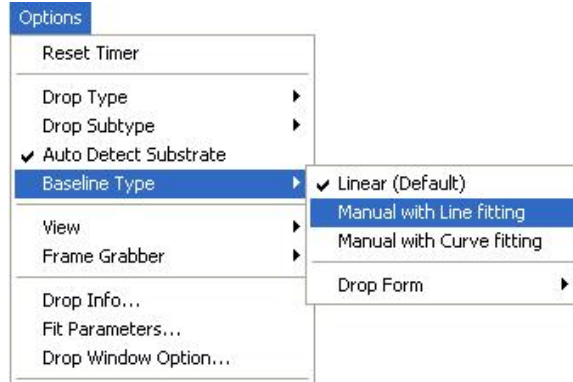


Şekil 3.27. Yaprak Yüzeyinde Oluşan Bir Damla

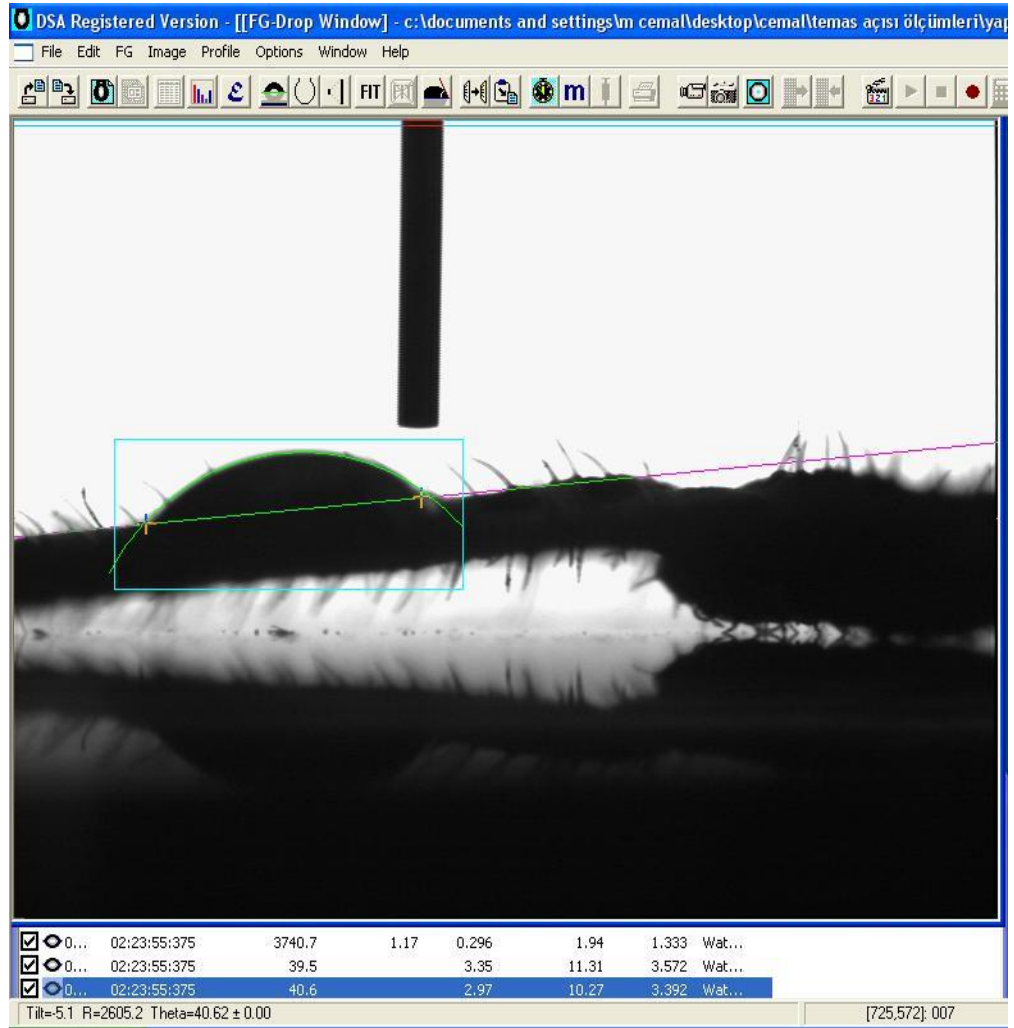
Ancak bahsedilen hususlar düzgün yüzeyler için geçerli olup yüzeyi dalgalı, pürüzlü, tüylü gibi olan yapraklarda Şekil 3.28 deki gibi oluşan damların görüntüsünü cihaz otomatik olarak algılayamadığından veya farklı düzlemde algıladığından değerlendirmesi de hatalı olmaktadır. Bu yüzeylerin değerlendirilmesinin yapılabilmesi için ölçümlerin manuel olarak yapılması bir zorunluluk olmaktadır. Bu tür ölçümleri yapabilmek için Şekil 3.29 teki menüden “Options” seçeneğinden “Baseline type” menüsünden açılan pencereden “Manuel with Line Fitting” seçeneği onaylanmıştır. Şekil 3.30 daki Ekranda “ + “ şeklinde iki nokta gözükür. Çizgi, bu noktaların dikey ve yatay konumlandırılmasına göre yeniden durumunu değiştirir.



Şekil 3.28. Otomatik Olarak Algılanamayan Bir Görüntü



Şekil 3.29. Manuel with Line Fitting seçeneği



Şekil 3.30. Otomatik Olarak Algılanamayan Görüntünün Manuel With Line Fitting Seçeneği İle Ölçümünün Yapılması

Anlatılan bu çalışmalar, üzerinde çalışılan 11 adet yayıcı ve yapıştırıcının etiket değerlerine göre karışımları oluşturulduktan sonra 7 farklı yaprak yüzeyinde gösterecekleri davranışların belirlenmesi için karışımların her biri, her bir yaprak yüzeyine değme açılarının belirlenmesi için on tekrarlı olarak uygulanmıştır. Oluşan damlaların temas açıları, kaplama alanları, damla değme yüksekliği, temas çapı verileri gibi değerler yaklaşık 3. saniye ve 10. saniye için kaydedilerek hesaplamalar yapılmıştır. Yüzeye damlatılan damların 3 sn içerisinde oluşturdukları damla yüksekliği, damla çapı verilerinden, yaprak yüzeylerine tutunacağı veya bu yüzeylerden akacağı değerlendirmeleri yapılmıştır. 3. ve 10. saniye arasındaki 7 saniye süresi içerisinde yaprak yüzeyine tutunan damlaların temas açıları ve kaplama oranları verilerinden yayılma ve yapışma miktarı belirlenmiştir.

3.2.3. Yaprak Yüzey Enerjilerinin Belirlenmesi

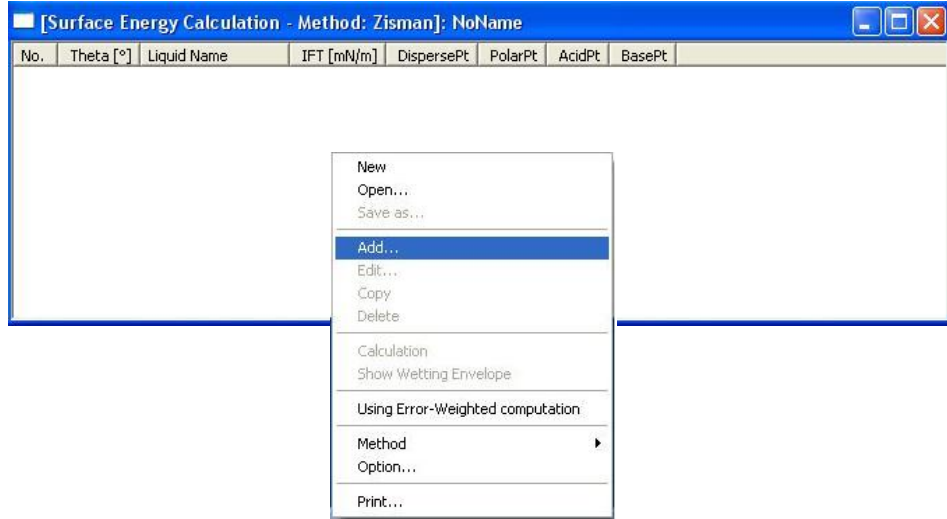
Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı kayıtlarına göre Son yıllarda tarımsal üretimde önemli oranda artışın olmasına karşın, bitki koruma ilaçları tüketiminde azalan bir eğilimin olduğu bildirilmiştir. Bunda, bazı tarım ilaçlarının yasaklanmasının etkili olduğu görüşünün yanı sıra, birim alana daha az ilaç uygulanmasına rağmen kontrolü arttıran tank karışımlarının kullanımının yaygınlaşmasının da ilaç kullanımını azalttığı düşünülmektedir. Ülkemizde katkı maddelerinin gerek formülasyon sırasında gerekse tank karışımları olarak tüketimiyle ilgili bir kaydın olmamasının yanı sıra, bu tür karışımların üretimi ve satışını düzenleyen herhangi bir mevzuat da bulunmamaktadır. Farklı bölgelerde yapılan arazi çalışmalarında hem üreticilerin hem de ilaç bayilerinin beyanlarına göre yayıcı-yapıştırıcı tüketiminde artan bir talebin olduğu bildirilmiş, bununla ilgili yapılan uluslararası yayınlarda da bu tür ürünlerin hem mevcut kullanım seviyelerinde, hem de gelecek ile ilgili projeksiyonlarında artışın öngörüldüğü bildirilmektedir. Bu araştırmada ve daha önce yapılan çalışma kayıtlarında, Yüzey aktif madde özellikleri ile ön plana çıkan yayıcı-yapıştırıcılardan bazılarının, hazırlanan püskürtme sıvısının yüzey gerilimini ya düşürmediği veya çok az değiştirdiği bildirilmiştir. Bununla ilgili olarak arazi çalışmalarında bazı çiftçilerin

beyanına göre, kullanılan bu ürünlerin faydalı olmadığı görüşünü destekleyen bir sonuçta oluşmaktadır. Doğal akış içersinde tabiata yapılacak her uygulamanın olumsuz yönlerinin bulunacağı ve bundan kaçınılması gerektiği yaklaşımı ile birlikte, faydasız olduğu bildirilen bu ürünlerin kullanımının, hem üreticinin maliyetlerini oluşturan işletme ekonomisini olumsuz yönde etkileyeceği, hem de uluslararası piyasalarda rekabet koşullarında makroekonomi üzerinde olumsuz baskı oluşturacağı ve bunun önüne geçilmesi gerekti anlaşılmaktadır. Bu amaç için yayıcı-yapıştırıcılar arasından ilaç performansını geliştirmede en uygun olanının seçimi ile ilgili bir tercih yaklaşımı gereklidir. Bitki koruma ilaçlarının etkinliğini arttırmak amacıyla, taşıyıcı olarak kullanılacak püskürtme sıvılarının, uygulandığı yaprakların yüzey enerjilerine daha uygun yüzey gerilimleri üreten yayıcı-yapıştırıcıları kullanılması tercih edilmelidir. Tarımsal mücadelede ister değme etkili preparatlar olsun, ister sistemik tesirli olanları tercih edilsin veya başka bir öneri doğrultusunda tavsiye edilenlerin kullanımı istensin, bu tür ilaçların en fazla tercih edilen ilaç uygulama bölgeleri, bitkilerin yaprak yüzey alanlarıdır. Üretimi yapılan birçok tarımsal ürünün en önemli organlarının yapraklar olduğu bilinmektedir. Her bir yaprağın ise kendine has fiziksel ve kimyasal yapıları bulunmaktadır. Farklı yapılara sahip bu yaprakların, yüzeylerine uygulanan püskürtme sıvılarının davranışlarını, sahip oldukları özelliklere göre değiştirdiği bildirilmektedir (Knoche and Bukovac, 1993; Schönherr and Bukovac, 1972). Zisman metodunun hatalı sonuçlar vermesi (Hejda ve ark.2010), Fowkes metodunun ise üzerinde çalışılan materyalin uygulama sıvısıyla iyon, elektron, asit, baz, hidrojen etkileşimleri gibi bir çok bileşene göre sonuçlarının bulunma zorlukları içermesi ve diğer yöntemlerin ise yüksek enerjili ürünler için tavsiye edilebilir olması nedeniyle bu çalışmada, yapraklara ait yüzey enerjilerinin bulunmasında daha doğru sonuçlar veren pratik, anlamlı ve basit bir formülün kullanılması uygun görülmüştür.

3.2.3.1. DSA 10 Cihazı ile Yüzey Enerjisi Hesaplama- Zisman Yöntemi

DSA10 ile yüzey enerji hesaplamaları yapmak için yazılımın yüzey gerilim hesaplama (SE-) penceresi kullanılmıştır. Bunun için “File / Surface Energy

Calculation” menü seçeneği ile veya  ikonuna tıklanarak ekranda boş bir sayfa açılmıştır. Bu sayfa üzerindeyken farenin sağ tuşuyla Şekil 1.15. deki menüden “Add” seçeneği tercih edilerek verilerin girileceği diyalog penceresi açılmıştır.



Şekil 3.31.Yüzey Gerilim Hesaplama Penceresi

Elde edilen ölçümlere ait veriler Şekil 1.16. daki pencerede uygun yerlere girilerek SE penceresinden açılan hesaplama menüsünden metot türü olarak Zisman yöntemi seçilmiştir. Sonuçlar grafik gösterimi biçiminde sunulmuştur.

Şekil 3.32.Veri Giriş Penceresi

Damla Şekil Analiz 10 cihazı Zisman eğrisi olarak sıradan bir lineer grafiği oluşturur.

Bu çalışmada saf su ile birlikte, on adet farklı yayıcı-yapıştırıcının etiketlerinde önerilen konsantrasyonlarda hazırlanmış karışımlarından oluşturulan damlalar kullanılarak yaprak yüzeylerinin sahip oldukları yüzey enerjileri değerleri bulunmuştur. Yüzey enerjileri, yapraklara uygulanan sıvıların oluşturdukları temas açıları ile sıvı karışımlarına ait yüzey gerilimlerinin, giriş bölümünde anlatılan 1.17. eşitlikte yerlerine konulmasıyla elde edilmiştir.

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1(1 + \cos\theta)^2}{4} \quad (1.17.)$$

Bu araştırmada yaprak yüzeylerindeki damlacıkların türlere göre değişiminin, enerji açısından tespiti yapılmıştır. Etiketlerinde, kendisiyle hazırlanacak olan karışımın yüzey gerilim değerinin belirtilmesi ile birçok yayıcı-yapıştırıcı arasından tarımsal mücadelede yapılan bitki türünün yüzey enerjisinin bilinmesi halinde daha kolay seçme yapılacağı anlaşılmaktadır. Laboratuvar şartlarında, farklı özelliklere sahip bir seri sıvının yüzey gerilimleri ile bu sıvıların, yaprak yüzeylerinde oluşturdukları temas açılarına göre bulunan yüzey enerjileri değerleri, tarla uygulamalarında benzer sonuçlar elde etmek için bir öngörü sağlayacaktır. Ayrıca satışı yapılan çok sayıda yayıcı-yapıştırıcı arasından daha rahat seçme yaparak daha etkin sonuçlar elde edilecektir. Özellikle entansif tarım yapılan, konvansiyonel ürünlere ait yaprakların yüzey enerjileri bulunarak veriler indeks halinde yayınlanmalıdır ve yayıcı-yapıştırıcıların oluşturacakları yüzey gerilimleri etiketlerinde bulundurma zorunluluğu sağlanmalıdır. Böylece uygulayıcı, mücadelede ilaç etkinliğini geliştiren yayıcı-yapıştırıcının seçiminde daha kolay tercih yaparak hem işletme ekonomisi, hem de milli ekonomi kaynakları daha verimli kullanılmalıdır.

Tarımsal ilaçlamada kullanılan püskürtme sıvısının miktarını azaltarak iş başarısını arttıran yayıcı-yapıştırıcı katkı maddelerinin özellikle herbisit uygulamalarında tank karışımını iyileştiren yüzey aktif madde olarak kullanılması birçok tarımsal ilaç etiketinde tavsiye edilmektedir. Tank karışımı olarak farklı içerikli

yayıcı-yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Hepsinin tanıtıcı broşüründe uygulama sıvısının performansını geliştirmede yüksek etkiye sahip olduğu bilgisi bulunmaktadır. Ancak arazi çalışmalarında, tarımsal üreticilerle yapılan görüşmelerde yayıcı-yapıştırıcılarla ilgili birçok şikâyetin olduğu gözlenmiştir. Bu doğrultuda yapılan araştırmada yayıcı-yapıştırıcılar arasından hangisinin, yetiştirilen farklı bitkisel ürünlere karşı uygulanan püskürtme sıvısının etkisini arttırdığıyla ilgili gerek satış aşamasında gerekse literatürde yeteri derecede yönlendirici çalışmaya ulaşamamıştır. Üreticilerle yapılan görüşmelerde bazı çiftçilerin yayıcı-yapıştırıcı katkı maddelerinin ilaçlama performansını arttırdığını belirtmesine rağmen, diğer bir kısım çiftçiler ise bu tür katkı maddelerinin ilaçlama performansını arttırmadığı, aksine ilaçlama maliyetini olumsuz yönde etkilediğini bildirilmiştir.

Değişik yaprak yüzeylerine uygulanan bir sıvının bu yüzeylerde oluşturdukları temas açıları ve yayılma seviyelerinin farklı olduğu bilinmektedir. Bu her bir yaprağın kimyasal yapısındaki moleküler bünyenin üretmiş olduğu farklı yüzey enerjilerinden kaynaklanmaktadır. Pazarda farklı etken maddeye sahip çok sayıda yayıcı-yapıştırıcı bulunmakta olup, bu katkı maddelerin üretildikleri etkili maddeden dolayı toksik etkisinin olmadığı kabul edilmektedir. Dolayısıyla tarım ilacı kategorisinde değerlendirilmediklerinden dünyada birkaç ülke dışında, ülkemizin de dâhil olduğu diğer devletlerde gerek üretimi gerekse tüketimiyle ilgili bir mevzuat bulunmamakta ve kayıt altına alınmamaktadır. Kullanımı tamamen tarım ilacı satan bayinin ikna kabiliyetine bağlı olmaktadır.

Etkili bir mücadele için ilaçlamaya başlamadan önce püskürtme sıvısıyla yaprak yüzeyi arasındaki ilişkinin bilinmesi gereklidir. Böylece birçok yayıcı-yapıştırıcı içerisinden hangisinin püskürtme sıvısının uygulama yüzeyindeki performansını arttıracaklarını öngörmek mümkün olabilecektir. Yaprak yüzeylerinde oluşacak damla davranışları üzerinde yaprak yüzey enerjileri önemli bir etkiye sahiptir (Fowkes, 1964-1968-1972; Grifalco ve Good, 1957; Ownes ve Wendt, 1969; Wu, 1971; Fox ve Zisman, 1952; Rulison, 2000). Yüzey enerji değerleri doğrudan ölçülebilen bir büyüklük değildir. Tarımsal alanda farklı yaprak yüzeylerine ait enerji seviyelerini belirlemede yaygın olarak Zisman metodu kullanılmış ve literatür kayıtları

buna göre oluşturulmuştur. Bu çalışmada Zisman yönteminin yanı sıra daha basit ve kullanışlı bir yaklaşım olan, bir sıvının sadece yapışan kuvvetlerinin yüzey ile etkileşiminde kullanılan “Fowkes Yöntemi” ile uyumlu bir eşitlik kullanılmış ve her iki yöntem sonuçları kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu eşitliğin daha iyi anlaşılması için bazı kavramlar giriş bölümünde 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, ve 1.3.4 alt başlıklarıyla verilmiştir.

3.2.4. Tek Meme Püskürtme Deseni ve Püskürtme Açısının Belirlenmesi

3.2.4.1. Meme Püskürtme Deseninin Belirlenmesi

Denemelerde kullanılan yayıcı-yapıştırıcıların tek bir memenin püskürtme paterni (deseni) üzerine olan etkisini ölçmede daha önce bahsedilen Şekil 3.12 de gösterilen, Çukurova Üniversitesi Pülverizasyon Laboratuvarında bulunan yatay dağılımı ölçen bir paternatör kullanılmıştır. Araştırmalarda gerekli olan 3 bar püskürtme basıncı sağlamak üzere öncelikle kompresör çalıştırılarak kompresör basıncı 7-10 bar’ a çıkartılmıştır. Mevcut yayıcı ve yapıştırıcılar etiket değerinde $1,026 \text{ kg/m}^3$ yoğunluğundaki, 1,015 cSt viskoziteye sahip suyla karıştırılmıştır. Bunun için her bir karışım sırasıyla bir hava basınçlı tanka (Premix tankı) doldurularak ölçümler yapılmış ve her bir denemeden sonra tank boşaltılarak daha düzgün bir ölçüm için suyla iyice temizlenmiştir. Karışımların oluşturulması için tank suyla doldurularak üzerine etiket dozunda yayıcı-yapıştırıcılar ilave edilmiş, karışım hazırlandıktan sonra kompresör tarafından üretilen havanın basma bağlantı hortumları yerlerine takılmıştır. Kontrol panosundaki regülatör ayar düğmesi yardımıyla işletme basıncı tüm uygulamalarda 3 bar olacak şekilde ayarlanmıştır. Hava basıncının işletme seviyesinde ayarlanmasından sonra, tanktaki su ve yayıcı yapıştırıcı karışımlarının basınçlı havanın etkisiyle sistemde ilerlemesiyle kumanda panosu üzerindeki manometreden 3 bar basınç oluşana kadar memeden karışım püskürtülmüştür. Sistemin basıncı 3 bar seviyesine çıktıktan sonra kronometre çalıştırılarak paternatörün ana panelin ön kısmında bulunan akış yönünü değiştiren kontrol paneli kol yarımıyla döndürülerek sıvıların dereceli mezürlere dolması sağlanmıştır. Kontrol panelinin önünde her bir

oluktan akan sıvının dolacağı sayıda mezür bulunmaktadır. Mezürlerin temsil edilmesinde, meme ile aynı hizada bulunan oluğa karşılık gelen sıra referans alınarak diğer mezürler sağa ve sola doğru numaralandırılmıştır. Buna göre referans mezür için 0 sayısından başlamak üzere sağa doğru mezürler pozitif sayılar şeklinde sıralanırken, sol taraftaki mezürlere karşılık negatif sayılar ile temsil edilmek üzere numaralandırılarak bu duruma göre tablo oluşturulmuştur (Şekil 3.12). Araştırmalarda her bir karışım üç tekrarlı olacak şekilde 60 saniye süreyle püskürtülerek mezürlere dolumu sağlanmıştır. Süre sonunda kol yardımıyla kontrol paneli ters çevrilerek mezürlere olan akış kesilmiştir. Ölçme mezürlerinde biriken sıvı mezür üzerindeki ölçeğe göre okunarak elde edilen veriler tablolara kaydedilmiştir. Sağlıklı veriler elde edebilmek için paternatör yüzeyinden ölçümü yapılacak olan sıvının bir süre akıtıldıktan sonra ölçümlerine geçilmiştir. Ayrıca, ölçümü yapılacak olan karışımın bir önceki karışımın kalıntısından etkilenmesini önlemek için bütün mezürler her ölçüm sonunda temiz suyla yıkanarak düzgün bir okuma sağlanmıştır.

3.2.4.2. Püskürtme Açısının Belirlenmesi

Yayıcı-yapıştırıcılarla hazırlanmış karışımların püskürtme açısı üzerindeki etkilerini belirlemek için Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü Pülverizasyon Laboratuvarında bulunan Tek Meme Test cihazı kullanılmıştır. Yayıcı ve yapıştırıcılar, cihaza ait tankta ortalama 17°C su ile etiket konsantrasyonlarında karıştırılarak kullanıma hazırlanmıştır. Cihaza Gündüzler 112 model meme takılarak paternatörden 500 mm yükseklikte olacak şekilde ayarlanmıştır. Yayıcı-yapıştırıcıların pülverizasyon açısı üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü Laboratuvarında bulunan Şekil 3.31 ve Şekil 3.32 de gösterilen Tek Meme Test cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.33. Tek Meme Test Cihazına Ait Bir Görüntü

Denemelerde $1,052 \text{ kg/m}^3$ yoğunluğundaki, $1,024 \text{ cSt}$ viskoziteli su 50 litrelik pülverizasyon tankına doldurulmuştur. Denemeye alınan yayıcı-yapıştırıcılar önerilen konsantrasyonlarda suyla seyreltilerek püskürtücü tankına doldurulmuştur.. Tek Meme Test cihazı otomatik olarak çalıştığı için gerekli olan veriler kontrol panosundaki bilgisayarda yüklü yazılım ara yüzü aracılığıyla girilmiştir. Bunun için yayıcı-yapıştırıcı isimleri, sistem kullanıcısı gibi bilgilerin yanında işletme basıncı 3 bar, memenin paternatörden yüksekliği 500 mm, debi 845 mL.min^{-1} olarak girilmiştir. Daha sonra sistem çalıştırılarak her bir karışım paternatör yüzeyine püskürtülmüştür. Püskürtme açısıyla orantılı olarak, oluklarda paternatörün sahip olduğu eğim yönünde sıvı akışı oluşarak ön kısımda dizili sıralı mezürlere dolmuştur. Mezürler, belirli bir ağırlığa ulaştığında sistemi durdurarak püskürtmeyi kesmiştir. Yazılım aracılığıyla elde edilen veriler kaydedilerek gerekli değerlendirilmeler yapılmıştır. Test cihazında sıvının ulaştığı mezür sayısı paternatör oluk genişliği ile çarpılarak toplam ıslatma genişliği bulunmuştur. Islatma genişliğinin yarı uzunluğu, meme yüksekliğine

bölünerek püskürtme açısının tanjantı bulunmuş ve bu açının tanjat⁻¹ i alınarak iki katı olan püskürtme açısı hesaplanmıştır.

Şekil 3.34. Tek Meme Test Cihazı Yazılım Ara Yüzü



3.2.5. Köpük Ölçümü

Yayıcı-yapıştırıcıların çalışma koşullarında üreteceği köpük miktarının, püskürtme sistemine yapacağı olumsuz etkilerinin tespiti için her bir yayıcı-yapıştırıcı etiket değerlerinde suyla karıştırılarak köpük ölçümleri için hazırlanmıştır. Yayıcı-yapıştırıcılar önerilen konsantrasyonda hazırlandıktan sonra sırasıyla mezüre 100 ml olarak dökülmüştür. Şekil 3.14 te verilen sisteme bağlı mini hobby drill matkap 540 rev.min⁻¹ ve 1000 rev.min⁻¹ hız kademeleri esas olmak üzere 5000 ve 8000 rev.min⁻¹ hızlarına kadar farklı devirlerde 60 saniye süreyle çalıştırılarak köpük oluşumu sağlanmıştır. Her karışımındaki köpük miktarı 500 ml mezür içerisinde doldurulan 100 ml sıvının karıştırılmasından sonra toplam hacimden sıvı hacminin çıkarılmasıyla elde edilmiştir. Köpük önleyici katkı maddelerinin çoğu organoslikon bileşikleridir. Slikon

bileşikleri hava kabarcıklarının yüzey gerilimini düşürerek kabarcıkların yüzeyde hızla ve kolayca kırılmasını sağlar; ancak fazla miktarlarda kullanılması halinde ters etki yaparlar (Beşergil, 2009).

3.2.6. Viskozite Ölçümü

3.2.6.1. Engler Viskozimetresi

Bir akışkanın viskozitesi doğrudan doğruya ölçülemez fakat viskozitenin değeri doğrudan ölçülebilen büyüklüklerin yardımı ile bir eşitlikten hesaplanabilir. Yayıcı-yapıştırıcıların viskozite değerleri yapışkanlığın bir ölçütü olarak değerlendirildiğinden çalışmada ele alınan örneklerin viskoziteleri ölçülmüştür. Endüstride en çok kullanılan viskozimetreden biri de Engler viskozimetresidir. Engler viskozimetresi ile ölçümde önce engler derecesi (E) belirlenir. Engler derecesi, 200 cc akışkanın 20 °C de akma süresinin, 200 cc suyun akma süresine bölümü ile bulunur (Eşitlik 3.1.).

$$E = \frac{t}{t_0} \quad (3.1.)$$

Burada;

E= Engler derecesi,

t= akışkanın 20 °C deki akma süresi ve

t₀= suyun 20 °C 'deki akma süresidir.

Engler derecesi bulunduktan sonra Eşitlik 3.2’de yerine yazılarak viskozitesi ölçülecek sıvının kinematik viskozitesi m² /s olarak bulunur.

$$v = \left(7,32 E - \frac{6,31}{E} \right) \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad (3.2.)$$

Burada;

ϑ : Kinematik viskozite (m^2/s) dir

E: Engler derecesi (51,6 s) dir.

Bu çalışmada viskozite ölçümü için öncelikle 200 ml saf su pet şişeye doldurularak, suyun 51,6 saniyede akmasını sağlayacak şekilde viskozimetrenin kalibresi yapılmıştır. Sıvıların sıcaklığı bir termometre vasıtası ile devamlı olarak kontrol edilerek ölçümlerin 20 °C sıcaklıkta yapılması sağlanmıştır. Kullanılan yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının sıcaklığı normal deney şartları sıcaklığını bulduğu zaman hazırlanan karışımlar pet şişeye doldurularak akışın kontrollü bir şekilde sağlanması için kapaktaki delik kapatılarak şişe ters çevrilmiştir. Kronometre hazır hale getirildikten sonra aynı anda delikten sıvının akması ile kronometre çalıştırılarak karışımların akma süreleri kaydedilmiş ve sıvı küçük çaplı kanaldan (orifisden) geçerek alttaki kapta toplanmıştır. Her bir işlem için pet şişe suyla iyice temizlendikten sonra kullanıma hazır hale getirilmiştir. Ölçümler beş tekrarlı olarak yapılarak elde edilen sonuçlar kaydedilmiştir.

3.2.7. Bilgisayar Kontrollü Damlacık Büyüklüğü Ölçüm Sistemi

Lazerle damla çapının ölçümünde Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü Laboratuvarında bulunan Şekil 3.33. deki Malvern Spraytec Lazer cihazı kullanılmıştır. Lazerle ölçüm yapmak için 100 litre depo kapasiteli bir püskürtme ünitesinden yararlanılmıştır. Her bir uygulama için önce deponun alt kısmında bulunan boşaltma tapası yerinden sökülerek deponun tamamen boşalması sağlanmış ve her seferinde depo temiz suyla yıkanmıştır. Ölçüm için pülverizatör deposu 1,052 kg/m³ yoğunluğundaki 1,024 cSt viskoziteli suyla 50 litre seviyesinde doldurularak yayıcı-yapıştırıcılar sırasıyla etiket değerleri oranlarında suya ilave edilerek iyice karıştırılmıştır.

Araştırmada kullanılan her bir yayıcı-yapıştırıcının standart bir meme tarafından üretilen damla ölçülerini nasıl etkilediğini belirlemek için, her bir ürüne ait karışım 3 bar basınçta Gündüzler marka G112 içi boş konik hüzmeli meme ile 50 cm yüksekliğinde püskürtülmüştür. Her bir ölçüm için 120 saniyelik püskürtme dilimi içinde ölçümler yapılmıştır. Lazer yöntemi ile yapılan ölçümlerde damla çapı karşılaştırma parametreleri olarak $D_{v0.1}$, $D_{v0.9}$ ve $D_{v0.5}$ hacimsel çaplar ölçülmüş ve bu çap değerlerinden yararlanarak Eşitlik 3.3 aracılığı ile damla homojenlik göstergesi olan R bağıl aralık katsayısı hesaplanmıştır.

$$R = \frac{D_{v0.9} - D_{v0.1}}{D_{v0.5}} \quad (3.3)$$

Burada;

$D_{v0.1}$ = püskürtme hacminin % 10'luk bölümünü temsil eden çap orta değeri (μm).

$D_{v0.9}$ = püskürtme hacminin % 90'luk bölümünü temsil eden çap orta değeri (μm).

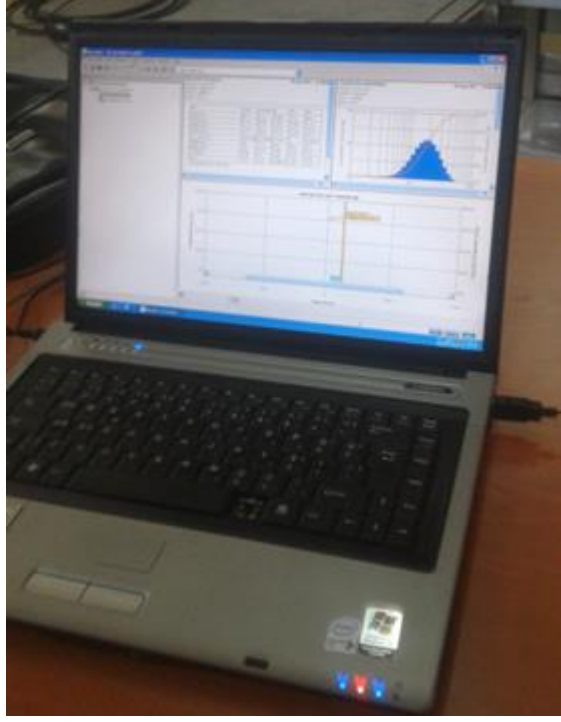
$D_{v0.5}$ = hacimsel orta çap (VMD) olarak ve püskürtme hacminin % 50'sidir (μm).

R değerinin 1'e yakın olması üretilen damlaların daha homojen olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmiştir (Sasaki 2013).



Şekil 3.35. Malvern Spraytec Cihazının Çalışması

Ayrıca her bir yayıcı-yapıştırıcının damla sürüklenme potansiyeli açısından karşılaştırılabilmesi için püskürtme hacmi içerisinde $Dv0.5 < 100 \mu m$ ve $Dv0.5 < 50 \mu m$ (buharlaşma potansiyeli) den küçük damlaların yüzde olarak oranı saptanmıştır. $Dv0.5 < 100 \mu m$ damla sürüklenme potansiyeli göstergesi, $Dv0.5 < 50 \mu m$ buharlaşma potansiyeli göstergesi olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.36. Spraytec Cihazına Ait Programın Bir Görüntüsü

3.2.7.1. İlaç Uygulamalarında Karakteristik Damla Çapları ve Ölçme Yöntemleri

Pülverizasyonu oluşturan damlalar, çaplarına göre geniş bir dağılım spektrumu gösterirler. Bu damla kümesine bir anma ismi verilebilmesi ilaçlama tekniği açısından önemlidir. Pülverizasyon kalitesinin değerlendirilebilmesi için ortalama çaplar ($D_{v0.1}$, $D_{v0.5}$, $D_{v0.9}$) ve homojenlik katsayıları kullanılmaktadır (Bayat, 1999a). Meme tiplerine ait damla karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılan bu ortalama damla çaplarından $D_{v0.5}$ hacimsel orta çap (VMD) olarak ve püskürtme hacminin % 50'sini, $D_{v0.1}$ püskürtme hacminin % 10'luk bölümünü ve $D_{v0.9}$ ise püskürtme hacminin % 90'luk bölümünü temsil eden çap değerlerini oluşturmaktadır (Zeren ve Bayat 1999). Diğer bir ifadeyle $D_{v0.1}$; püskürtülen sıvı hacmi veya kütlesinin % 10 'nun bu çaptan daha küçük ya da bu çapa eşit damlalardan oluştuğunu ifade eder. Örneğin: $D_{v0.1}=100$ mikron olduğunda püskürtülen sıvı hacminin %10'nun 100 mikron, ya da daha küçük damlalardan oluştuğu, hacmin % 90 'nın ise 100 mikrondan daha büyük damlalardan

oluştugu anlaşılmalıdır. $Dv_{0.9}$; püskürtülen sıvı hacmi veya kütlesinin %90 'nın bu çaptan daha küçük ya da bu çapa eşit damlalardan oluştuğunu ifade eder. Örneğin: $Dv_{0.9}=500$ mikron olduğunda püskürtülen sıvı hacminin %90'nın 500 mikron ya da daha küçük damlalardan oluştuğu, püskürtülen hacmin sadece %10 'nun ise 500 mikrondan daha büyük damlalardan oluştuğu anlaşılmalıdır (Bayat, 2011).

Bitki koruma amacıyla kullanılan pülverizasyonlar genellikle pülverizasyonu oluşturan damla spektrumunun ortalama çap değerine göre anılırlar.

3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada elde edilen bütün gözlem sonuçları SPSS istatistik programı 15. versiyonuyla yürütülmüş ve yapılan bütün analizler tesadüf parselleri deneme planına göre tasarlanmıştır. Elde edilen sonuçların karşılaştırılmasında analizi yapılacak parametrelerin normal dağılımının tespiti için Kolmogorov-Smirnov testi uygulanarak verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Daha sonra verilerin homojenlik testleri yapılarak tek yönlü varyans analizleri (ANOVA) arasından hassasiyeti açısından tercih edilen Duncan karşılaştırma testine göre analizler % 95 güven aralığı için yürütülmüştür.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Araştırmada Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcı Karışımlarına Ait Yüzey Gerilimleri

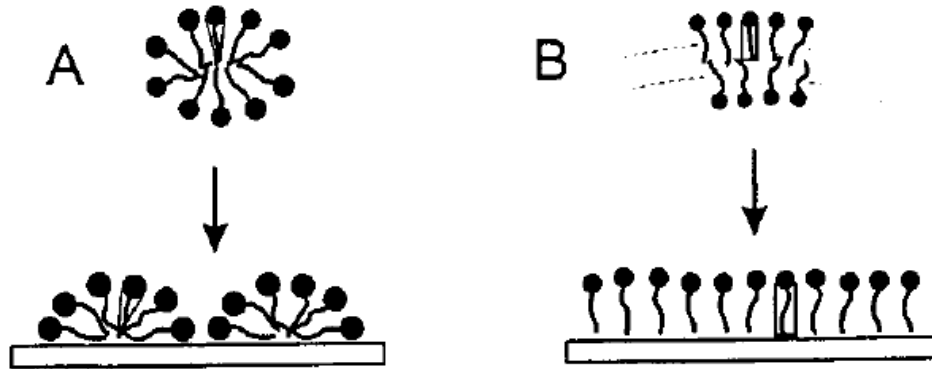
Araştırmada kullanılan yayıcı-yapıştırıcıların, üretici firma önerileri doğrultusundaki su ile karışımlarından elde edilen yüzey gerilim değerleri, yüzey gerilim değişimleri ve bunların istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere yayıcı-yapıştırıcıların yüzey gerilimlerinin birbirlerine çok yakın değerlere sahip olduğu ve çok az bir değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bunların arasından en büyük yüzey gerilimine C yayıcı-yapıştırıcısı sahipken en düşük yüzey gerilimini ise E katı maddesi oluşturmuştur. Ancak katkı maddelerinin, ambalajları üzerindeki etiketlerinde belirtilen önerilere göre saf su ile seyreltilerek hazırlanmış solüsyonlarının, birçoğunun yüzey gerilim değerlerini yükselttiği görülmüştür. Karışım oluşturmada önce birbirine yakın yüzey gerilimine sahip örneklerin, suyla seyreltilmesi durumunda oluşan yüzey gerilimleri arasında büyük farklılıkların olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1). Daha dikkatli bir gözlem yapıldığında, H ve C yayıcı-yapıştırıcılarına ait yüzey gerilim değerlerinin, saf suya ait yüzey gerilim değeri seviyesinde oldukları görülmüştür (Şekil 4.1). Diğer bir ifadeyle bu iki yayıcı- yapıştırıcının oluşturulan karışımların yüzey gerilim değerlerini düşürmediği, yani taşıyıcı olarak kullanılan suyun fiziki özellikleri üzerinde etkili olmadıkları, ayrıca damla oluşumu üzerinde etkili olan unsurları da değiştirmedikleri anlaşılmaktadır. Bu etkisizliğin başlıca nedeni olarak H, C ve B ürünlerinin Selüloz türevi özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir. Camacho ve ark. (2001) ve Temeldaş (2007), yapmış oldukları çalışmada etkili maddesi bu içeriğe sahip formülasyonlar için benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Selüloz türevlerinin, killer ve doğal zamların farmasötik teknolojisinde viskoziteyi artırmak ve çökmeyi yavaşlatmak amacıyla süspansiyon ajanları olarak kullanıldığı bildirilmektedir (Acartürk, 2009). Ayrıca endüstride bu ürünlerden kıvamlaştırıcı ve kıvam koruyucu

olarak yararlanıldığı belirtilmektedir (Canlı, 2012). Aynı zamanda bu karışımların uygulandığı yüzeylerde tutunma, temas açısı gibi damla karakterleri üzerinde de uygulama sıvısının kapasitesini geliştirmedikleri tespit edilmiştir. Karışım halinde en düşük yüzey gerilimi, G katkı maddesi tarafından, sahip olduğu yüzey geriliminin % 21,43 oranında azaltmasıyla elde edilmiş, ikinci sıradaki yüzey gerilimini F yayıcı-yapıştırıcısı, bünyesindeki yüzey gerilimini %11,65 azaltarak oluşturmuştur. Bu iki katkı maddesinin karışım halinde ürettikleri yüzey gerilim değerlerinin, kendilerinin sahip oldukları yüzey gerilim değerlerinin altında oldukları gözlenmiş ve Çizelge 4.1’ de negatif değerler olarak verilmiştir. Her iki katkı maddesinin içeriklerinin organoslikon kökenli olduğu görülmektedir. G, Polyalkaleneoxide - heptamethyl Trisiloxane + Allyloxypolyethyleneglycol etkili maddesi ile üretilmişken, F yayıcı-yapıştırıcısı, Trisiloxane Alkoxylates içeriğiyle G’den ayrılmaktadır. Trisiloxane Alkoxylates tank karışımları içersinde süper yayıcılar grubunda değerlendirilmediği gibi, yayıcılar grubunda da yer almamaktadır (Anonymous, 2015a). Daha ziyade penetrasyon sağlayıcı olarak kabul edilen bu grup, organoslikon olarak değerlendirilmesine rağmen konvansiyonel katkı maddeleri özellikleri taşımaktadır. Bu araştırmada da Trisiloxane bileşimli diğer yayıcı-yapıştırıcıdan daha büyük yüzey gerilimi oluşturmuş, farklı yaprak yüzeylerinde daha büyük damla değme açıları oluşturarak diğer parametreler açısından da beklenenin üstünde sonuçları oluşturmuştur. Aralarında % 100 konsantrasyon farklılığına rağmen, düşük konsantrasyon ile hazırlanan G karışımının, F katkı maddesi ile hazırlanmış karışımdan daha düşük yüzey gerilimi oluşturduğu gözlenmiştir.

Sıvı yüzey gerilimlerinin birbirlerine çok yakın olan trisiloxsan karışımlarının, yüzey enerjisi sabit olan katılar üzerinde farklı boyutlarda yayıldığı görülmektedir. Aynı yüzey gerilimindeki trisiloxsan karışımlarının, oluşturdukları farklı yayılma alanlarının nedenleri üzerine yapılan araştırmalarda (Venzmer ve Wilkowski, 2006), yüzey gerilimleri birbirlerine çok yakın olan trisiloxsan bileşenli sıvıların, aynı katı yüzeylerde farklı yayılma alanlarının oluşmasına, Young eşitliğine göre ara yüzey geriliminin sebep olduğunu ileri sürmüştür. Ara yüzey gerilimi doğrudan ölçülememektedir. Bunun için yüzeylerde oluşan damlaların değme açılarından

yaralanılmaktadır. Ancak bu sistemlerde tüm trisiloxane katkı maddeleri çok düşük değme açıları oluşturmakta ve aralarında ayırım yapmak için bir yöntem sunmamaktadırlar. Bu nedenle daha önceden açıklanmış moleküler yapı oluşumuna göre, çözelti içindeki yüzey gerilim düşürücülerin agregasyonunu öngören basit fakat etkili bir kavram dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Bu modelde, molekülün hidrofobik ve hidrofilik kısımlarının oranı olan P katsayısına göre yüzey aktif madde moleküllerinin oluşan şekline göre tespitler yapılır (Israelachvili ve ark.1976). Buna göre hidrofilik baş kısım hidrofobik bölümden büyük ise ($P < 1$) yüzey aktif madde, moleküllerin küresel veya silindirik şekilde büzülmesini sağlar. Eğer hidrofilik baş kısım hidrofobik bölüme eşit ise ($P \approx 1$) bu moleküllerin kendiliğinden oluşan ortalama eğimi sıfır olur ve yüzey aktif madde iki tabakalı düz bir şekil oluşumu ile sonuçlanır (Mitchell et al.1983). Yüzey gerilim düşürücülerin oluşan silindirik veya küresel miselleri hidrofobik bir yüzeye tutunduğu zaman, yüzeye yarılanarak yayılır. Bu düzenleme hidrofobik yüzey ile temas halinde olan hidrofilik baş kısmının idealden daha düşük ara yüzey gerilimi için zorlar (Şekil 4.1.A). Ters durumda P katsayısı 1'e eşit olduğunda kavisli bir agregat yapısı oluşmaz. Bunun yerine alt tabaka yüzeyine düzgün bir yayılmanın olduğu gözlenir. Bu durumda yüzey gerilim düşürücülerinin hidrofobik kısımları katı yüzeyle temas halinde olur (Şekil 4.1.B). Bu nedenle, bu ara yüzeyde oluşan yüzey gerilimin, misel oluşturucu yüzey aktif maddeler ile daha düşük olması beklenebilir.



Şekil 4.1. Hava / Su Ara yüzü İle Yüzey Gerilim Düşürücü Etkileşimi

A. Misel Şeklindeki Yüzey aktif madde
Yapılı Yüzey aktif madde

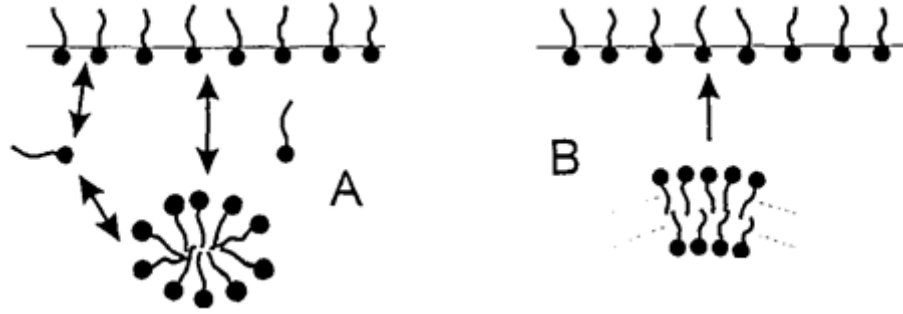
B. Çift Katmanlı Düz

Hidrofilik bir yüzeyde ise misellerin hidrofilik baş kısımları daha fazla olduğundan yüzeye tutunarak ara yüzey geriliminin ideale yakın seviyede gerçekleşmesini sağlar. HLB değerinin yüksek olmasının tersi durum için değişik yüzeylerde daha büyük sonuçlar oluşturacak ara yüzey gerilimlerinin oluşumunu teşvik ettiğini bu araştırma sonuçları da desteklemektedir.

Yayılma mekanizmasının, yayılma kinetiğinin kendisini yansıtacağı beklenebilir. Bu nedenle, yayılma işleminin ilk 10 saniyesi sırasında yayılma hızı, konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak takip edilmiştir. Tüm süper yayıcılarla aynı ilgi çekici kinetik bağımlılık gözlenmiştir. İlk olarak, düşük konsantrasyonlarda, yayılma hızı yüzey gerilim düşürücülerinin konsantrasyonu ile orantılıdır. Ancak belli bir sınırın üzerinde (% 0.1 w /w), hız sabit hale gelir. Bu kinetik davranış, sadece iki hız belirleme süreçlerin varlığı ile açıklanabilir. İlk olarak, düşük konsantrasyonlarda, yayılma hızı, agregat konsantrasyonu ile orantılı olan, yüzeye aktif madde agregalarını taşıma araçları ile sınırlıdır. Belirli bir sınırın üzerinde, yüzey üzerindeki aktif madde miktarı belirleyici değildir. Bu noktada, çift katmanlı düz yapılı yüzey aktif madde agregalarının tek katmanlı yapıya dönüşümü yayılma hızını sınırlar. Kinetik veriler ile ilgili bu yorum, konsantrasyonun bir fonksiyonu olarak statik ve dinamik yüzey gerilim karşılaştırılması ile doğrulanabilmektedir.

Hava ve su ara yüzeyinde oluşan misel ve çift katmanlı düz yapılı yüzey gerilim düşürücülerin davranışları arasında temel olarak iki önemli fark vardır. Miseller içeren bir sistemde, bir yüzey aktif madde çözelti içindeki tekli moleküller ile hava / su ara yüzeyinde oluşan yüzey gerilim düşürücülerinin tek katmanlı arasında dengede bulunmakta ve termodinamik olarak kararlı agregalar oluşturmaktadır (Şekil 4.2.A). Vezikül gibi çift katmanlı olması durumunda, bu agregalar termodinamik olarak kararlı değildir (Şekil 4.2.B). Vezikül şeklindeki Yüzey aktif madde yüzey ile temas ettiğinde, vezikül aniden patlar ve yüzeyde büyük miktarda Yüzey aktif madde birikir. Bu sistemde yüzey gerilim düşürücüler daha hidrofobik ve daha az çözünür olduğu için, hava / su ara yüzeyinde konsantre edilir. Bu nedenle, yüzey gerilim düşürücülerini

molekülleri yüksek konsantrasyon ile ara yüzeylerde yayılmayı sağlayan bir sistem oluşturur. Buna göre süper yayıcılar için iki temel gereksinim vardır sonucu oluşur.



Şekil 4.2. Hava / Su Ara yüzü İle Yüzey Gerilim Düşürücü Etkileşimi
A. Misel Şeklindeki Yüzey aktif madde B. Çift Katmanlı Yüzey aktif madde

1. Hidrofob olan bir siloxan için düşük yüzey gerilimine gerek vardır.
2. Yüzey gerilim düşürücülerinin iki katmanlı agrega oluşumunu sağlaması için hidrofobik ve hidrofilik kısımlarının eşit olması istenir $P=1$. Bu ara yüzey geriliminin düşmesine ve yayılma kinetiğinin artmasına yol açar.

Katı yüzeylerle Yüzey aktif maddeler arasındaki etkileşim, atomik kuvvet mikroskobu yardımıyla açıklığa kavuşturulmuştur (Manne and Gaub 1995). Çeşitli konsantrasyonlardaki trisiloxan çözeltilerinin yayılma performansları değerlendirildiğinde ilginç sonuçlarla karşılaşılmıştır. % 0.5 veya % 1 (w/w) oranında hazırlanan trisiloxan karışımları, % 0.1 (w/w) konsantrasyonunda hazırlanan karışıma göre % 52 bağıl nemde daha az bir alana yayılmıştır. İlkönce yayılma alanı, artan konsantrasyon ile artarken % 0,1 (w/w) < oranından sonra tekrar azalmaya başlamıştır. Anca % 100 bağıl nemde konsantrasyonun artmasıyla yayılma alanında da artış gözlenmiştir. Burada yayılma işleminde, yüzey gerilim düşürücüsü, taşınan damlacığı, her bir ara yüzeyde, tek bir tabaka oluşturarak suyu ince bir film haline dönüştürür (hava/su ve katı/su). Düşük bağıl nem koşullarında oluşan yayılma alanındaki azalma durumu, yayılma kinetiğinin gözlemlenerek açıklanabilir. Farklı konsantrasyonlar için zamanın bir fonksiyonu olarak yayılma alanına bakıldığında, % 0.1 (w/w) in

üzerindeki konsantrasyonlarda, yayılma işleminin başlangıcındaki yayılma hızının, yüzey gerilim düşürücü konsantrasyonundan bağımsız olduğu belirlenmiştir. Ancak 10-20 saniye sonra (konsantrasyona bağlı olarak) yayılma işlemi aniden durmuştur. Bu noktada, analitik terazi üzerinde yapılan bir yayılma deneyinde, % 10 suyun buharlaştığı belirlenmiştir. Bu da yayılmanın olması için yeteri miktarda suyun bulunduğu anlamına gelir. Buna göre yayılmanın durmasının sebebinin evaporasyon olmadığı, belki ikincil bir etken olduğu söylenebilir. Bu durum, yüzeyde dağılan katmanlı bir fazı oluşturur ya da damla yayılmasının önünü alan yüksek viskozite oluşumunu sağlar. Bu yorum, örneğin trisiloksan türevi benzeri (asetil son grubu ile birlikte) gibi daha da geniş katmanlı faza sahip yüzey aktif maddelerle birlikte çok ifade edilen bağıl nemin etkisinin gözlemlenmesiyle desteklenmektedir (Venzmer ve Wilkowski, 2006).

Araştırılan ürünlerden olan İ ürününün, alcoholethoxylate ve alkylphenol ethoxylate bileşiminden yapıldığı ürün etiket bildirisinden anlaşılmaktadır. Alcohol ethoxylate ve alkylphenol ethoxylate'ın uzun yıllardır birçok sektör yanında temizlik endüstrisinde yüzey gerilim düşürücüler arasında iyi bir temizleyici olarak kullanıldıkları bildirilmiştir. Ancak bazı alkylphenol ethoxylate'ların balıklar, kuşlar ve memelilere toksik oldukları, bunun için alternatif yüzey gerilim düşürücülerin kullanılması ayrıca önerilmektedir (Hoffman, 2004).

Genel olarak Çizelge 4.1 değerlendirildiğinde, noniyonik yayıcı-yapıştırıcıların, anyonik yayıcı-yapıştırıcılarından daha yüksek yüzey gerilim oluşturdukları gözlenmiştir. Anyonik katkı maddeleri içersinde Fatty asit ve polialkol bileşim maddesine sahip A ürünü, oluşturulan karışımın yüzey gerilimini en fazla düşürdüğü belirlenmiştir. Biyolojik yüzey aktif maddelar içersinde değerlendirilen yağ asitlerinin suyun yüzey gerilimini 72 mN/m' den 27 mN/m' ye kadar düşürdükleri bildirilmektedir (Kural ve Gürsoy, 2011). Biscay ve ark.(2011), yapmış oldukları araştırmada su ve alkol karışımlarının yüzey gerilimlerinin farklı konsantrasyonlarda ve farklı ölçme metotlarına göre 20 mN/m civarında oluştuğunu bildirmişlerdir. Anyonik katkı maddeleri içersinde 49,24 mN/m ile ikinci sırada düşük yüzey gerilimine sahip E yayıcı-yapıştırıcısı, sodyum dikotil sülfosüksinat bileşiminden

oluşturmuştur. Sodyum dikotil sülfosüksinat etikili maddeli yüzey gerilim düşürücülerin kitin eritme özelliğinden dolayı zararlı böceklerin üzerindeki koruyucu tabakayı eritip inceltmesi ve tarım ilaçlarının kolayca çalışmasına olanak sağlaması gibi avantajları ile kırmızı örümcek, kabuklu bit, nematot gibi mücadelesi zor olan böceklerle kullanılması önerilmektedir. Sodyum dikotil sülfosüksinat etkili madde taşıyan farklı ticari markalı yayıcı-yapıştırıcılarla yapılan çalışmalarda konsantrasyonu %2 ve üzeri karışımların yüzey gerilim değerlerinin 27 mN/m ye kadar düşük ölçüldüğü bildirilmektedir (Anonymous, 2013). Bu çalışmada E yayıcı-yapıştırıcısının etiketinde belirtilen 0,5 mL.L⁻¹ dozuna göre karışım hazırlanarak yüzey gerilimi ölçülmüştür. Diğer araştırmalara göre dozajın düşük tutulması yüzey gerilimin daha büyük değerlikte çıkmasına sebep olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.1’de verilen B, C ve H yayıcı-yapıştırıcıların etiketlerinde carboxymethylcelluse ve sodiumcarboxilmetylcelulos bileşenlerinden oluştukları bildirilmiştir. Selüloz türevi bu katkı maddeleri ile sırasıyla 0,3, 0,5 ve 1 mL.L⁻¹ oranlarında hazırlanan karışımların artan konsantrasyona bağlı olarak yüzey gerilimlerinde azalma yerine artış olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç, selülozik katkı maddelerinin endüstride viskoziteyi ve kıvamı arttırıcı olarak kullanıldığı bilgisiyle uyusmaktadır.

Devam eden ölçümlerde yayıcı-yapıştırıcıların karışım sonrasında ürettikleri yüzey gerilimlerinin, sahip oldukları yüzey gerilimlerine göre değişimleri oransal olarak incelenmiş, sonuçlar Çizelge 4.1. de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, en az değişimi A katkı maddesi % 9,10 artışla sağlamış, en fazla değişimi ise % 66,63 oranıyla H yayıcı-yapıştırıcısı oluşturmuştur. Diğer katkı maddeleri ise bu iki sonuç arasında yüzey gerilim değişimleri göstermiştir.

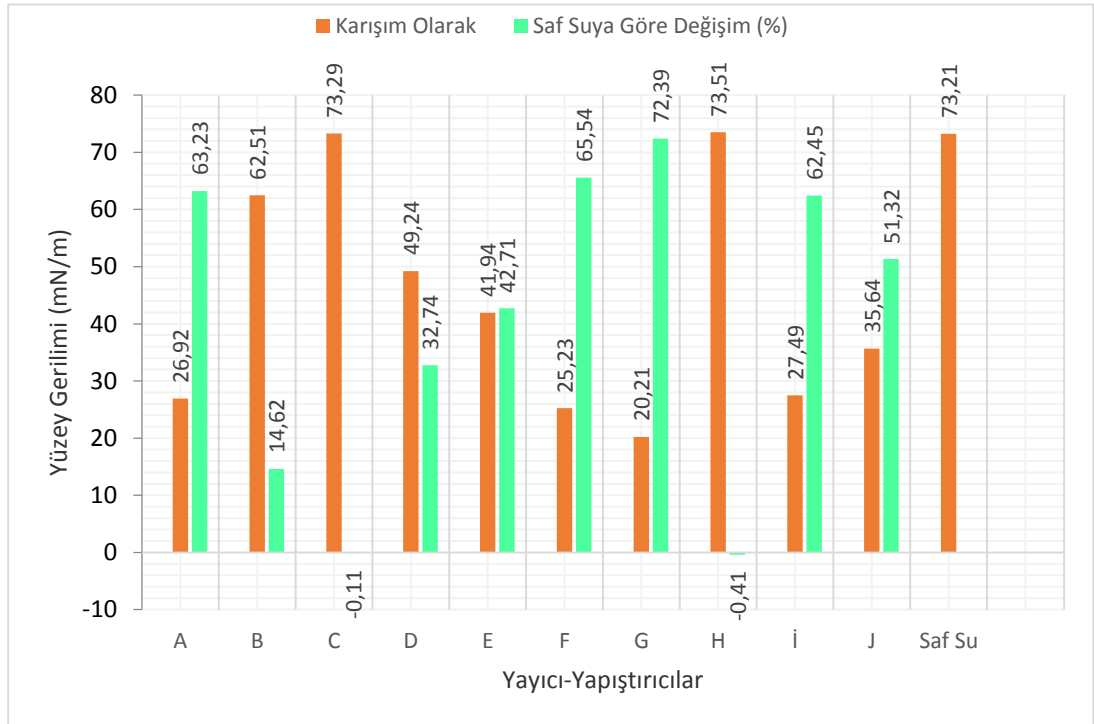
Çizelge 4.1. Yayıcı-Yapıştırıcılara Ait Yüzey Gerilim Değerleri (mN/m) ve Yüzey Gelimdeki Değişimler

Yayıcı ve Yapıştırıcılar	Önerilen Doz (mL.L ⁻¹)	Ürün Yüzey Gerilimi (mN/m)	Suyla Karışımında Yüzey Gerilimi (mN/m)	Yüzey Gerilimindeki Değişim Oranı (%)
A	2,5	24,47	26,92 ^{c *}	9,10
B	0,3	25,12	62,51 ^g	59,81
C	0,5	37,04	73,29 ^h	49,46
D	1	29,29	49,24 ^f	40,52
E	0,5	20,87	41,94 ^e	50,24
F	0,4	28,17	25,23 ^b	-11,65
G	0,2	24,54	20,21 ^a	-21,43
H	1	24,53	73,51 ^h	66,63
İ	1	22,21	27,49 ^c	19,21
J	0,5	29,55	35,64 ^d	17,09
Saf Su	-	73,21	-	-

* Sütündeki aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir.

Hazırlanan solüsyonların yüzey gerilimleri arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığının belirlenmesi için istatistiksel analiz yapılmış, elde edilen sonuçlara göre karışımların sekiz farklı gruba ayrıldığı ve ilk sırada en düşük yüzey gerilimine sahip G ile hazırlanan karışımın bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3). F ile hazırlanan karışımdan elde edilen yüzey gerilim değeri ikinci grup, A ve İ karışımlarının sahip oldukları yüzey gerilim değerleri ise üçüncü grup olarak analiz edilmiştir. J, E, D ve B karışımlarının ürettiği yüzey gerilimleri dört, beş, altı ve yedinci grubu ayrı ayrı oluştururken, en son sekizinci grupta birbirlerine çok yakın ve en büyük yüzey gerilim değerleri olarak ölçülen Saf su, C ve H karışımları yer almıştır.

Yayıcı-yapıştırıcılarla hazırlanan karışımların yüzey gerilim değerlerinin saf suya göre değişim oranları Şekil 4.3. te verilmiştir. B yayıcı-yapıştırıcısı, taşıyıcı suyun geriliminde % 14,62 ile en az düşüşü sağlamıştır. D yayıcı-yapıştırıcısı da suyun yüzey geriliminde % 32,74'lük bir azalma sağlayarak üçüncü sırada bir düşüş oluşturmuştur. E ve J yayıcı-yapıştırıcısı saf suya ait yüzey gerilim değerlerini sırasıyla % 42,71 ve % 51,32 azaltarak ara değerlerde yüzey gerilim oluşumunu sağlamışlardır. En düşük yüzey gerilim değerlerini, saf suyun yüzey gerilim değerini sırasıyla G % 72,39, F % 65,54, A % 63,23 ve İ % 62,45 oranında azaltan karışımların ürettiği tespit edilmiştir. G ve F dışında kalan karışımlar tarafından üretilen yeni yüzey gerilimlerin, sahip oldukları yüzey gerilimden daha büyük değerler oluşturdukları gözlenmiştir. G ve F karışimli sıvıların ise sahip oldukları yeni yüzey gerilim değerlerini, karışım oluşturmadan önceki değerlerden daha düşük seviyeye indirdiği tespit edilmiştir. Her iki yayıcı-yapıştırıcının içeriğinin organoslikon kökenli olması ve daha önce yapılan araştırmalarda bu tür yapılara sahip karışımların övgüyle tanıtılması, organoslikonlu tank karışımlarının ayırıcı bir özelliği olarak bu araştırmada da ön plana çıkmaktadır.



Şekil 4.3. Yayıcı-Yapıştırıcılara Ait Yüzey Gerilim Değerleri ve Saf Suya Göre % Değişimi

4.1.1. Yayıcı-Yapıştırıcıların Farklı Hedef Yüzeylerde Sağladıkları Damla Değme Açısı, Değme Yüksekliği ve Değme Çapları

4.1.2. Damla Değme Açısı Bulguları

Araştırmada kullanılan yayıcı-yapıştırıcıların 7 farklı yaprak yüzeyinde 10 tekrarlı olarak yapmış oldukları açılar Çizelge 4.2,3,4,5,6,7,8’de verilmiştir. Sırasıyla incelendiğinde, Çizelge 4.2’de bamya yaprağı yüzeyinde yayıcı-yapıştırıcı karışımlarından elde edilen damlaların 10 tekrarlı oluşturdukları açılar bulunmaktadır. Bu sonuçlara göre 3. saniyedeki en düşük değme açılarını İ karışımının oluşturduğu, bunu sırasıyla G ve A katkı maddeli damlaların sahip oldukları açılar takip ettiği belirlenmiştir. İçeriklerinin farklı olmasına rağmen en düşük yüzey gerilimine sahip bu katkı maddelerinin ortak özellikli yayıcı-yapıştırıcılar oldukları bilinmektedir. 3. saniyeki en yüksek açının oluşumunu sırasıyla B, C ve H karışımli damlacıkların ürettikleri tespit edilmiştir. Bu karışımların içeriklerinin selülozik yapıli oldukları ve en yüksek yüzey gerilimine sahip yayıcı-yapıştırıcı ailesi üyeleri arasında bulundukları bilinmektedir. 3. saniye ile 10. saniye arasında kalan 7 saniye sürecinde en hızlı yayılan ürünün G katkı maddeli damlacıkların oluşturdukları, açı değişimindeki azalma değerlerinin yüksekliğinden anlaşılmaktadır. H, C ve B karışımli damlacıkların yaprak yüzeyinde oluşturdukları değme açıları azalışlarının, ikinci önem düzeyinde yayılmayı oluşturan katkı maddesi olarak değerlendirileceği elde edilen verilerden anlaşılmaktadır. 10. Saniye sonunda ise en düşük değme açlarına yine G, İ ve A katkı maddeli damlacıkların sahip olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre G, İ ve A ürünlerinin bamya yaprağı yüzeyinde hem 3 saniye içersinde iyi tutunduğu ve devam eden 7 saniye süreyle iyi yayılıp 10. saniye sonunda ise iyi yapıştığı söylenebilir. Buna göre bamya yaprağıyla ilgili yapılacak bir mücadele programında G, İ ve A katkı maddelerinin hem yayıcı hemde yapıştırıcı olarak kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir. H, C ve B katkı maddeli damlacıkların, ilk 3 saniye içersinde bamya yaprağı yüzeyine tutunmada zorluk oluşturacak yüksek değme açıları oluşturmalarına rağmen, daha sonraki 7 saniye içersinde yaprak yüzeyine

en fazla yayıldıkları, 3. ve 10. saniye arasında oluşan açı değişim farklarından anlaşılmaktadır. Bamya yaprağı yüzeyine uygulanan bütün karışımli damlaların düşük varyasyon katsayıları oluşturarak homojen damla açıları oluşturdukları gözlenmiştir.

Çizelge 4.2. Bamya Yaprığı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Değme Açıları ($^{\circ}$)

Karışım	Süre (s)	Tekrar										CV (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Saf Su	3	84,5	81,7	96,6	83,3	85	96,1	82,2	82,4	90,7	95,2	6,7
	10	79,8	78	91,5	80,2	82,6	92,2	78,2	79,3	87,4	91,1	6,6
A	3	51,1	36,8	35,4	46,5	36,1	49,8	37,3	37,6	42,6	44,7	13,5
	10	30,7	33,5	24,6	38,2	23,4	35,9	26,8	28,1	32,3	34,3	15,2
B	3	91,9	94,3	90,1	101	111	97,5	92,6	115	117	93,4	9,6
	10	83,4	76,2	90	92,8	98,2	81,3	84,2	103	101	81,5	9,9
C	3	90,9	70,5	68,4	72,9	89,1	99,4	93,1	85,6	97,4	94,2	12,6
	10	79,6	63,5	67,6	66,2	77,3	81,8	81,3	76,5	85,6	83,2	9,7
D	3	71,8	59,9	65,4	60,1	72,6	68,4	73,4	69,8	74,4	75,8	7,8
	10	68	53,9	57,1	56,3	64,5	62,4	68,9	61,2	65,4	64,6	7,7
E	3	58,3	43,6	73,2	74,3	69,4	49,8	71,3	66,7	72,4	57,8	16,0
	10	49,1	39,6	54,1	70,1	60,2	38,9	60,9	59,8	68	45	19,3
F	3	74,5	66,4	67	68,2	69,3	72,8	65,5	65,7	73,1	67,1	4,6
	10	53,5	44,1	47,3	48,1	47,3	53,4	41,2	46,3	49,1	42,3	8,3
G	3	36,2	35,6	36	34,8	33,3	35,8	34,9	33,9	35,1	34,1	2,6
	10	21,1	21,8	19,9	20,5	17,5	20,9	21,1	17,2	20,3	21,1	7,4
H	3	71	85,7	89,3	65,2	81,2	57	58,3	77,4	63,8	74,9	14,7
	10	68,8	80,3	83,8	63,1	78,5	50,5	52,7	71,2	58,1	69,8	16,1
İ	3	35,3	31	30,9	31,8	33,9	31,3	35,1	31,4	34,8	31	5,5
	10	29,3	25,1	24,2	26,3	27,6	26,5	28,9	27,2	28,3	25,1	6,1
J	3	76,2	75,1	72,1	68,2	64,4	70,2	75,4	68,7	73,8	74,9	5,1
	10	69,3	67,2	63,8	62,3	51,4	61,4	65,7	56,7	63,8	64,7	7,9

Çizelge 4.3'te portakal yaprakları yüzeyine uygulanan yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının göstermiş olduğu değme açıları verilmiştir. En düşük değme açılarının, yüzey gerilimi düşük olan G, İ ve A karışımları tarafından oluşturulduğu belirlenirken, en büyük değme açılarının ise yüzey gerilimi yüksek olan H ve C katkı maddeli damlalar tarafından üretildiği gözlenmiştir. Benzer özellikleri ile B katkı maddesinin portakal yaprağı yüzeyinde H ve C karışımlarına yakın temas açıları oluşturması beklenirken, ilginç bir şekilde daha düşük değme açıları oluşturduğu gözlenmiştir. Bu tür katkı maddeleri ile oluşturulan karışımların, konsantrasyonlarıyla ters orantılı olarak değme açıları oluşturdukları, daha açık bir ifadeyle, B katkı maddesi ile hazırlanan karışımların konsantrasyon oranının H ve C karışımına göre daha düşük seviyede olması nedeniyle portakal yaprağı yüzeyinde küçük temas açılarının oluşumunu sağladıkları söylenebilir. Yayılma hızları bakımından 3. saniyeden sonraki 7 saniye içerisinde en fazla G karışımlı damlaların yüzeye yayılarak 10. saniyede en fazla yapışan ürün olduğu iki zaman arasında oluşan damla değme açıları azalışlarından anlaşılmaktadır. A ve İ karışımlarının göstermiş oldukları yayılma hızı performansı bakımından ikinci sırayı takip ettiği belirlenmiştir. En düşük yüzey gerilimine sahip bu ürünlerin portakal yüzeyine tutunma, yayılma ve yapışma özelliklerinin iyi sonuç verdiği söylenebilir. H, C ve B ürünlerinin 3. saniye sonrasındaki 7 saniye sürecinde en düşük temas açılarını oluşturarak en az yayılan damlaların oluşumunu teşvik ettikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak selüloz türevli olmalarına karşın, düşük konsantrasyonla oluşturulan B katkı maddeli damlaların portakal yaprağı yüzeyine tutunduğu ancak, yayılma hızları ve 10. saniye sonundaki yapışma seviyesi açısından H ve C katkı maddeli damlalar gibi davranarak en az yayılma ve 10. Saniye sonunda en yüksek değme açılarının oluşumunu teşvik ederek olumsuz yapışma sonuçları ürettikleri belirlenmiştir. Portakal yaprağı yüzeyinde en değişik temas açılarını 3. ve 10. saniyede % 21,0 ile %21,4 varyasyon katsayısına sahip B ve % 19,1 ile % 20,5 katsayılı İ karışımlarının oluşturduğu belirlenmiştir. En stabil değme açılarını ise 3. ve 10. saniye için % 2,3 ile % 2,5 D ve % 2,0 ile % 3,4 varyasyon katsayılarına sahip E karışımli damlaların oluşturduğu tespit edilmiştir. Elde edilen tüm karışımlara ait varyasyon katsayıları, portakal yaprağı yüzeyine

uygulanan damlaların birbirlerine yakın değme açıları oluşturdıkları sonucunu vermektedir.

Çizelge 4.3. Portakal Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Değme Açıları ($^{\circ}$)

Karışım	Süre (s)	Tekrar										CV (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Saf Su	3	94,7	84,8	82,6	86,7	92,6	93,5	85,3	83,8	79,3	79,7	6,1
	10	93,7	82	81,8	85,3	90,9	91,5	82,4	83,5	78,7	78,6	6,0
A	3	46,7	42,8	45	44,6	42,9	47,2	48	45,8	47,9	47,3	4,0
	10	38,1	31,8	37,8	35,2	33,9	39,9	43	41	36,8	38,5	8,4
B	3	50,1	38,1	63,5	42,7	74	58,4	41,2	68,3	49,8	54,6	21,0
	10	49,7	33,1	59,2	46,1	73,4	54,5	40,9	65,7	47,4	51	21,4
C	3	85,8	85,4	88,4	79,8	83,5	76,4	72,4	84,7	83,9	80,8	5,6
	10	85,3	84,9	88,1	79,5	83,1	76,1	72,1	84,2	83,6	80,5	5,5
D	3	71,6	71,8	74,3	73,2	75,9	76,7	72,7	74,8	76,1	75,2	2,3
	10	68,9	68,3	72,7	71,8	73,4	73,9	70,6	72,4	73,1	72,8	2,5
E	3	87,6	86,2	87,1	83,1	85,9	84,4	83,9	86,5	82,2	85,7	2,0
	10	85,4	76,1	82,4	79,6	82,7	79,2	76,5	81,8	79,3	80,3	3,4
F	3	51,6	51,1	49,7	48,8	50,4	47,2	46	47,9	48,7	49,2	3,4
	10	44,4	46,1	44,3	43,8	45,3	41,2	40,1	40,8	41,2	42,2	4,6
G	3	44,7	39,5	42,9	40,8	45	44,1	41,7	43,8	44,7	43,9	4,1
	10	29,8	29,5	29,1	29,3	28,9	29,9	28,6	30,1	29,5	29,4	1,5
H	3	95,8	94,2	96,3	78,5	69,1	92,3	72,8	87,3	65,1	77,8	13,4
	10	95,2	93,6	95,8	78	68,6	91,8	72,3	86,7	64,3	77,1	13,5
İ	3	46,7	29,2	51,2	32,7	48,2	53,6	36,8	47,3	35,6	50,3	19,1
	10	35	23,7	43,5	26,1	39,4	46,8	30	39,2	29,8	38,9	20,5
J	3	53,7	50,3	74,9	63,8	71,8	76	64,6	75,7	73,9	65,9	13,0
	10	49,6	48,9	67	61,5	62,5	73,4	62,6	71,4	69,8	64,2	12,5

Çizelge 4.4'te Limon yaprağı yüzeyine uygulanan yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının oluşturduğu değme açıları verilmiştir. G ve A karışimli damlalar en düşük değme açılarını oluşturarak iyi bir tutunma performansı göstermişlerdir. C ve B katkı maddeli damlaların ise en büyük temas açılarını sağlayarak pürüzsüz bir yüzeye sahip olan limon yapraklarından akmaya meyilli damlaların oluşumunu sağladıkları belirlenmiştir. G ve A katkı maddeleri ile daha düşük yüzey gerilimli solüsyonlar elde edilebilmekte iken, C ve B yayıcı-yapıştırıcıları ile daha yüksek yüzey gerilimli çözeltilerin oluşturulduğu bilinmektedir. Dolayısıyla her iki durum için ulaşılan sonuçlar üzerinde yüzey gerilim değerlerinin belirleyici parametre olduğu düşünülmektedir. Yayılma hızları incelendiğinde, limon yaprakları yüzeyinde ilk 3. saniyeden sonraki 7 saniye içerisinde en fazla G, İ ve A ürünlerinin yayıldığı ve 10. saniyedeki değerleri açısından yüksek yapışma değerleri vermişlerdir. Bu karışımların en düşük yüzey gerilimini oluşturan yayıcı-yapıştırıcı grubu içerisinde bulunduğu bilinmektedir. B katkı maddesi ile ilk 3 saniye içerisinde kötü tutunma performansı göstergesi olan damla değme açıları elde edilse de sonraki 7 saniye boyunca yüksek yayılma hızı göstermiş ve 10. saniye sonunda düşük temas açıları oluşturarak yaprak yüzeyine yapışmada başarılı sonuçlar üretmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde en düşük yayılma hızlarını C ve H karışimli damlaların sağladıkları tespit edilmiştir. Bu karışımların yüksek yüzey gerilimleri ile ön plana çıktıkları tespit edilmiştir. Diğer karışımların ise orta seviyelerde yayılma ve yapışma kapasitelerine sahip oldukları analiz edilmiştir. Yayıcı-yapıştırıcıların limon yaprakları yüzeyinde oluşturdukları birbirlerinden farklı temas açılarına sahip damlaların değerlendirilmesinde, en çok değişken sonuçları 3. ve 10. saniyedeki % 46,4 ile % 58,4 varyasyon katsayısına sahip G katkılı damlaları vermiştir. En az değişkenli damla değme açılarını ise 3. ve 10. saniye için % 2,8 ile % 5,5 varyasyon katsayılarını veren A yayıcı-yapıştırıcılı damlacıklarla elde edildiği tespit edilmiştir. Buna göre Limon yaprağıyla ilgili bir ilaçlama programında G yayıcı-yapıştırıcısı yerine benzer değme açılarını oluşturan A katkı maddesinin tercih edilmesi daha uygun olacaktır.

Çizelge 4.4. Limon Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Değme Açıları (⁰)

Karışım	Süre (s)	Tekrar										CV (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Saf Su	3	68,6	85,6	61,5	66,7	75,6	73,4	81,9	88,5	62,1	65,4	12,7
	10	66,0	82,5	60,9	66,2	74,9	72,8	80,0	87,2	60,3	62,9	12,7
A	3	43,0	41,8	42,5	45,3	44,7	43,6	45,1	42,0	43,1	42,5	2,8
	10	35,4	34,0	36,8	40,8	37,1	36,1	39,4	35,2	37,3	34,7	5,5
B	3	78,7	90,0	72,1	85,4	78,9	69,2	66,8	63,6	72,4	75,3	10,4
	10	75,3	84,8	62,1	80,1	72,5	62,3	59,7	63,1	68,4	73,2	11,4
C	3	74,7	112,3	91,8	85,7	101,8	78,7	89,4	115,8	98,7	92,4	13,4
	10	73,2	110,5	91,5	84,7	99,5	78,1	88,2	113,7	97,8	90,6	13,3
D	3	63,0	50,1	56,3	65,8	54,6	68,7	61,3	53,4	67,1	70,3	10,5
	10	58,1	21,7	48,3	53,2	43,5	56,7	52,1	40,0	49,9	67,4	22,3
E	3	53,7	74,4	64,3	43,7	68,9	39,3	72,8	45,6	52,5	42,3	22,7
	10	51,1	72,1	61,8	39,8	66,1	34,6	69,8	42,1	49,2	39,7	24,9
F	3	46,8	57,9	53,4	51,8	63,5	61,3	47,1	50,3	58,9	54,6	10,0
	10	36,9	50,0	48,0	45,6	58,9	52,6	39,6	45,6	52,6	49,6	12,7
G	3	22,6	20,4	10,6	36,4	48,6	25,9	61,2	36,2	16,7	36,8	46,4
	10	13,5	10,0	5,2	31,2	37,1	18,9	46,4	20,3	8,7	25,8	58,4
H	3	79,8	85,0	75,1	43,2	55,6	64,8	76,7	83,9	37,8	58,3	24,2
	10	78,7	79,5	70,4	39,2	51,4	60,8	72,4	77,5	37,3	56,3	24,2
İ	3	69,6	57,6	62,9	53,9	65,8	48,0	68,5	49,3	59,6	66,9	12,4
	10	62,7	49,8	56,9	48,5	56,4	35,1	58,6	41,3	51,1	55,4	15,4
J	3	71,1	72,8	72,1	74,9	81,3	72,4	77,7	73,5	76,2	82,2	4,1
	10	66,3	71,1	71,6	72,3	77,3	69,7	73,1	71,3	74,5	81,0	4,0

Çizelge 4,5'te domates yaprakları yüzeylerine uygulanan farklı yapıdaki yayıcı-yapıştırıcıların damla değme açıları verilmiştir. İlk 3 saniye içerisinde en düşük temas açılarını İ, F ve A katkı maddeli karışımlar oluşturarak yüksek bir tutunma performansı sergilemişlerdir. Bu katkı maddeleriyle birlikte en düşük yüzey gerilimine sahip G yayıcı-yapıştırıcısının diğer karışımlardan daha büyük temas açıları ürettiği gözlenmiştir. En düşük yüzey gerilimlerine sahip bu dört yayıcı-yapıştırıcı arasından G katkı maddesinin, diğer yaprak yüzeylerinde oluşturduğu temas açılarına göre daha yüksek değme açıları oluşturması, yapraklar ile damlacıklar arasında oluşan kimyasal ve elektriksel gibi değişik faktörler arasındaki ilişkinin varlığına bağlanmıştır. En yüksek değme açıları incelendiğinde, beklendiği gibi en düşük yüzey gerilimine sahip selüloz yapılı B, H ve C yayıcı-yapıştırıcıları ile hazırlanan karışımlarından elde edilen damla değme açılarının, yüksek temas açısı sonuçlarını ürettiği gözlenmiştir. Diğer ürünlerin ise konvensyonel yayıcı-yapıştırıcı gibi davranış sergiledikleri belirlenmiştir. Yayıcı-yapıştırıcıların 3. saniye sonrasındaki 7 saniye içerisindeki göstermiş oldukları açısal davranış azalışı sonuçları incelendiğinde, F katkı maddeli damlaların yüksek açı azalması göstererek iyi bir yayılma performansı sergiledikleri belirlenmiştir. Sıralamayı F karışimli damlalara yakın sonuçlarıyla A karışimli damlaların oluşturdukları gözlenmiş ve İ katkı maddeli damlaların oluşturduğu açı azalamaları ise bunu takip etmiştir. En düşük yayılmayı temsil eden açı azalma değerlerini H, C ve B yayıcı-yapıştırıcılı damlacıkların temas açısı değerleri oluşturmuştur. Bu katkı maddeleri benzer içerikleri ile en büyük yüzey gerilimli karışımları oluşturmaktadırlar. Bütün katkı maddeli damlacıklar homojen değme açıları oluşturarak, bunlar arasından F içerikli damlaların limon yaprakları yüzeyinde 3. ve 10. Saniyedeki % 14,5 ile % 16,9 varyasyon katsayılarına göre en değişken temas açılarını oluşturdukları belirlenmiştir. Bunu % 12,7 ve % 15,3 varyasyon katsayısına sahip G katkı maddesinin izlediği tespit edilmiştir. B katkı maddesinin % 1 ve % 1,5 ve H katkı maddesinin % 5 ile % 5,1 varyasyon katsayıları ile tekdüze bir damla temas açısı azalışları gösterdikleri gözlenmiştir.

Çizelge 4.5. Domates Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Değme Açıları (°)

Karışım	Süre (s)	Tekrar										CV (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Saf Su	3	101,3	98,5	93,5	98,4	95,7	101,8	97,8	103,9	105,2	104,2	3,7
	10	100,7	97,8	92,5	97,8	95,1	101,2	96,8	103,3	104,6	103,6	3,8
A	3	50,6	41,3	52,6	48,7	55,1	51,8	44,3	47,9	54,8	43,2	9,4
	10	28,7	23,6	33,5	29,4	38,2	36,8	26,4	26,2	34,5	24,8	16,3
B	3	93,9	95,3	94,4	92,7	95,1	94,8	94,6	96,4	95,2	95,3	1,0
	10	88,1	88,6	91	89,7	91,4	89,7	89,6	92,3	88,2	89,5	1,5
C	3	94,5	96,4	102	108	95,4	98,1	97,6	109,5	100	98,9	4,9
	10	93,8	93,9	100	107	93,6	96,7	96,1	107,4	98,3	96,9	5,0
D	3	90,7	81,7	93,4	82,6	78,1	80,9	91,5	86,4	78,8	77,1	6,7
	10	85,3	79,7	86,5	72,9	69,3	72,8	87,4	82,3	70,5	65,8	9,7
E	3	73,2	75	76,9	72,5	76,1	71	71,3	74,8	72,4	73,4	2,6
	10	56,9	62,4	63,9	57,8	61,3	59	60,9	59,8	58,2	58,6	3,5
F	3	36,1	38,1	46	42,5	54,8	51,9	49,7	58,6	43,2	48,5	14,5
	10	16	17,5	23,8	21,3	25	20,9	24,4	28,4	21,6	27,9	16,9
G	3	53,8	48,3	52,2	63,2	69,3	57,4	67,9	49,8	52,3	51,5	12,7
	10	51,3	40,7	48,3	60,4	66,5	50	61,5	43,5	46,8	48,7	15,3
H	3	107,5	100	105	98,5	103	92,6	90,9	95,8	101,7	99,8	5,0
	10	106	99,5	103	97,5	99,4	91,8	88	94,3	100,2	97,6	5,1
İ	3	46,3	48,1	49,5	42,5	47,9	42,8	44,5	47,6	49,1	48,7	5,2
	10	31,6	36,4	36,1	27,1	34,8	30,1	32,4	35,7	34,8	32,5	8,6
J	3	89,3	74,1	92,5	80,6	81,2	91,7	73,6	89,9	87,4	92,4	8,2
	10	86,6	67,9	84,3	75,9	76,1	85,9	69,4	80,7	82,4	86,5	8,3

Çizelge 4.6’da biber yaprağı yüzeyine uygulanan 10 farklı yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının, 10 tekrarlı açı oluşum sonuçları verilmiştir. Yaprak yüzeylerinde 3. saniyede en küçük değme açılarını, en düşük yüzey gerilimine sahip G, İ ve A katkı maddeleriyle hazırlanmış damlaların oluşturdukları belirlenmiştir. Geriye kalan diğer yayıcı-yapıştırıcı karışimli damlalarının birbirlerine yakın sonuçlarla yüksek temas açıları oluşturdukları tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, biber yaprağı yüzeyine uygulanacak bir pülverizasyonda damlaların tutunması üzerinde sıvının yüzey gerilim değerinin çok önemli olduğu tespit edilmiştir. Buna göre 30 mN/m üzerindeki yüzey gerilimine sahip sıvıların, biber yaprağı yüzeyinde tutunmasında olumsuz sonuçların oluşabileceği söylenebilir. Biber yaprağı yüzeyine uygulanan farklı karışimli damlaların yayılma ve yapışmasında değerlendirilen 7 saniye süreci içerisindeki açı azalamaları incelendiğinde, yine en hızlı sonuçları G, İ ve A katkı maddeli damlacıkların oluşturduğu anlaşılmaktadır. F yayıcı-yapıştırıcılı damlalar ilk 3 saniye içerisinde yüksek değme açıları oluşturmalarına rağmen sonraki geçen 7 saniyelik süre içerisinde yüksek yayılma hızı göstererek 10. Saniye sonunda iyi bir yapışma performansı sergilemiştir. En düşük açı azalmalarını C, H ve B katkı maddeli damlaların oluşturdukları belirlenmiş olup, selülozik yapılı, düşük yüzey gerilimine sahip bu tür ürünlerin biber yaprakları yüzeyinde yayılma hızları ve 10. Saniyede oluşan yapışma değerleri açısından kötü sonuçları sağladıkları analiz edilmiştir. Diğer karışimli damlaların ise bir miktar yayıldıkları Çizelge 4,6’da gösterilen 3. ve 10. saniye arasında oluşan açı azalışı değerleri farkından anlaşılmaktadır. Elde edilen varyasyon katsayıları incelendiğinde, 3. ve 10. saniyede oluşan % 21,6 ile % 26,3 varyasyon katsayılarına sahip İ katkı maddesinin biber yaprakları yüzeyinde çok değişken damla çaplarını oluşturdukları gözlenmiştir. Dolayısıyla biber yaprağı yüzeyine yapılacak bir pülverizasyon uygulamasında, benzer açılar oluşturmalarına rağmen, kendi aralarında yüksek varyasyon katsayısına sahip İ katkı maddesi yerine daha üniform damlalar üreten % 7,5 ile % 11 varyasyon katsayılarına sahip A katkı maddesinin tercih edilmesi, başarılı sonuçlar vermesi bakımından uygun görülmektedir.

Çizelge 4.6. Biber Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Değme Açıları (⁰)

Karışım	Süre (s)	Tekrar										CV (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Saf Su	3	81,7	84,6	67,8	72,9	85,6	79,3	93,1	92,8	72,5	87,5	10,0
	10	80,3	83	66,6	71,6	84,2	78,1	91,2	91	71,2	85,4	9,9
A	3	46	47,5	40,9	41,5	39,8	45,3	46,8	37,7	44,8	47,1	7,5
	10	40,8	28,1	29,6	32,6	30,4	34,7	31,9	30,2	35,5	36,1	11,0
B	3	81,6	87,5	93,1	85,2	81,8	86,7	92,7	89,3	82,4	90,5	4,7
	10	79,6	85,4	91	83,1	78,5	82,6	90,3	87,7	80,9	88,5	5,0
C	3	92,3	98,3	77	85,6	76,1	79,2	81,4	78,7	80,5	88,7	8,3
	10	89,5	94,7	75,7	83,5	75,3	78,1	78,2	76,8	79,8	86,9	7,6
D	3	74,2	73,5	69,5	75,6	83,7	91,5	72,1	74,8	93,2	81,4	9,9
	10	70	69,3	64,4	71,2	78,4	87,2	66,8	70,1	88,1	76,5	10,5
E	3	77,6	73,4	71,2	70,1	75,8	72,5	76,4	69,5	77,9	70,4	4,2
	10	72,4	69,2	67,5	66,3	70,6	68,5	71,2	65,6	74,7	65,2	4,3
F	3	77,7	71,4	72,4	69,3	75,1	67,8	73,3	76,2	70,5	72,1	4,0
	10	69,3	58	52	57,8	67,3	58,3	59,2	59,5	58,1	59,1	7,8
G	3	42,5	34,9	41,8	32,1	38,7	30	29,3	35,6	37,9	32,8	12,3
	10	16,5	21,1	19,7	18,9	16,1	11,4	8,9	16,5	13,5	12,7	23,7
H	3	74,2	65,6	67,5	85,9	71,3	67,9	89,6	73,7	87,2	92,9	12,5
	10	72,8	65,2	65,3	83,5	69,5	66,2	86,7	71,1	85,6	88,3	12,0
İ	3	52	56,6	51,4	27,9	43,4	52,6	29,5	38,3	54,8	48,9	21,6
	10	47,6	29,2	39,4	23,8	33,5	40,7	17,4	26,3	41,2	36,1	26,3
J	3	71,1	73,3	72,5	70,2	72,9	74,5	71,5	75,3	72,1	70,8	2,1
	10	67,7	62,6	66,2	65,4	64,8	68,9	69,4	68,2	65,4	62,7	3,5

Çizelge 4,7’de patlıcan yaprakları yüzeyine uygulanan yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının 3.ve 10. saniyedeki yapmış oldukları açılar verilmiştir. Patlıcan yaprağı yüzeyindeki 3. saniyede en düşük değme açılarının, yüzey gerilimleri düşük olan G, İ ve A katkı maddeli karışımlar tarafından oluşturulduğu belirlenmiştir. En büyük değme açılarının ise yüksek yüzey gerilimi oluşturan C, H ve B yayıcı-yapıştırıcı ilaveli karışımlar tarafından elde edilen damlaların sağladığı tespit edilmiştir. Patlıcan yaprağı açısından da incelendiğinde temas açısı oluşumu üzerinde en önemli sıvı fiziksel özelliğinin yüzey gerilim değeri olduğu birkez daha ön plana çıkmaktadır. Diğer karışımların ise hidrofobik düzey sınırına yakın değme açıları oluşturdıkları gözlenmiştir. Karışımların 3. saniye sonrasındaki 7 saniyelik süreç içerisinde gösterdikleri açısal davranışlar analiz edildiğinde G ve A ilaveli damlacıkların hızlı bir şekilde açılarında azalma oluşturarak yaprak yüzeyine hızla yayıldığı, 10. saniye sonunda ise en fazla yapışan damlacıkları oluşturdıkları belirlenmiştir. En düşük yüzey gerilimine sahip katkı maddeleri ailesinden olmasına rağmen İ yayıcı-yapıştırıcı damlacıkların benzer özellikteki karışımlar gibi davranmadıkları gözlenmiştir. Bunun patlıcan yüzeyi ile İ katkı maddesi arasında oluşan pH, pürüzlülük, elektriksel etkileşim, oluşan yeni kimyasal bağlar gibi fizikokimyasal ilişkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer katkı maddeleri ile elde edilen damlaların en düşük açı değişimlerini sağladıkları belirlenmiştir. Patlıcan yaprağı yüzeyine uygulanan farklı içerikli damlaların süre içerisindeki açısal değişimleri analiz edildiğinde, karışımların homajen damla açıları oluşturdıkları elde edilen varyasyon katsayılarına göre tespit edilmiştir. Ancak karışımlar arasından en düşük temas açılarını oluşturan G ve A katkı maddeli damlalarının sırasıyla 3. ve 10. saniyedeki varyasyon katsayılarının % 6,5 -%5,2 ile % 17,2 - % 18,8 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre patlıcan yaprağına uygulanacak bir pülverizasyon uygulamasında çok değişken açı oluşumlarını sağlayan A içerikli yayıcı-yapıştırıcı yerine daha homojen damla temas açıları üreten G yayıcı-yapıştırıcısının daha etkili sonuçlar oluşturacağı söylenebilir.

Çizelge 4.7. Patlıcan Yaprağı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Değme Açıları ($^{\circ}$)

Karışım	Süre (s)	Tekrar										CV (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Saf Su	3	100	96,4	87,9	92,7	98,4	90,9	97,1	89,5	101	97,9	4,6
	10	98,7	96,1	85,4	92,1	97,5	89,6	96,8	88,3	101	95,4	5,0
A	3	41	57,9	50,4	48,6	54,2	65,3	69	42,1	45,4	61,4	17,2
	10	29,6	41,6	37,6	37,2	41,5	49,8	51,8	30,5	31,4	45,8	18,8
B	3	89,4	90,4	94,6	93	78,5	86,3	86,8	94,1	77,3	76,1	6,8
	10	83,2	79,1	93,7	82,5	70,1	78,2	74,6	84,8	67,9	53,3	9,4
C	3	101	94,3	98,7	87,3	78,4	81,5	85,9	94,6	99,5	91,3	8,1
	10	101	92,5	96,4	86,5	73,8	79,1	81,8	92,5	98,6	88,2	9,4
D	3	84,8	78,4	73,3	78,5	85,3	81,7	92,8	97,2	95,9	82,7	8,9
	10	79,4	71,2	65,4	73,2	78,8	75,4	85	90,1	89,5	75,2	9,7
E	3	58,1	78,3	80	56,8	75,9	63,4	45,6	67,3	78,9	75,6	16,4
	10	52,3	73,2	72,3	53,1	68,4	57,5	44,2	62,9	74,7	73,1	16,3
F	3	75,4	77,4	87,3	72,5	81,3	85,9	78,2	69,3	67,4	79,1	8,0
	10	68,3	73,6	67,1	62,3	73,5	72,9	68,4	58,3	63,2	72,7	7,5
G	3	41,1	42,5	48,5	40,4	47,9	45,6	43,1	41	42,3	40,8	6,5
	10	26,4	28,1	30,7	26,1	29,5	28,4	27,1	26,3	27,5	26,8	5,2
H	3	89,7	88,7	93,2	90,1	95,8	94,3	97,3	98	92,2	91,5	3,3
	10	81,5	85,7	89,2	85,1	88,3	87,7	86,1	93,2	88,6	84,9	3,4
İ	3	44,8	48,3	44,9	47,2	46,8	47,8	49,3	49	47,9	48,8	3,2
	10	39,6	37,8	38,3	41,5	38,6	40,4	42,5	41,8	41,1	38,1	4,1
J	3	73,3	72	74,5	75,9	76,3	77,1	74,8	75,1	73,2	72,9	2,1
	10	65,4	66,7	69,1	69,8	71,2	66,7	67,3	65,9	67,1	65,3	2,8

Çizelge 4.8’de asma yaprakları yüzeyine farklı 10 yayıcı-yapıştırıcıyla oluşturulmuş karışımlardan elde edilen damlacıkların 3., 10. ve arasında geçen 7 saniye sürecindeki açı değişimleri sonuçları verilmiştir. Asma yaprakları yüzeyinde de diğer yaprak yüzeylerine benze değme açıların olduğu gözlenmiştir. Buna göre 3 saniye içerisinde en düşük değme açılarının, en düşük yüzey gerilimli yayıcı-yapıştırıcı damlalar tarafında üretildiğinin tespitinin yanında, A katkılı damlacıkların G ve İ ürünlerine göre daha düşük temas açıları oluşumları ile ön plana çıktığı belirlenmiştir. Diğer katkı maddeli damlacıkların ise asma yaprağı yüzeyinde hidrofobik açı sınırlarının üzerinde değme açıları oluşturdukları belirlenmiştir. Yayılma hızlarının karşılaştırılmasında, 3 ve 10 saniye arasında geçen 7 saniyelik süre içerisinde en fazla açı azalması sağlayan ürünün F katkı maddesinin olduğu, 10. saniye sonunda yaprak yüzeyine en fazla yapışan katkı maddeli damlaların, en düşük değme açılarını oluşturan A ve G yayıcı-yapıştırıcıları oldukları anlaşılmıştır. Yüzeye en az yapışan ürünlerin ise 10. saniye sonunda en yüksek değme açılarını oluşturan C ve H katkı maddelerinin olduğu gözlenmiştir. J karışımı damlacıkların 7 saniyelik süre içerisinde ikinci önem düzeyinde açı azalmaları oluşturdukları belirlenmiş ve en düşük yüzey gerilimine sahip İ ve G katkı maddeli damlaların ancak üçüncü sıralamada açı azalması oluşturdukları gözlenmiştir. Diğer katkı maddelerinin ise çok düşük açı değişimleri sağlayarak asma yaprakları yüzeyinde çok az yayılma sağladıkları tespit edilmiştir. Asma yaprakları yüzeyinde çok değişken açı değişimlerinin oluşmadığı, elde edilen varyasyon katsayılarından anlaşılmaktadır. Ürünler arasında en fazla heterojen damla açılarını oluşturan katkı maddelerinin % 13,8 ile % 8 arasında değişen varyasyon katsayılarına sahip A, B, J ve G ürünlerine ait oldukları belirlenmiştir. Diğer katkı maddelerinin düşük katsayılara sahip oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Asma Yaprığı Yüzeyinde Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Oluşturduğu Değme Açıları (⁰)

Karışım	Süre (s)	Tekrar										CV (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Saf Su	3	111	110	121	115	118	110	113	119	110	114	3,4
	10	110	106	119	113	116	110	111	116	105	111	3,6
A	3	52,2	40,2	38,4	45,6	51,7	35,3	42,8	36,5	39,9	43,5	13,0
	10	45,9	36,5	33,5	42,3	48,7	34,4	36,9	31,1	37,8	41,8	13,8
B	3	94,6	102	111	87,5	108	84,4	106	98,7	77,5	96,7	10,6
	10	93,2	101	109	86,1	107	83,5	105	97,9	77,1	95,5	10,5
C	3	114	116	117	116	115	116	117	114	117	115	1,0
	10	110	114	115	113	111	113	116	112	113	112	1,5
D	3	103	103	109	104	106	105	108	105	106	108	1,9
	10	98,8	99,1	103	99,3	102	100	102	101	102	103	1,5
E	3	101	105	94,5	92,7	98,9	101	89,7	103	104	86,7	6,1
	10	97,6	102	92,4	89,6	95,2	97,1	82,7	99,8	98,7	81,4	7,2
F	3	100	86,4	84,7	95,8	97,7	98,2	96,9	89,8	98	93,2	5,4
	10	85,5	71,4	68,2	83,2	87	82,3	84,7	76,5	83,2	79,8	7,4
G	3	49	48,6	49,4	42,3	47,8	45,1	38,7	40,5	46,8	48,5	8,0
	10	40,9	41,5	43	36,2	40,4	39,7	33,3	32,8	39,4	43,8	9,2
H	3	103	100	116	108	112	114	116	106	113	114	4,8
	10	101	99	115	107	110	112	114	104	112	113	4,8
İ	3	57,5	51,3	54,5	51,9	55,3	56,4	52,1	53,7	57,1	54,8	3,8
	10	47,7	44,4	45,7	43,1	47,5	46,7	43,3	45,2	48,9	45,3	4,0
J	3	79,5	99,1	117	94,2	106	89,7	111	105	106	101	10,2
	10	70,1	89	105	87,1	93,5	82,4	101	93,3	98,3	91	10,3

Araştırmada kullanılan yayıcı-yapıştırıcıların uygulamadan 3 ve 10 saniye sonra farklı yaprak yüzeylerinde sağladıkları ortalama değme açıları ve azalma miktarları Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 incelendiğinde değişik yaprak yüzeylerinde en yüksek ortalama değme açılarını C yayıcı-yapıştırıcısının asma yaprağı üzerinde oluşturduğu görülmüştür. En düşük ortalama değme açısını ise G yayıcı-yapıştırıcısının limon yaprağı üzerinde oluşturduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.9’da bulunan veriler doğrultusunda Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 4.4’de görüleceği gibi farklı yaprak yüzeylerine uygulanan C yayıcı-yapıştırıcısıyla hazırlanmış karışım ile saf suyun hemen hemen bütün yaprak yüzeylerinde en büyük ortalama değme açısı oluşturduğu gözlenmiştir. Yayıcı-yapıştırıcılar arasında, farklı yaprak yüzeylerinde en düşük ortalama değme açısını G ile hazırlanmış karışımından sonra, İ ve A yayıcı yapıştırıcısıyla hazırlanmış karışımların oluşturduğu ve bu açıların dikkate değer ölçüde düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu karışımları sırasıyla H, B, D, J ve E yayıcı ve yapıştırıcılarından elde edilen damlacıkların oluşturdukları ortalama değme açıları takip ederek ara değerlere sahip değme açıları oluşturmuşlardır.

Yayıcı-yapıştırıcıların farklı yaprak yüzeylerinde 3. ve 10. saniyede oluşturdukları ortalama değme açıları değişim seviyeleri (%CV) incelendiğinde, A ve C katkı maddelerinin sırasıyla % 9,19 - % 11,05 ile % 12,52 - % 13,73 oranlarıyla en düşük değerlere sahip olduğu Çizelge 4.2’de görülmektedir. Bu varyasyon katsayına sahip katkı maddelerinin farklı yaprak yüzeylerinden etkilenmediği ve bu yüzeylerde benzer sonuçlar oluşturduğu görülmüştür. Dolayısıyla diğer parametreler göz ardı edildiğinde, seçici özelliği olmayan A ve C yayıcı-yapıştırıcısı kullanımıyla ilgili tavsiyede bulunurken, bitki türü ayırımıyla ilgili bir durumun belirtilmesine gerek olmadığı sonucu oluşmaktadır. Değişim seviyesi (%CV) açısından A ve C yüzey gerilim düşürücülerini sırasıyla J ve Saf suya ait değişim miktarları takip etmiştir. Farklı yaprak yüzeylerinden en fazla etkilenen karışımların 3. ve 10. saniyedeki değişim oranları % 25,80 - % 35,42 olan F katkı maddesi ile, % 20,34 - % 42,62 varyasyon katsayısıyla G yayıcı-yapıştırıcısına ait oldu tespit edilmiştir. Bu iki yayıcı-

yapıştırıcının içeriğinin organslikon olması, bu tür bileşenlere sahip yayıcı-yapıştırıcılarla yapılacak bir ilaçlama programında bitki çeşitleriyle ilgili daha seçici davranılması hassasiyetini oluşturmaktadır. Örneğin G maddesi ile yapılacak bir ilaçlamada, limon bitkisi yaprakları yüzeyinde uygulama damlacıkları ortalama 31,5⁰ derece açı oluşturacakken, domates bitkisi üzerine yapılacak bir uygulamada 56,6⁰ değme açıları oluşturarak Limon yaprakları yüzeylerinde oluşan değme açlarına göre yaklaşık iki kat daha yüksek açı oluşumu sağlayacaktır.

Yapraklar açısından Şekil 4.5 incelendiğinde içerik olarak aynı grup yayıcı-yapıştırıcıların farklı yaprak yüzeylerinde benzer sonuçlar vermesi beklenirken, istatistiksel açıdan anlamlı farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Buna göre Çizelge 4.9' nin son sütununda verilen değişim katsayıları incelendiğinde; 3. ve 10. saniyelerdeki değişimler incelendiğinde % 29,49 ve % 43,34 değeriyle en fazla domates yaprağının değişime sebep olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla domates bitkisine karşı yapılacak bir mücadele programında kullanılacak yayıcı-yapıştırıcı seçimi etkinlik açısından önemli bulunmaktadır. Bunu % 33,05 ve % 40,91 katsayısı ile Bamya, % 30,97 ve % 34,48 katsayısı ile asma yapraklarının sağladıkları değişim seviyeleri takip etmiştir. Değişimi en az etkileyen yaprakların % 25,27 - % 33,19 varyasyon katsayısı ile patlıcan bitkisine ait olduğu anlaşılmaktadır. Patlıcan bitkisine karşı yapılacak bir ilaçlama uygulamasında yayıcı-yapıştırıcı seçiminin benzer sonuçlar vereceği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla böyle bir uygulamada herhangi bir yayıcı-yapıştırıcının kullanılması beklenen fayda açısından sorun oluşturmayacaktır. Sıralamayı biber, portakal ve limon yapraklarının takip ettiği gözlenmiş olup, yüzeylerinde orta seviyelerde değişimi etkiledikleri, elde edilen varyasyon katsayısı değerlerinden anlaşılmaktadır.

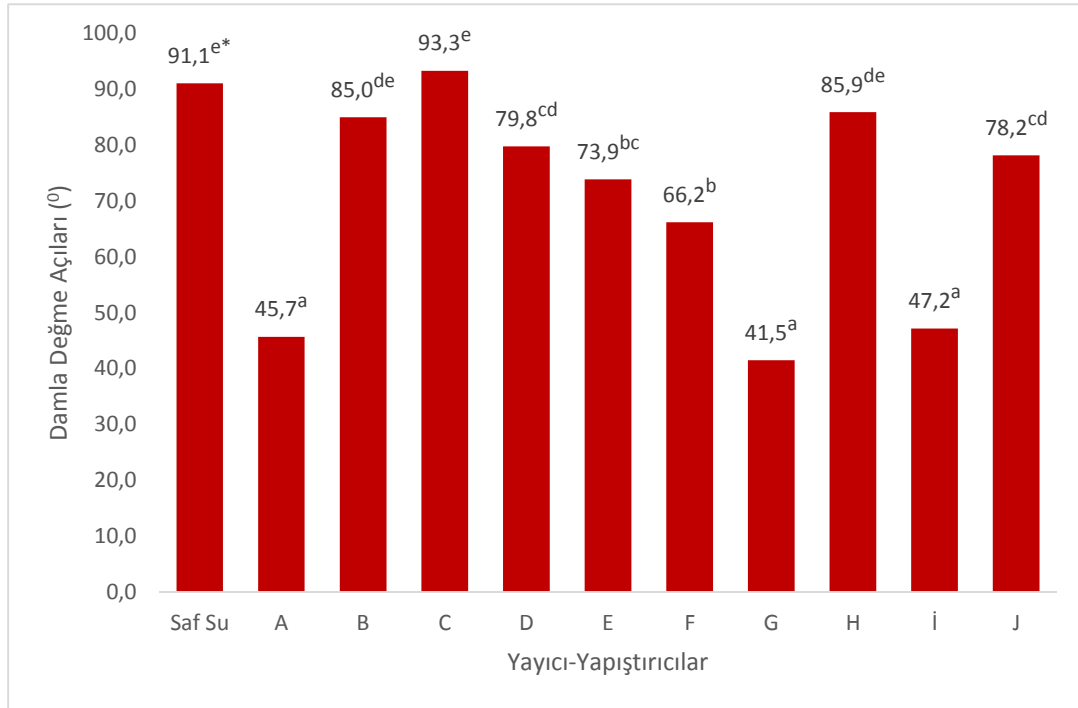
Çizelge 4.9. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3. ve 10. Saniyede Yaprak Yüzeyinde Oluşturdukları Ortalama Değme Açıları (⁰)

Bitki Türü	Süre (s)	Saf Su	A	B	C	D	E	F	G	H	İ	J	CV (%)
Bamya	3	87,8	41,8	100,4	86,2	69,2	63,7	69,0	35,0	72,4	32,8	71,9	33,05
	10	84,0	30,8	89,2	76,3	62,2	54,6	47,3	20,1	67,7	27,1	62,6	40,91
Portakal	3	86,3	45,8	54,1	82,1	74,2	85,3	49,1	43,1	82,9	43,2	67,1	27,86
	10	84,8	37,6	52,1	81,7	71,8	80,3	42,9	29,4	82,3	35,2	63,1	35,49
Limon	3	72,9	43,4	75,2	94,1	61,1	55,8	54,6	31,5	66,0	60,2	75,4	27,08
	10	71,4	36,7	70,2	92,8	49,1	52,6	47,9	21,7	62,4	51,6	72,8	34,05
Domates	3	100,0	49,0	94,8	100,1	84,1	73,7	46,9	56,6	99,5	46,7	85,3	29,49
	10	99,3	30,2	89,8	98,4	77,3	59,9	22,7	51,8	97,8	33,2	79,6	43,34
Biber	3	81,8	43,7	87,1	83,8	79,0	73,5	72,6	35,6	77,6	45,5	72,4	26,28
	10	80,3	33,0	84,8	81,9	74,2	69,1	59,9	15,5	75,4	33,5	66,1	38,15
Patlıcan	3	95,2	53,5	86,7	91,3	85,1	68,0	77,4	43,3	93,1	47,5	74,5	25,27
	10	94,0	39,7	76,7	89,0	78,3	63,2	68,0	27,7	87,0	40,0	67,5	33,19
Asma	3	114,0	42,6	96,5	115,7	105,6	97,5	94,1	45,7	110,1	54,5	100,7	30,97
	10	111,6	38,9	95,5	112,9	101,0	93,7	80,2	39,1	108,6	45,8	91,0	34,48
CV (%)	3	14,67	9,19	18,75	12,52	17,78	18,76	25,80	20,34	18,27	18,33	14,53	
	10	14,94	11,05	18,66	13,73	21,68	21,91	35,42	42,62	19,71	21,98	14,40	

Farklı yayıcı-yapıştırıcıların, önerilen oranlara göre hazırlanan karışımlarının, farklı yaprak yüzeylerine uygulanması ile elde edilen değme açıları ortalamaları (Şekil 4.4) açısından değerlendirilmesinde, yapılan istatistik analiz sonucuna göre testin hesaplanan önem düzeyi, testin önem düzeyinden düşük çıkmıştır. Bunun sonucunda yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının oluşturdukları değme açılarının birbirlerine göre farklılıklara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Analiz sonucuna göre G, A ve İ karışımları benzer özellikler bakımından birinci grubu oluşturarak en düşük değme açıları oluşumunu sağlarken, F ve E ile ikinci grubu oluşturacak boyutlarda damla değme açıları elde edilmiştir. Üçüncü grubu oluşturan değme açılarını üreten karışımlar ise; J ve D ile elde edilen damlaların yanı sıra E yayıcı-yapıştırıcısı karışımları tarafından sağlanan verilere ait olduğu belirlenmiştir. J, D, B ve H karışımları benzer özellikler açısından dördüncü grup olarak değerlendirilmekte, C ile Saf su, B ve H karışımları ile birlikte beşinci kategoriyi oluşturmuştur.

Farklı yüzeylerin ıslanabilirliğinin miktarını belirlemede bir ölçüt olan çok küçük temas açılarının ($<60^0$) kolay ıslanmanın göstergesi olması ve 80^0 ye kadar olan temas açılarının orta ıslanabilirlik olarak kabul edilmesi ve 100^0 civarındaki ölçümlerin ise zor ıslanma olarak değerlendirilmesi yaklaşımına göre (Gaskin ve ark. 2005), yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının yaprak yüzeylerinde, üçüncü saniye sonunda oluşturdukları temas açıları incelenmiştir. Saf su, C, B ve H yayıcı-yapıştırıcılarından üretilen damlaların yaprak yüzeylerinde oluşturdukları değme açıları ortalamalarının 80^0 den yüksek olmaları nedeniyle, yaprak yüzeylerinde tutunamayarak akmaya meyilli oldukları sonucu çıkarılmıştır. Bu yayıcı-yapıştırıcıların yüksek yüzey gerilimine sahip oldukları ve içeriklerinin selüloz türevlerinden oluşması, pazarda yaygın olarak satışı bulunan karboksimetilselüloz ve sodyumkarboksimetilselüloz gibi içeriklere sahip katkı maddelerinin etkili sonuç vermediği sonucunu oluşturmaktadır. G, A ve İ yayıcı-yapıştırıcıları ile hazırlanmış karışımlardan elde edilen damlaların, yaprak yüzeylerinde, tarımsal mücadelede istenilen açıları oluşturacak şekilde yayılma gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu yayıcı-yapıştırıcıların ise karışımlar arasında en düşük yüzey gerilimi oluşturan katkı maddeleri oldukları gözlenmiştir. D, E, F ve J yayıcı-yapıştırıcıları ise, hidrofil ile hidrofor aralığında değme açıları oluşturmuş, dolayısıyla orta seviye yayıcı-yapıştırıcıları kategorisi olarak değerlendirilmiştir. Bu

karışımlar arasında F katkı maddesi dışındakilerin yüzey gerilim değerlerinin diğer karışımlara göre orta seviyede değerlikler oluşturdukları anlaşılmaktadır.

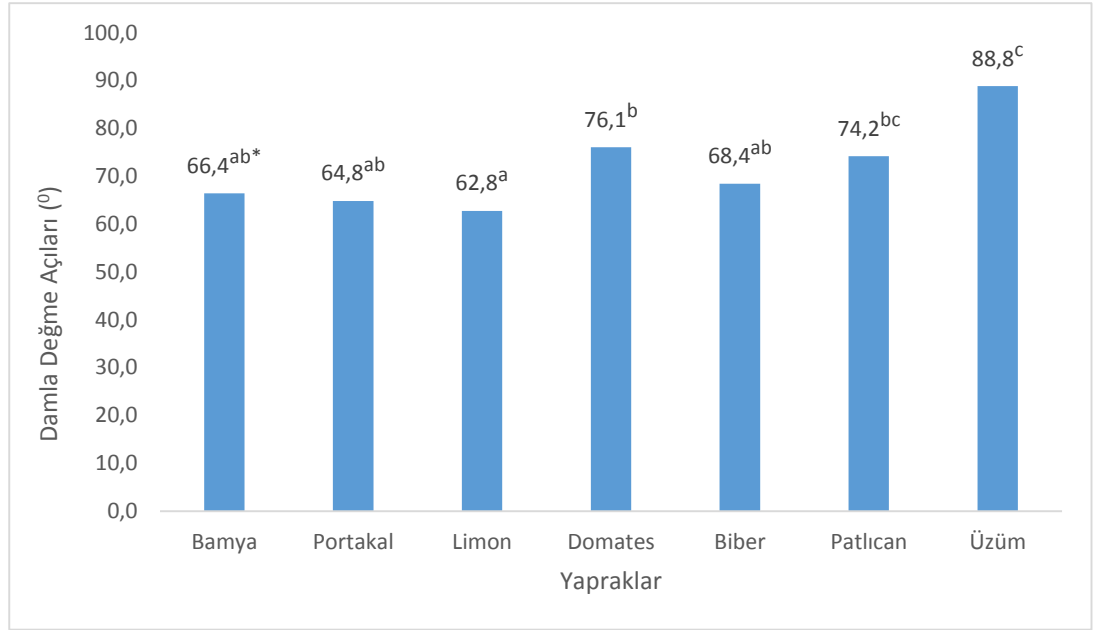


* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir.

Şekil 4.4. Yayıcı-Yapıştırıcıların Farklı Yaprak Yüzeylerinde 3. Saniyede Oluşturdukları Ortalama Değme Açıları

Yayıcı-yapıştırıcıların etiket önerilerindeki konsantrasyonlarına göre hazırlanmış karışımların yaprakların temas yüzeylerinden elde edilen verilerinden Şekil 4.5. teki grafik oluşmaktadır. Bununla ilgili yapılan istatistiksel analizde testin hesaplanan önem düzeyi, testin önem düzeyinden düşük çıkmaktadır. Dolayısıyla yapraklar arasında, yüzeylerinde oluşturdukları değme açılarının birbirlerine göre farklı olduğu sonucu oluşmaktadır. Yaprakların gösterdikleri damla değme açısı davranışları bakımından ortalamaların karşılaştırılmasında üç farklı grubun olduğu gözlenmiş olup limon yaprağı, yüzeyinde oluşturduğu değme açıları bakımından en düşük temas açılarını oluşturarak tek başına birinci grupta yer almıştır. Temeldaş (2007) yapmış olduğu araştırmada bununla ilgili benzer bir sonuç bulmuştur. Bu doğrultuda, limon yapraklarının diğer yapraklarla karşılaştırıldığında daha hidrofilik bir özellik taşıdığı söylenebilir. Portakal, bamya ve biber bitkileri yaprakları üzerinde

oluşan değme açıları verileri hem birinci hem de ikinci grup olarak analiz edilmiştir. Domates yaprağı yüzeyinde oluşan temas açılara ait değerler sadece ikinci grupta yer alırken, asma yaprağına ait veriler ise oluşan değme açıları bakımından yalnızca üçüncü grubu oluşturmuştur. Şekil 4.5 te görüleceği üzere asma yapraklarının üzerlerinde üçüncü saniyede oluşan temas açıları, diğer yaprak yüzeylerinde oluşan temas açılara göre en büyük değme açıları oluşturmuştur. Bu nedenle daha hidrofobik bir karakter gösterdiği ve bu veriler ışığında asma yaprağının daha düşük bir yüzey enerjisine sahip olacağı öngörülmekte, ayrıca büyük temas açısı oluşumunu etkilediği düşünülmektedir. Gaskin ve ark. (2005) yaptığı iki farklı çalışmada buna benzer sonuçlar bulmuşlardır.



* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Şekil 4.5. Yaprak Yüzeylerinde 3. Saniyede Oluşan Ortalama Değme Açıları

Pazarda satışı yapılan yayıcı-yapıştırıcıların, üzerlerinde yazılı olan yayıcılık ve yapıştırıcılık özelliklerini hangi seviyede gerçekleştirdiğinin anlaşılması için karışımlardan oluşturulan damlaların değme açıları, değme yükseklikleri ve değme çapları değerlerinin zaman içerisindeki değişimleri gözlenerek yaprak yüzeyleri ve yayıcı-yapıştırıcılar arasındaki etkileşim seviyeleri araştırılmıştır.

Öncelikle yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının farklı yüzeylerde tutunma, yayılma ve yapışma miktarının belirlenmesinde, karışımlardan elde edilen damlaların yaprak yüzeylerinde oluşturdukları temas açılarının belirli bir süre içerisindeki değişim oranları gözlenmiş ve gerekli değerlendirmeler buna göre yapılmıştır. Yaprak yüzeylerinde 3. saniye ile 10. saniye de ölçülen değme açılarındaki değişim seviyeleri iki zaman arası boyunca incelenmiş ve bu veriler hem yayıcılık hem de yapıştırıcılık bakımından değerlendirilmiştir. 3. ve 10. saniye arasında geçen 7 saniye sonunda elde edilen ortalama veriler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge 4.10 incelendiğinde 7 saniye sonunda en fazla değme açısı azalmasını biber yaprağı yüzeyinde G yayıcı-yapıştırıcısının sağladığı, en az açı değişimini portakal yaprağı yüzeyinde H yayıcı-yapıştırıcılı damlaların oluşturdukları gözlenmiştir. Yapraklar açısından bakıldığında en yüksek değme açısı azalması verilerine bamya yaprağının sahip olduğu, karışımlar açısından bakıldığında ise en yüksek açı azalma değerlerini F yayıcı-yapıştırıcısının oluşturduğu gözlenmiştir. Açı azalışı bakımından en düşük değerleri sağlayan yüzeyin portakal yaprağı sahip iken karışımlar arasından ise saf su değerleri sağlamıştır.

Yayıcı-yapıştırıcıların farklı bitki yaprakları yüzeylerinde göstermiş oldukları değişimler Çizelge 4.10 incelendiğinde C ile hazırlanmış karışımın % 109,61 varyasyon katsayısıyla farklı yüzeylerde farklı davranışlar gösterdiği anlaşılmaktadır. Bunu % 76,48 katsayısıyla B ve % 67,40 ile H karışımlarının takip ettiği gözlenmiştir. Her üç yayıcı-yapıştırıcının etkili maddesinin selülozik yapılı olması ve en yüksek yüzey gerilimini oluşturmaları, bu tür katkı maddelerinin belirli sürelerde değişik yüzeylerde farklı yayılma davranışları gösterdikleri sonucunu oluşturmuştur. Bu tür yayıcı-yapıştırıcıların kullanımında diğer parametrelerde göz önünde bulundurularak seçici davranılması gerekliliği anlaşılmaktadır. Karışımlar arasında farklı yaprak yüzeylerinde oluşturdukları açı değişimleri bakımından bu katkı maddelerine yakın sonuçların İ yayıcı-yapıştırıcısı tarafından oluşturduğu belirlenmiş, bunu sırasıyla G ve A katkı maddesi takip etmiştir. Bu karışımların en düşük yüzey gerilimine sahip oldukları belirlenmiş olup değişim üzerinde etkili oldukları düşünülmektedir. Diğer katkı maddelerinin geriye kalan karışımlara göre sahip oldukları ara yüzey gerilim değerleriyle karışımların orta seviyelerde varyasyon katsayıları oluşturdukları söylenebilir.

Çizelge 4.10'a yapraklar açısından bakıldığında, değişimi en fazla sağlayan yüzeylerin portakal ile biber bitkilerine ait varyasyon katsayıları ile desteklendiği görülmektedir. Dolayısıyla bu yaprakların, bir ilaçlama programında, içerikleri farklı yayıcı-yapıştırıcılarla hazırlanmış püskürtme sıvılarını, farklı oranlarda etkileyerek daha değişken sonuçların oluşumunu destekleyecekleri anlaşılmaktadır. Bunun için bu yüzeylere yapılacak uygulamalarda yayıcı-yapıştırıcı seçiminde daha seçici olunması gerekliliği oluşmaktadır. % 36,98 katsayısıyla bamya yaprağı, değişimi en az etkileyen yüzey olarak ayrışmakta ve bunu % 59,62 katsayısıyla patlıcan yaprağı takip etmektedir. Her ne kadar patlıcan yaprağının en düşük varyasyona katsayısına sahip olması nedeniyle değişimi en az etkilediği düşünülse de % 50 nin üzerinde bir değişim sağladığı, bunun da önemli bir seviye olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Diğer yaprak yüzeyleri ise ara değerlere sahip değişim katsayılarına sahip oldukları gözlenmiştir.

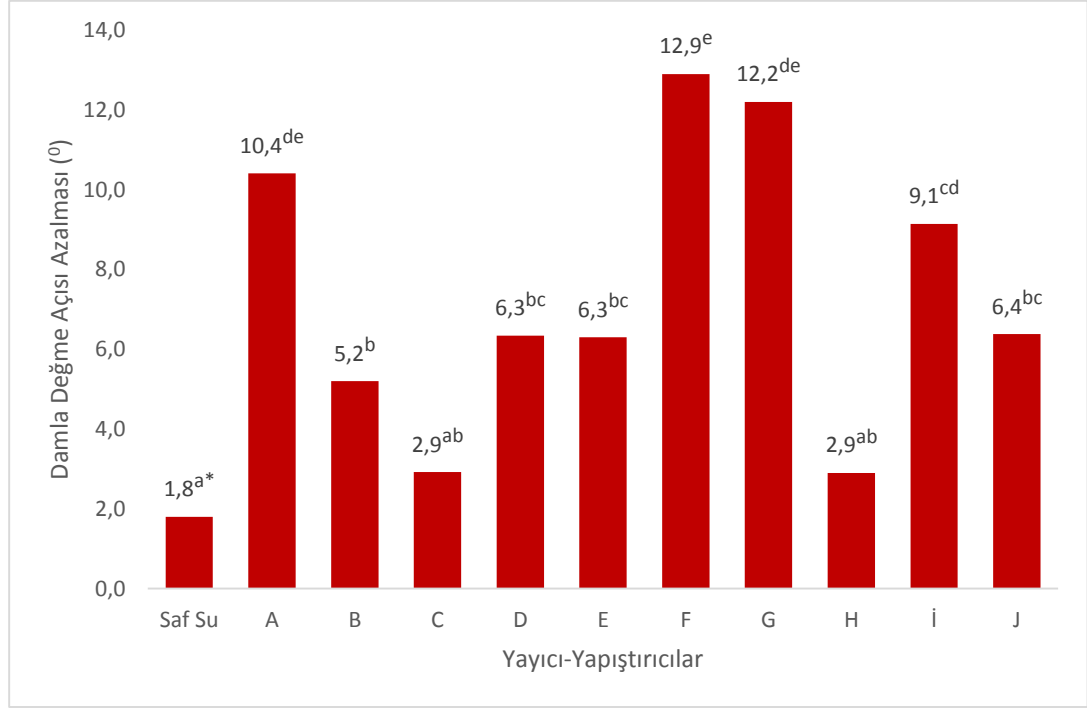
Çizelge 4.10. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3. ile 10. Saniye Arasında Yaprak Yüzeyindeki Değme Açılarındaki Azalma Miktarı (°)

Bitki Türü	Saf Su	A	B	C	D	E	F	G	H	İ	J	CV (%)
Bamya	3,8	11,0	11,2	9,9	7,0	9,1	9,9	14,9	4,7	5,7	9,3	36,98
Portakal	1,5	8,2	2,0	0,4	2,4	5,0	10,9	13,7	0,6	8,0	4,0	86,55
Limon	1,5	6,7	5,0	1,3	12,0	3,2	11,9	9,8	3,6	8,6	2,6	66,67
Domates	0,7	18,8	5,0	1,7	6,8	13,8	12,9	4,8	1,7	13,5	5,7	77,56
Biber	1,5	10,7	2,3	1,9	4,8	4,4	13,9	20,1	2,2	12,0	6,3	83,59
Patlıcan	1,2	13,8	10,0	2,3	6,8	4,8	14,9	15,6	6,1	7,5	7,0	59,62
Asma	2,4	3,7	1,0	2,8	4,6	3,8	15,9	6,6	1,5	8,7	9,7	80,50
CV (%)	56,47	47,36	76,48	109,61	47,22	60,62	16,75	44,26	67,40	29,45	40,70	

Çizelge 4.10’da belirtilen verilere göre gerek yayıcı-yapıştırıcıların yaprak yüzeylerinde oluşturdıkları davranışları gösteren Şekil 4.6’daki grafikten, gerekse yaprakların yayıcı-yapıştırıcılar karşısında gösterdiği davranışları gösteren Şekil 4.7’deki grafikten anlaşılabacağı üzere her biri ayrı bir katkı maddesi içeren damlaların belirtilen süre içersinde yerçekiminin de etkisiyle yaprak yüzeylerinde farklı seviyelerde yayıldığı elde edilen görüntülerden de anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre katkı maddeleri arasından, zamanla yaprak yüzeylerine daha fazla yapışma eğilimi gösteren F, G, A ve İ yayıcı-yapıştırıcılı karışımların ilaç performansını olumlu yönde etkileyeceği anlaşılmaktadır. Bu dört katkı maddenin de en düşük yüzey gerilimine sahip karışımlar olmaları ilginç bir sonuç oluşturmaktadır.

Yayıcı-yapıştırıcıların değişik yüzeylerde oluşturdıkları, Şekil 4.6’da belirtilen değme açısı azalışı ortalamaları, yani yayılma ve yapışma açısından yapılacak bir değerlendirmede, karışımlar arasındaki farklılıklar bakımından yapılan istatistik analizinde testin hesaplanan önem düzeyi, testin önem düzeyinden küçük çıkmıştır. Buna göre karışımların oluşturdıkları değme açıları değişimleri arasında en az birinin farklı olduğu sonucu oluşmuştur. Buna göre karışımlar değme açısı değişimi bakımından beş farklı gruba ayrılmış, bunlardan en az açı değişimini Saf su, H ve C yayıcı-yapıştırıcılarından elde edilen karışımlar sağlayarak ilk grupta yer almışlardır. Bu karışımların en yüksek yüzey gerilim oluşturdıkları belirlenmiş olup 3 ile 10 saniye arasında en az açı değişimini sağlayarak zamana göre en az yayılma ve yapışma sağladıkları söylenebilir. İkinci grubu sırasıyla B, H, C, E, D ve J karışımları oluşturmuştur. Üçüncü grupta E, D, J ve İ karışımları benzer özellik gösterirken, dördüncü grubu İ, A ve G karışımları oluşturmuştur. Son olarak beşinci grupta A, G ve F karışımları en büyük açı değişimleri göstermesi ile hem yayıcılık hem de yapıştırıcılık yönüyle üstün performans sergileyerek aynı grupta yer almışlardır. Bu üç karışımın en düşük yüzey gerilim oluşturan karışımlar oldukları bilinmekte olup,

yayılma ve yapışma zamanının bir fonksiyonu olarak değerlendirildiğinde en büyük değişimleri sağladıkları söylenebilir.

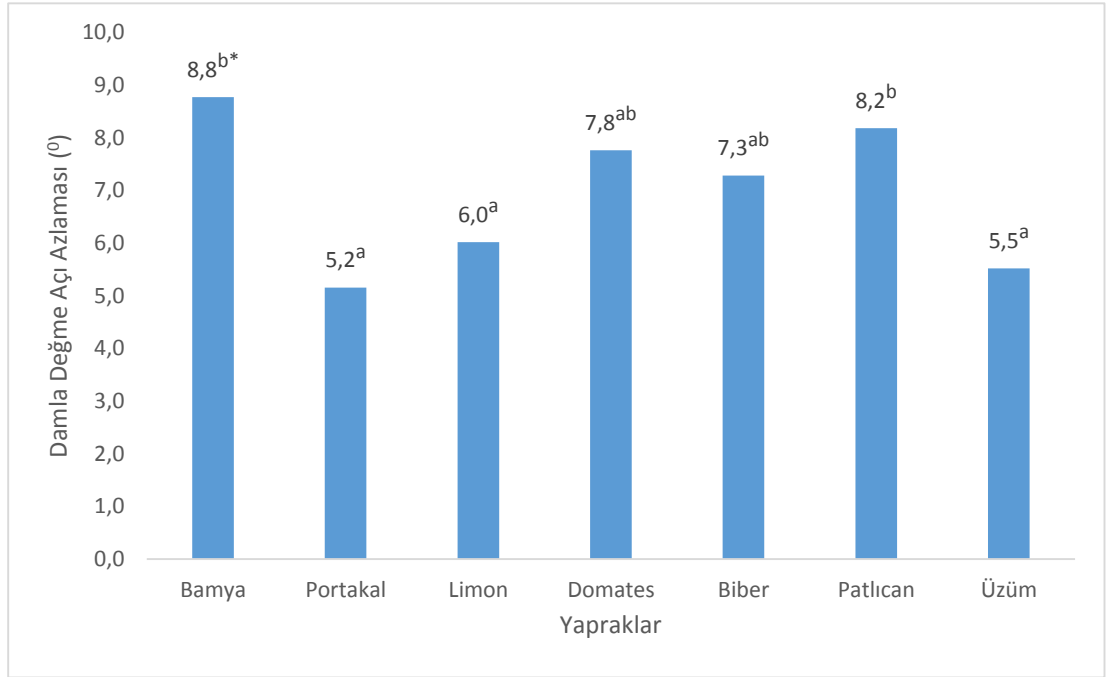


* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Şekil 4.6. Yaprak Yüzeylerine Uygulanan Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının Yedi Saniye Sonunda Oluşturdukları Açılardaki Ortalama Azalma Miktarları (°)

Şekil 4.7’de görülen ortalamaların karşılaştırılmasında, değme açılarının yaprak yüzeylerinin yedi saniye sonundaki oluşturdukları temas açısı değişimleri incelendiğinde yapılan istatistiksel analize göre testin hesaplanan önem düzeyi, testin önem düzeyinden düşük çıkmıştır. Yaprak yüzeyleri üzerinde oluşan değme açılarının değişim seviyelerinin birbirlerine göre olan durumu incelendiğinde iki farklı grubun olduğu tespit edilmiştir. Portakal, asma, limon, biber ve domates bitkisi yaprakları benzer açı değişimi özelliği bakımından daha az açı değişimi oluşturarak birinci grupta yer almıştır. Açı oluşumu ve değişimi, uygulanan yüzeylerin değişik özelliklerinden farklı seviyelerde etkilenmektedir. Bu etkileşimin, yüzeylerin sahip olduğu statik elektrik yükü ile uygulama sıvısı yükü arasında oluşan ilişki, pH seviyesi, uygulama sıvısıyla yüzeylerin sahip olduğu kimyasal yapılar ve bu yapıların birbirlerine olan tesiri sonucunda oluşan yeni bağlar, nem düzeyi, sıcaklık, yüzeydeki tüy varlığı, yüzey

pürüzlülüğü gibi birçok faktörün etkisi altında olduğu bilinmektedir. Diğer yandan biber, patlıcan, domates ve bamyı yaprağı daha fazla açı değişimi sağlayarak ikinci grubu oluşturmuştur. Burada her ne kadar farklı gruplarda yer almış olsalar da oluşturdıkları davranış bakımından aynı familyada olan portakal ve limon yapraklarının yaklaşık sonuçlar ürettikleri görülmektedir. Elde edilen iki farklı grupta bulunma durumu ise sadece istatistiksel bir yaklaşımın sonucudur.



* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Şekil 4.7. Yaprak Yüzeylerindeki Karışım Damlacıklarının Yedi Saniyede Oluşturdukları Değme Açılarındaki Ortalama Azalma Miktarları

4.1.3. Damla Değme Yükseklik Bulguları

Yaprak yüzeylerindeki damlaların 3. ve 10. saniyede oluşturdıkları değme yükseklikleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge 4.10 incelendiğinde en büyük değme yüksekliğini bamyı yaprağı yüzeyinde B yayıcı-yapıştırıcısıyla hazırlanmış karışımların oluşturduğu, en düşük değme yüksekliğini ise limon yaprağı yüzeyinde G yayıcı-yapıştırıcısının sağladığı belirlenmiştir. Yayıcı-yapıştırıcı karışımları arasından, Şekil 4.8’de oluşan grafiğe göre, farklı yaprak yüzeylerinde en büyük

değme yükseklik değerlerini Saf su, C, B ve H karışımları oluşturmuştur. Bu üç karışım da en yüksek yüzey gerilimine sahiptir. C, B ve H katkı maddelerinin benzer içeriklere sahip olduğu bilinmektedir. Selülozik yapılı bu ürünlerin değişik yaprak yüzeylerinde uygulama damlacıklarının yüksek değme açısı oluşumunu teşvik ederek hem tutunmayı düşürdüğünü, hem yapışmayı geciktirdiğini hem de akmaya daha meyilli damlacıkların oluşumunu desteklediğini söyleyebiliriz. Bu karışımları sırasıyla E ve J yayıcı-yapıştırıcı karışımları takip ederek ara değerlere sahip damla yükseklikleri elde edilmiştir. Bu karışımların orta seviyelere sahip yüzey gerilim oluşturdukları gözlenmiştir. Yayıcı-yapıştırıcılar arasından en düşük değme yükseklik değerlerini ise G, A ve İ yayıcı-yapıştırıcıları oluşturmuşlardır. Bu karışımlar en düşük yüzey gerilimini oluşturarak yaprak yüzeylerinde en fazla yükseklik değişimini sağladıkları, diğer ifadeyle yapışmayı en fazla artıran ürünler oldukları söylenebilir.

Şekil 4.9 incelendiğinde asma yaprağı yüzeyinde oluşan damla yüksekliklerinin fazla olduğu, diğer yaprak yüzeylerinde ise birbirlerine daha yakın sonuçların olduğu gözlenmiştir. Devam eden araştırmalarda yaprak yüzeyleri üzerindeki damlaların onuncu saniyede oluşturdukları yükseklik verileri ile üçüncü saniyede elde edilen veriler arasında oluşan yükseklik değerleri kaydedilmiş, oluşan değişim miktarlarına ait ortalama azalma verileri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

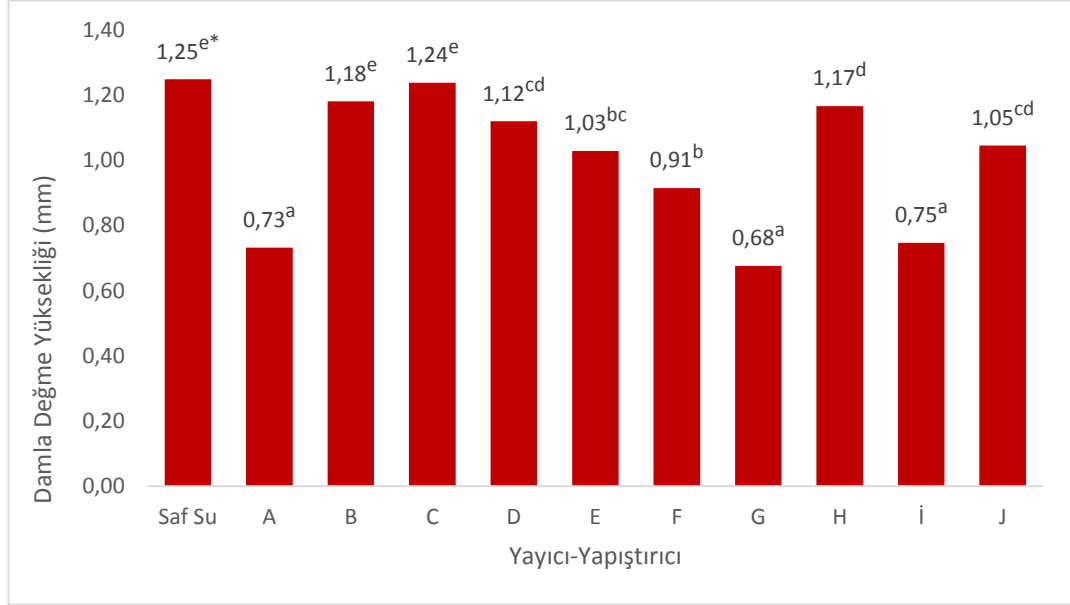
Yayıcı-yapıştırıcılarla hazırlanmış karışımların farklı yaprak yüzeylerine göre oluşturdukları değme yükseklik değişimleri Çizelge 4.11 incelendiğinde, 3. ve 10. saniyedeki değişimi gösteren % 42,49 ve % 18,38 ile en yüksek varyasyon katsayısına sahip B katkı maddesinin değişik yüzeylerde farklı sonuçlar oluşturduğu gözlenmiştir. Bu sonuç, diğer katkı maddelerine göre B yayıcı-yapıştırıcısı ile yapılacak bir ilaçlama programında, mücadelesi yapılacak ürün çeşidinin önem arz ettiğini göstermektedir. Buna göre en yüksek varyasyon katsayısına sahip B ürünün değişik yüzeylerde farklı sonuçlar oluşturacağı söylenebilir. % 20,28 ve % 31,88 gibi yakın bir katsayı ile G yayıcı-yapıştırıcısı ikinci derecede farklı sonuçlar oluşumunu sağlamıştır. Farklı yaprak yüzeylerinde birbirine yakın damla değme yüksekliklerinin oluşumunu % 8,49 ve % 9,31 katsayısı ile C sağlamış, bunu İ karışımı damlalar %7,93 ve % 12,22 katsayısı ile takip etmiştir. Diğer karışımlar ise bu iki sonuç arasında varyasyon katsayıları oluşturmuşlardır.

Yapraklar açısından bir durum değerlendirmesi yapıldığında, aynı yayıcı-yapıştırıcı karışımları ile hazırlanmış solüsyonlardan elde edilen damlaların, farklı bitkilere ait yaprak yüzeyleri tarafından, farklı oranlarda değme yükseklikleri oluşumlarını sağladıkları gözlenmiştir. Burada 3. saniyede % 45,98 ve 10. saniyede % 33,11 varyasyon katsayısı ile Bamyı yaprağı, üzerinde değişik yayıcı-yapıştırıcıların birbirlerine göre daha farklı sonuçlar üretmesini teşvik etmiştir. Damla değme yüksekliği bakımından ikinci sırayı % 30,30 ve % 36,17 katsayısı ile Portakal yaprakları takip etmiştir. En az değişimi ise % 17,17 ve % 23,14 varyasyon katsayısı ile Patlıcan yaprakları oluşturmuş, Asma yaprakları % 22,19 ve % 25,16 katsayısı ile ikinci derecede en az değişimin gerçekleştiği yüzeyler olmuştur. Diğer yapraklar ara değerlerde varyasyon katsayısı oluşumunu sağlayarak değişimi orta seviyelerde etkiledikleri gözlenmiştir.

Çizelge 4.11. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3. ve 10. Saniyede Yaprak Yüzeyinde Oluşturdukları Değme Yükseklikleri (mm)

Bitki Türü	Süre (s)	Saf Su	A	B	C	D	E	F	G	H	İ	J	CV (%)
Bamya	3	1,076	0,806	2,556	1,164	1,098	0,975	0,975	0,708	1,026	0,711	1,011	45,98
	10	1,018	0,602	1,499	1,120	1,023	0,862	0,700	0,460	0,994	0,587	0,910	33,11
Portakal	3	1,341	0,777	0,938	1,290	1,139	1,359	0,662	0,642	1,457	0,651	1,043	30,30
	10	1,327	0,709	0,947	1,286	1,101	1,307	0,581	0,464	1,447	0,543	1,023	36,17
Limon	3	1,113	0,784	0,919	1,365	0,897	0,748	0,878	0,384	1,111	0,815	1,116	27,87
	10	1,070	0,676	0,880	1,349	0,719	0,721	0,784	0,309	1,077	0,714	1,083	32,82
Domates	3	1,326	0,637	1,272	1,262	1,175	1,037	0,727	0,782	1,256	0,711	1,091	25,53
	10	1,316	0,387	1,224	1,244	1,066	0,861	0,416	0,733	1,241	0,532	1,025	38,19
Biber	3	1,176	0,592	1,218	1,143	1,167	1,113	1,006	0,704	0,997	0,762	0,945	21,57
	10	1,151	0,510	1,187	1,121	1,113	1,059	0,844	0,347	0,979	0,609	0,872	32,10
Patlıcan	3	1,195	0,755	1,106	1,094	1,013	0,822	1,010	0,741	1,028	0,764	0,844	17,17
	10	1,181	0,659	1,029	1,063	0,951	0,774	0,908	0,524	0,972	0,667	0,780	23,14
Asma	3	1,510	0,773	1,254	1,346	1,349	1,145	1,146	0,771	1,290	0,811	1,265	22,19
	10	1,475	0,717	1,239	1,325	1,307	1,107	1,007	0,694	1,274	0,715	1,186	25,16
CV (%)	3	12,20	11,30	42,49	8,49	12,61	20,01	18,67	20,28	14,78	7,93	12,79	
	10	13,19	19,88	18,38	9,31	17,21	21,90	26,92	31,88	16,08	12,22	13,99	

Şekil 4.8’de verilen ortalama değme yükseklikleri açısından yapılan istatistiksel analizde testin hesaplanan önem düzeyi, testin önem düzeyinden düşük çıkmıştır. Dolayısıyla karışımlar arasında en az bir tanesinin diğerlerinden farklı olduğu sonucu oluşmuştur. Yayıcı-yapıştırıcıların farklı yüzeylerde oluşturdukları damla değme yükseklikleri, beş farklı gruba ayrılmıştır. Şekil 4.8’de de görüleceği üzere G, A ve İ karışımları daha düşük temas yüksekliği oluşturma açısından ön plana çıkmakta olup birinci grubu oluşturmuştur. Bu katkı maddelerinin en düşük yüzey gerilimine sahip oldukları bilinmekte olup, yüzey gerilimin azalması ile uygulama sıvısının değişik yüzeylerde yapışması arasında güçlü bir ilişkinin olduğu sonucu çıkmaktadır. F ve E bir diğer grup olarak değerlendirilerek ikinci derecede düşük temas yükseklikleri sağlamışlardır. E, J ve D karışımları ise ortak özellik gösteren üçüncü grup olarak değerlendirilmekte, J, D ve H karışımlarının oluşturduğu temas yükseklikleri ise dördüncü grubu oluşturacak benzerlikte özellikler taşımaktadır. Son olarak B, C ve Saf su en fazla damla temas yükseklikleri oluşturan karışımlar olarak beşinci gurubu oluşturmuşlardır. B, C ve H katkı maddelerinin en az değme yüksekliği sağlayarak son sıralarda bulunduğu ve damla değme yükseklikleri açısından benzer sonuçlar ürettikleri gözlemlenmektedir. Bu yayıcı-yapıştırıcıların yüksek yüzey gerilimleri oluşturdukları tespit edilmiş olup değme yüksekliklerinin azalmasını olumsuz yönde etkileyerek damla yapışmasının yavaşlamasına neden oldukları söylenebilir. Bu veriler ışığında, içeriği selüloz ile hazırlanmış yayıcı-yapıştırıcıların tarımsal mücadelede yaygın olarak kullanımından kaçınılması gerekliliği sonucu ortaya çıkmaktadır.

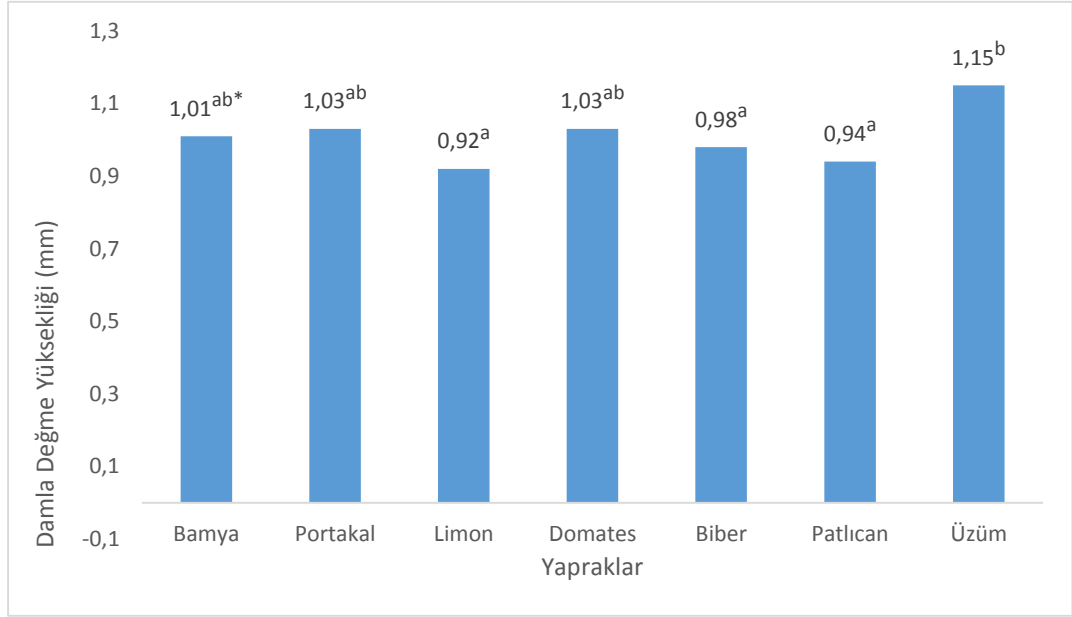


* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Şekil 4.8. Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3. Saniyede Oluşturdukları Ortalama Değme Yüksekliği (mm)

Şekil 4.9’da belirtilen farklı yaprak yüzeyleri arasında damla değme yükseklikleri ortalamaları bakımından bir karşılaştırma yapıldığında, karışımlara ait damlaların, üzerinde en fazla yükseklik oluşturdukları yaprakların asma bitkisi yüzeylerine ait olduğu görülmüş, portakal, domates ve bamyı yaprak yüzeylerinin ise üzerlerinde ikinci derecede damla yüksekliği oluşturan bitki yaprakları olarak sıralamayı takip ettikleri tespit edilmiştir. En az damla yüksekliklerinin ise limon yaprakları yüzeylerinden elde edildiği, patlıcan ve biber yaprakları yüzeylerinde oluşan yükseklik değerlerinin sıralamayı takip ettiği gözlenmiştir. Portakal ve domates yapraklarına ait yüzeylerin ise aynı oranda damla yükseklikleri oluşumlarını sağladıkları belirlenmiştir.

Şekil 4.9’da belirtilen ortalamaların istatistiksel analizinde yapraklar, yüzeylerinde oluşturdukları temas yüksekliği açısından iki farklı gruba ayrılmaktadır. Limon, patlıcan, biber, bamyı, domates ve portakal yaprakları daha düşük damla yüksekliği ile yakın sonuçlar oluşumunu sağlayarak birinci grubu oluşturmuşlardır. İkinci grubu ise bamyı, domates, portakal ve asma yaprakları yüzeylerindeki damla yüksekliklerinin oluşturdukları gözlenmiştir.



* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Şekil 4.9.Yaprak Yüzeyinde Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcıların 3. Saniyedeki Ortalama Değme Yükseklikleri.

Yaprak yüzeyleri üzerine damlatılan yayıcı-yapıştırıcılı püskürtme sıvılarının 3. saniyede sahip oldukları temas yükseklikleri belirlenerek, aynı işlemler 10. saniye için de yapılmış ve iki süre arasında oluşan yükseklik farkları ortalamaları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelge 4.12 incelendiğinde 7 saniye sonunda en hızlı damla değme yüksekliği azalışının biber yaprağı yüzeyinde, G ürünü karışımlı damlalar tarafından gerçekleştiği tespit edilmiştir. En az yükseklik değişiminin ise portakal yaprağı yüzeyinde C ürünü karışımlı damlacıklar tarafından oluşturuldukları belirlenmiştir.

Yayıcı-yapıştırıcıların farklı yaprak yüzeylerinde yedi saniye sonunda oluşturdukları damla değme yüksekliklerinin en fazla değişken sonuçlarını % 73,27 varyasyon katsayısıyla E katkı maddesinin oluşturduğu belirlenmiş, bunu birbirlerine çok yakın katsayılarla sırasıyla G, D, Saf su, H ve A karışımları takip etmiştir. Farklı yaprak yüzeylerinde en az farklı sonuç üreten karışım olarak % 26,11 varyasyon katsayısı ile İ yayıcı-yapıştırıcısı diğerlerinden ayrışırken, geriye kalan karışımlara ait

Çizelge 4.12. Karışım Halindeki Yayıcı ve Yapıştırıcıların 3 ve 10. Saniye Arasında Yaprak Yüzeyinde Oluşan Değme Yüksekliklerindeki Azalma Miktarı (mm)

Bitki Türü	Saf Su	A	B	C	D	E	F	G	H	İ	J	CV (%)
Bamya	0,058	0,204	0,057	0,045	0,075	0,112	0,275	0,249	0,033	0,124	0,101	69,62
Portakal	0,015	0,068	0,036	0,004	0,038	0,052	0,081	0,178	0,010	0,108	0,020	93,51
Limon	0,043	0,108	0,039	0,017	0,178	0,027	0,094	0,075	0,034	0,100	0,034	71,21
Domates	0,010	0,250	0,048	0,018	0,109	0,176	0,311	0,049	0,015	0,179	0,066	92,03
Biber	0,025	0,082	0,031	0,022	0,054	0,054	0,162	0,357	0,019	0,153	0,076	106,54
Patlıcan	0,015	0,096	0,078	0,031	0,062	0,048	0,102	0,218	0,055	0,098	0,065	68,15
Asma	0,034	0,055	0,015	0,021	0,042	0,038	0,139	0,077	0,016	0,096	0,079	69,54
CV (%)	61,12	60,13	46,41	56,44	62,05	73,27	54,98	65,43	60,41	26,11	43,82	

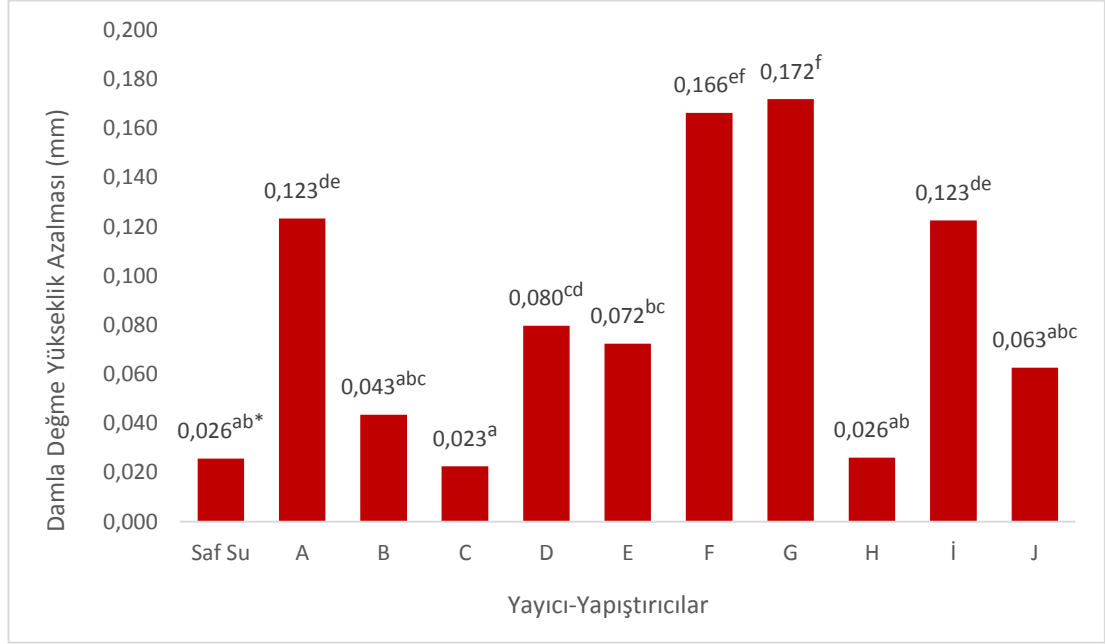
varyasyon katsayılarının ara değerlerde değişim sonuçları oluşturdukları gözlenmiştir.

Yaprakların, aynı uygulama sıvılarına karşı gösterdikleri davranış şekilleri incelendiğinde, tüm yaprak yüzeylerinin % 50 nin üzerinde değişim katsayılarına sahip olduğu ve hepsinin 7 saniye sonunda aynı sıvılara karşı yüksek oranda farklı tepkiler gösterdiği anlaşılmaktadır. Ayrıntılı incelendiğinde biber yaprağının % 106,54 varyasyon katsayısı ile değişik sonuçların oluşumunu en fazla teşvik ettiğini söyleyebiliriz. Biber bitkisi üzerine yapılacak bir ilaç uygulamasında, kullanılması düşünülen yayıcı-yapıştırıcısı seçimi, sonuçlar üzerinde önemli derecede farklılıklar sağlayacaktır. Bunu % 93,51 katsayısı ile portakal bitkisine ait yaprak yüzeylerinin takip ettiğini ve domates yapraklarının % 92,03 katsayısı ile değişimi üçüncü sırada desteklediğini söyleyebiliriz. Aynı grup sıvılara karşı benzer sonuçları veren yaprak yüzeyleri olarak, % 68,15 değişim katsayısı ile patlıcan bitkisinin ön plana çıktığı görülmektedir. En düşük katsayılara sahip olan asma ve limon yaprakları üzerine uygulanacak pülverizasyonda, diğer yapraklara göre en az etkilenecek yüzeyler oldukları belirlenmiştir.

Şekil 4.10 incelendiğinde G ve F yayıcı-yapıştırıcısının onuncu saniye sonunda ortalama değme yüksekliğindeki azalma bakımından daha olumlu performans gösterdiği anlaşılmaktadır. A ve İ yayıcı-yapıştırıcısının da yine çabuk yayılma göstererek bu yayıcı-yapıştırıcılarla hazırlanacak olan solüsyonların uygulama sırasında etkinliklerini arttıracakları düşünülmektedir. Bu dört yayıcı-yapıştırıcının en düşük yüzey gerilimine sahip karışımlar oldukları, dolayısıyla 10. saniyede de en düşük değme yüksekliklerini sağladıkları söylenebilir. Bu sıralamayı D, E ve J katkı maddelerinden üretilen karışımlardan elde edilen damlaların oluşturduğu yükseklik azalışları takip etmiştir. Buna karşın en az yükseklik azalmasının Saf su, C ve H katkı maddeleri ile oluşturulan karışımlardan elde edilen damlaların verilerine ait olduğu belirlenmiştir. Bu karışımların en yüksek yüzey gerilimleri ile sonuçları belirledikleri anlaşılmaktadır. Daha öncede belirtildiği gibi C, H ve B katkı maddelerinin selüloz türevlerinden imal edilmesinin sonucu olarak ortak davranışlar gösterdikleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçların istenmeyen aralıklarda oluştukları gözlenmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde bu tür katkı maddelerinin beklenenin aksine performans gösterdikleri, kullanımlarında daha seçici davranılması gerektiği

düşünülmektedir. Damla değme yüksekliğinde çok az değişim sağlayan bu tür karışımlarla yapılacak ilaç uygulamalarında, elde edilen bu damlaların yapraklara daha az tutunarak yüzey akışı oluşturacağı da anlaşılmaktadır. Böyle bir durumda ilaç kayıplarının oluşacağı ve ilaçlama etkinliği yönünden performansın olumsuz yönde etkileneceği düşünülmektedir.

Yayıcı-yapıştırıcı karışımlarından elde edilen damlaların yaprak yüzeylerinde oluşturdukları değme yüksekliklerinin 7 saniye içerisindeki değişim verilerinin ortalamalarını gösteren Şekil 4.10'a göre, yapılan istatistiksel analizlerde ortalamaların büyüklük sırası pozisyonları incelendiğinde altı farklı grubun olduğu gözlenmiştir. En az yükseklik değişimini C, H, Saf su, B ve J katkı maddeli damlalar sağlayarak ilk grubu oluşturmuşlardır. Bu karışımlar, yapışmayı en az etkileyen, en yüksek yüzey gerilimine sahip katkı maddeli ürünler olarak ön plana çıkmaktadırlar. H, Saf su, B, J ve E karışımlarından elde edilen damlaların yükseklik değişim seviyeleri ikinci grup olarak değerlendirilmiştir. B, J, E ve D karışımlarının oluşturduğu damla yükseklik verileri de benzerlikleri açısından üçüncü grupta yer alırken, D, İ ve A karışımlarının sağladığı yükseklik değişimleri de yaklaşık değerler bakımından dördüncü grubu oluşturmuştur. İ, A ve F karışımlarından oluşturulan temas yüksekliklerindeki azalışları beşinci grup olarak değerlendirilmiş ve son olarak F ve G yayıcı-yapıştırıcı karışımları en fazla damla değme yükseklik azalışlarını sağlayan altıncı grupta yerini almışlardır. Bu grubun organoslikon içerikli olmaları dikkatleri bu yöne doğru yoğunlaştırmış ve ayrıca son iki grupta bulunan karışımların yayıcı-yapıştırıcılar arasında en düşük yüzey gerilimi ile değme yüksekliğinde 10. saniye sonunda yapışmayı en fazla arttırdıkları belirlenmiştir.



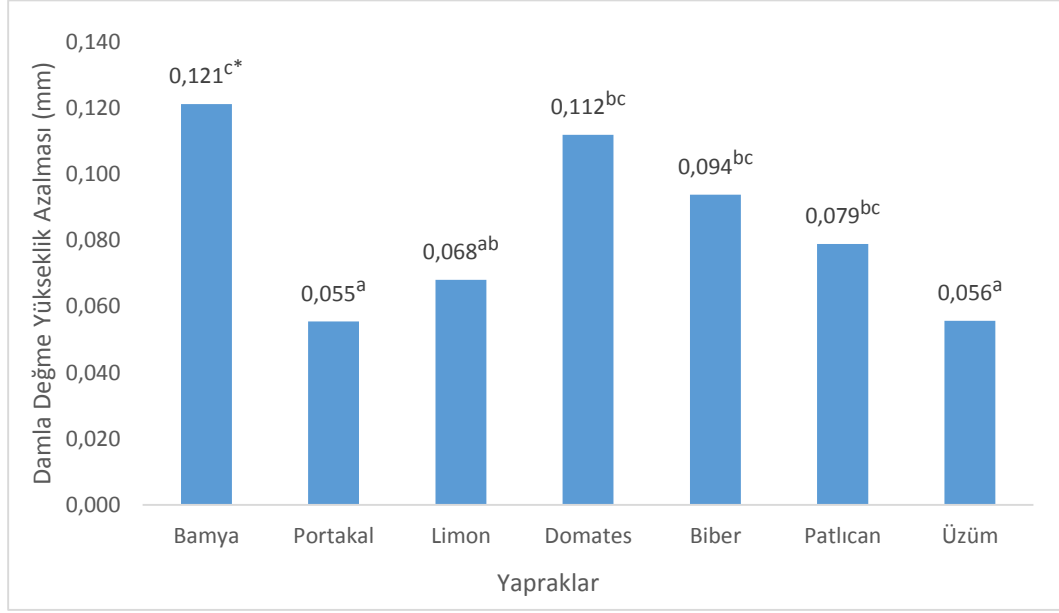
* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Şekil 4.10. Yayıcı-Yapıştırıcıların 3. ve 10. Saniye Arasındaki 7 saniyelik Süre Sonunda Yaprak Yüzeylerindeki Ortalama Değme Yüksekliğindeki Azalma Miktarı

Şekil 4.11 incelendiğinde, yayıcı-yapıştırıcıları ile hazırlanmış karışımlardan elde edilen damlacıkların en hızlı yayıldığı yaprak yüzeyinin bamy bitkisine ait olduğu belirlenmiş, domates yaprağına ait değerlerin ise ikinci sırada öneme sahip olduğu gözlenmiştir. Bu tür yapraklara sahip bitkilerin ilaçlama sırasında uygulanan damlaların yüzeylerine daha çabuk yayılmasını sağlayarak akmaya karşı daha dirençli hale getirdiği sonucu da çıkarılabilir. Biber ve patlıcan bitkisine ait yaprak yüzeylerine uygulanan damlaların yüksekliklerinin azalması üçüncü derecede öneme sahip oldukları grafikten anlaşılmaktadır. Asma, limon ve portakal yaprakları yüzeylerinde bulunan damla yüksekliklerindeki azalmanın ise en az değerlerde olduğu Şekil 4.11’de görülmektedir.

Şekil 4.11’de belirtilen farklı yaprak yüzeylerinde yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının oluşturdukları damla değme yükseklik azalması ortalamalarının büyüklük sırasının pozisyonlarının karşılaştırılması sonucunda yapılan istatistik analizinde yapraklar üç farklı grup oluşturmuştur. İlk grubu portakal, asma, limon, patlıcan ve biber yapraklarının sağladığı daha düşük değme açıları oluştururken, ikinci

grupta limon, patlıcan, biber ve domates yaprakları üzerinde oluşan aç ı değ iş imi verileri bulunmaktadır. Ü ç ü nc ü grubu ise yüzeyinde en fazla temas yüksekli ğ i azalı ş ı sa ğ layan bamya yaprakları ile birlikte patlıcan, biber ve domates yaprakları olu ş turmu ş tur.



* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Ş ekil 4.11. Yaprak Y ü zeylerinde 3. ve 10. Saniye arasındaki 7 Saniye S ü recinde Yayıcı-Yapış tırıcıların Olu ş turdu ğ u Ortalama De ğ me Y ü ksekli ğ iindeki Azalma Miktarı (mm)

4.1.4. Damla De ğ me Ç apı Bulguları

Farklı yaprak yüzeylerinde olu ş an damla de ğ me ç ap de ğ erleri Ç izelge 4.13'te verilmi ş tir. Ç izelge 4.13 incelendi ğ inde en büyük damla de ğ me ç apının bamya yapra ğ ı yüzeyinde, İ yayıcı-yapış tırıcılı karış ı mlardan elde edilen damlaların olu ş turdu ğ u gözlenmi ş , en düşük temas ç apının ise C karış ı mlı damlalar tarafından asma yapra ğ ı yüzeyinde olu ş turdukları tespit edilmi ş tir.

Yayıcı-yapış tırıcı karış ı mlarının farklı yüzeylerde olu ş turdukları damla de ğ me ç aplarındaki 3.ve 10. saniyedeki de ğ iş im sonu ç larının varyasyon katsayıları belirlenmi ş tir. Buna göre % 25,03 ve % 23,63 varyasyon katsayısına sahip B ve % 24,76 ve % 24,93 de ğ iş im katsayılı H ile % 19,63 ve % 19,73 katsayısı ile C katkı

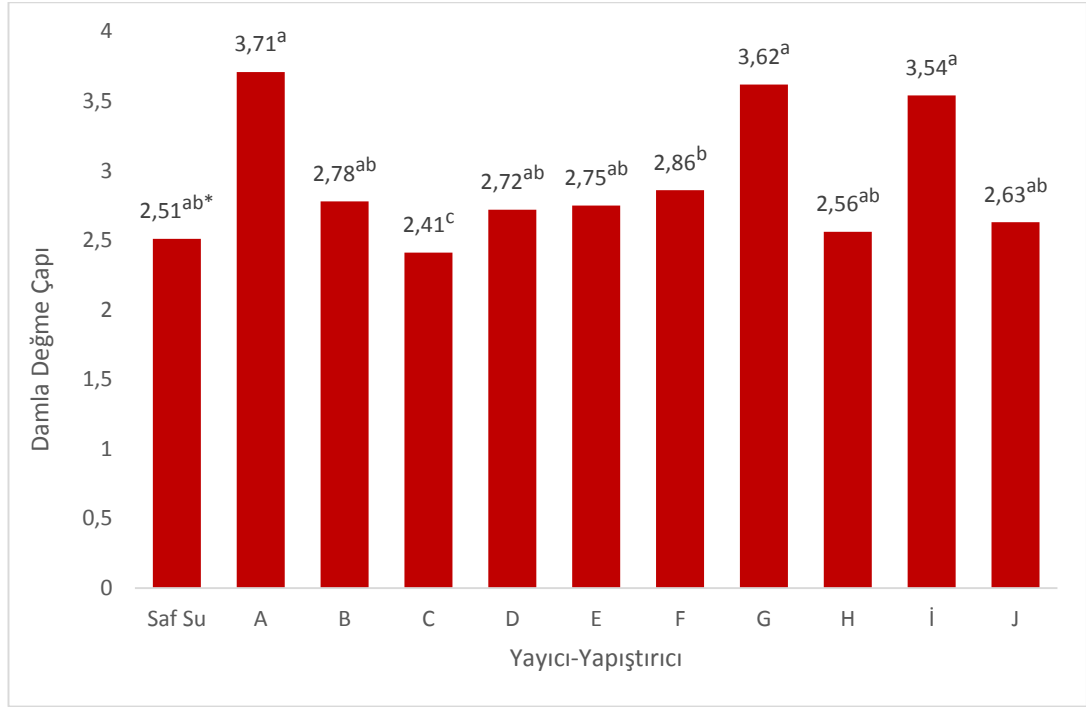
maddelerinin en fazla değişken sonuç ürettikleri gözlenmiştir. Bu üç katkı maddenin selülozdan üretildikleri ve en yüksek yüzey gerilimleri oluşturdıklarının yanında diğer sonuçlar açısından da arzu edilmeyen veriler oluşturdıkları bilinmektedir. Burada da farklı yaprak yüzeylerinde değişik çap oluşumlarını tetikledikleri anlaşılmaktadır. 3. ve 10. saniyede en az farklı çap oluşumu sağlayan yüzeylerin % 12,94 ve % 7,04 varyasyon katsayısına sahip A karışımı ile % 14,01 ve % 15,30 katsayılı E katkı maddelerinin oluşturdıkları belirlenmiştir. Diğer katkı maddelerinin ise ara değerlere sahip varyasyon katsayıları ile değişimi etkiledikleri anlaşılmaktadır.

Yaprak yüzeylerinin aynı grup uygulama sıvılarına karşı göstermiş oldukları 3. ve 10. saniyedeki damla değme çapı değişim sonuçları da değişik boyutlarda oluşmuştur. Buna göre aynı karışımların uygulandıkları yüzeylerdeki oluşturdıkları çap değişimlerini sırasıyla 3. saniyede % 35 ve 10. saniyede % 35,24 varyasyon katsayısı ile asma yapraklarının etkiledikleri görülmüştür. Asma yaprağına karşı yapılacak bir ilaçlama programında kullanılacak yayıcı-yapıştırıcı seçimine dikkat edilmesi gerektiği, tercih edilecek katkı maddesinin sonuçları etkileyeceği sonucu oluşmuştur. Değişimi en az etkileyen yüzeyin ise 3. saniye için % 12,46 ile 10. saniye için % 14,20 katsayısı ile portakal yaprağına ait olduğu gözlenmiştir. Portakal yaprağı üzerine yapılacak bir tarımsal mücadelede yayıcı-yapıştırıcı tercihinin ilaçlama etkinliği üzerinde çok önemli değişiklikler oluşturmayacağı sonucu oluşmuştur. Diğer yüzeylerin ise bu iki değer arasında değişim üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.13. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcıların 3.ve 10. Saniyede Yaprak Yüzeyinde Oluşturdukları Değme Çapları (mm)

Bitki Türü	Süre (s)	Saf Su	A	B	C	D	E	F	G	H	İ	J	CV (%)
Bamya	3	2,516	4,314	3,181	2,979	3,252	3,103	2,861	4,497	2,860	4,827	2,861	22,99
	10	2,564	4,410	3,424	3,129	3,432	3,322	3,318	5,214	3,017	4,892	2,971	23,48
Portakal	3	2,857	3,656	4,202	2,962	3,007	2,940	2,905	3,446	3,223	3,412	3,390	12,46
	10	2,896	4,138	4,241	2,971	3,037	3,103	3,002	3,869	3,231	3,563	3,492	14,20
Limon	3	3,139	3,953	2,598	2,533	3,065	2,835	3,415	2,367	3,448	2,802	2,873	15,51
	10	3,148	4,117	2,679	2,558	3,300	2,874	3,557	2,673	3,570	2,950	2,918	15,23
Domates	3	2,229	3,196	2,338	2,105	2,607	2,913	3,458	2,920	2,114	3,281	2,349	18,38
	10	2,241	3,943	2,458	2,140	2,665	3,229	4,218	3,039	2,152	3,525	2,439	25,16
Biber	3	2,677	3,425	2,553	2,497	2,869	2,982	2,724	4,398	2,456	3,807	2,582	20,86
	10	2,694	3,682	2,609	2,537	2,927	3,078	2,943	5,210	2,505	4,150	2,677	26,53
Patlıcan	3	2,176	3,168	2,364	2,122	2,194	2,457	2,557	3,883	2,020	3,477	2,216	23,91
	10	2,195	3,741	2,692	2,145	2,329	2,540	2,797	4,436	2,102	3,655	2,332	27,73
Asma	3	1,954	4,275	2,253	1,690	2,047	2,005	2,128	3,795	1,792	3,160	2,123	35,00
	10	1,995	4,376	2,272	1,759	2,150	2,073	2,390	4,110	1,819	3,397	2,347	35,24
CV (%)	3	16,64	12,94	25,03	19,63	16,77	14,01	16,34	21,32	24,76	18,26	17,02	
	10	16,32	7,04	23,63	19,73	16,90	15,30	18,62	24,10	24,93	16,66	15,39	

Şekil 4.12’de verilen temas çapı ortalamaları açısından istatistik analizi yapılan testin hesaplanan önem düzeyi, testin önem düzeyinden düşük çıkmıştır. Dolayısıyla karışımlar arasında en az bir tanesinin çap oluşumu yönüyle diğerlerinden farklı olduğu sonucu oluşmuştur. Analiz sonucuna göre yayıcı-yapıştırıcılar, yaprak yüzeylerinde oluşturdukları damla çapları karşılaştırmalarında üç farklı grup oluşturmaktadırlar. G, A ve İ karışımları en büyük temas çaplarını oluşturarak yaprak yüzeylerinde yüksek kaplama alanıyla ilaç etkinliğini arttıracakları anlaşılmaktadır. Bu karışımların en düşük yüzey gerilimine sahip karışımlar olarak en fazla yayılmayı teşvik ettikleri sonucuna ulaşılmıştır. Bu karışımlardan püskürtülecek olan damlaların uygulanacak olan yüzeylere hemen tutunacağı, akmaya karşı direnç oluşturarak yayılacağı söylenebilir. Bu açıdan incelendiğinde birinci grubu oluşturan bu üç yayıcı-yapıştırıcı, diğer parametreler açısından da önemli bir ayrışma göstermektedirler. C katkı maddesi en düşük çap oluşumunu sağlayarak sadece üçüncü grupta yer alırken, F katkı maddesi ise ürettiği damla çapları değerleriyle sadece ikinci grupta bulunmaktadır. Geriye kalan H, Saf su, J, D, E ve B hem birinci hem de ikinci grupta yer almaktadır.

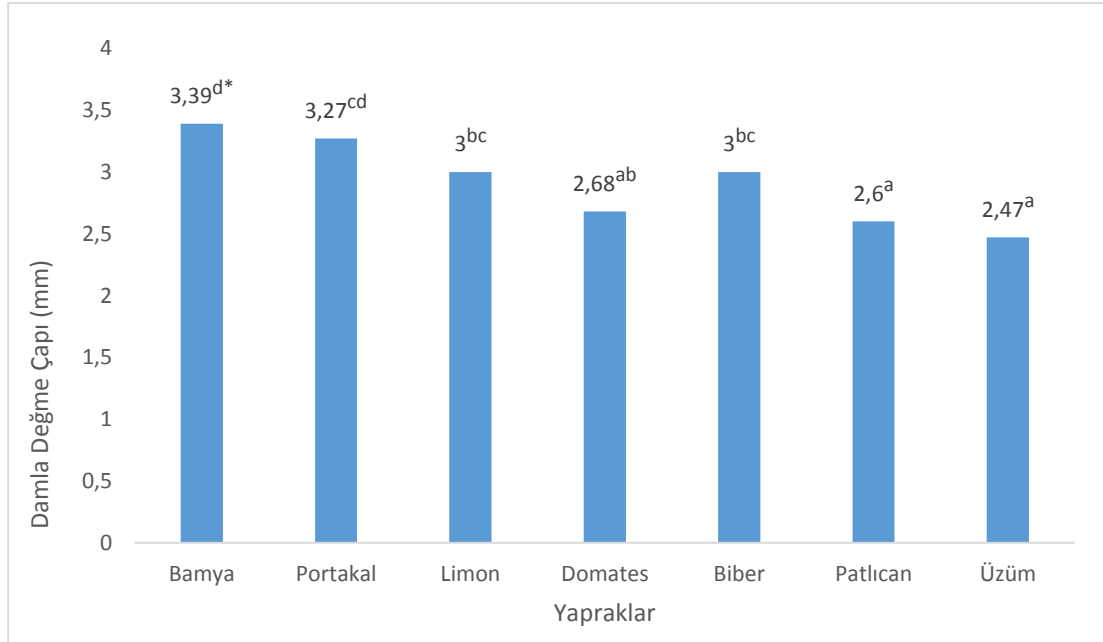


* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Şekil 4.12. Yayıcı-Yapıştırıcı Damlacıklarının 3.sn'de Oluşturdukları Ortalama Değme Çapları (mm)

Her bir yaprağa on adet yayıcı-yapıştırıcının uygulanması ile elde edilen verilerin ortalama sonuçlarını gösteren Şekil 4.13'de, yaprak yüzeylerine uygulanan damlaların oluşturduğu değme çapları değerlendirilmektedir. İstatistik analizi sonucuna göre testin hesaplanan önem düzeyi, testin önem düzeyinden küçük çıkmış, karışımların oluşturdukları değme çapları arasında en az birinin farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre asma, patlıcan ve domates yaprakları, yüzeylerinde en düşük değme çaplarını oluşturarak birinci grubu oluşturmuşlardır. Bu yaprakların ani çap oluşumunu engellediği ancak Şekil 4.15'te görüleceği üzere süre içerisinde en fazla çap artışını destekleyen yapraklar olduğu görülmektedir. Buradan her ne kadar ilk aşamada çap oluşumu bakımından domates ve patlıcan yaprakları yüzeyinde, damlaların tutunamayacağı gibi bir izlenim oluşmaktaysa da aslında yüzeylere uygulanan damlaların güçlü bir şekilde tutularak akmasını engellediği, zaman içinde üzerindeki damlaları yüzeye yayarak çap artışı oluşturduğu görülmektedir. Domates, biber ve limon yapraklarının ikinci sırada değme çapı oluşturdukları belirlenmiş, biber,

limon, portakal yapraklarının ise üzerlerinde oluşturdıkları çap ortalamaları bakımından üçüncü grubu oluşturdıkları tespit edilmiştir. Son olarak portakal ve bamya en fazla temas çapı oluşumunu teşvik ederek dördüncü grup olarak değerlendirilmiştir. Yaprak yüzeylerinde oluşturulan damla yüksekliklerinin, damla çaplarıyla yakından ilgili olduğu görülmekle birlikte yapılan korelasyon analizlerinde damla yükseklikleri ile damla çapları arasında ters ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle yükseklik ve çap değerlerinden birinin artması halinde diğer özelliğin değeri azalmakta ve arada güçlü bir ilişkinin var olduğu anlaşılmaktadır.



* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Şekil 4.13. Yaprak Yüzeylerinde 3. Saniyede Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımli Damlacıkların Oluşturdukları Ortalama Değme Çapları

Çizelge 4.14’de farklı yaprak yüzeylerinde, değişik katkı maddeleriyle hazırlanmış damlaların 3. saniye ile 10. saniye arasında geçen süre olan 7 saniye sonunda oluşturdıkları çap artış miktarları verilmiştir. Çizelge 4.14 incelendiğinde en fazla çap artışını Biber yaprakları yüzeyinde G ile hazırlanmış karışımlardan elde edilen damlalar sağlarken, en düşük çap artışını ise C ve H yayıcı-yapıştırıcılarından elde edilen damlaların, portakal yaprağı yüzeyinde oluşturduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4.14 incelendiğinde en fazla çap değişimini G yayıcı-yapıştırıcı karışımli

damlacıkların sağladıkları gözlenmiş, en düşük çapların ise C karışımli damlacıkların temas çaplarından elde edildiği tespit edilmiştir.

Şekil 4.14' te, yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının farklı yaprak yüzeylerinde 3. ve 10. saniye süresince oluşturdukları çap artışındaki değişim oranları incelendiğinde, C, B ve H karışımlarının sırasıyla % 96,24, % 91,72, ve % 78,19 varyasyon katsayısı sahip oldukları gözlenmiş ve farklı yüzeylerde en fazla etkilenecek birbirinden farklı çap değişimleri göstermişlerdir. Bu yayıcı-yapıştırıcıların en büyük yüzey gerilimi karışımları oluşturarak farklı yüzeylerde değişik yayılma alanları oluşturdukları gözlenmiştir. Bu karışımların selüloz özellikli oldukları ve çap değişiminde farklı sonuçlar ürettikleri söylenebilir. İ, J ile G karışımları ise % 45,31, % 48,74, %52,91 katsayılarıyla en düşük çap artışı farklılıkları oluşturmuşlardır. Bu karışımların ise farklı yüzeylerden diğer yapraklara göre en az oranda etkilendikleri söylenebilir. Yapılacak olan bir tarımsal mücadelede bu katkı maddelerinin farklı yüzeyler üzerinde diğer karışımlara nazaran daha benzer sonuçlar oluşturacakları anlaşılmaktadır. Diğer karışımlar ise ara değerlerde varyasyon katsayısına sahiplerdir.

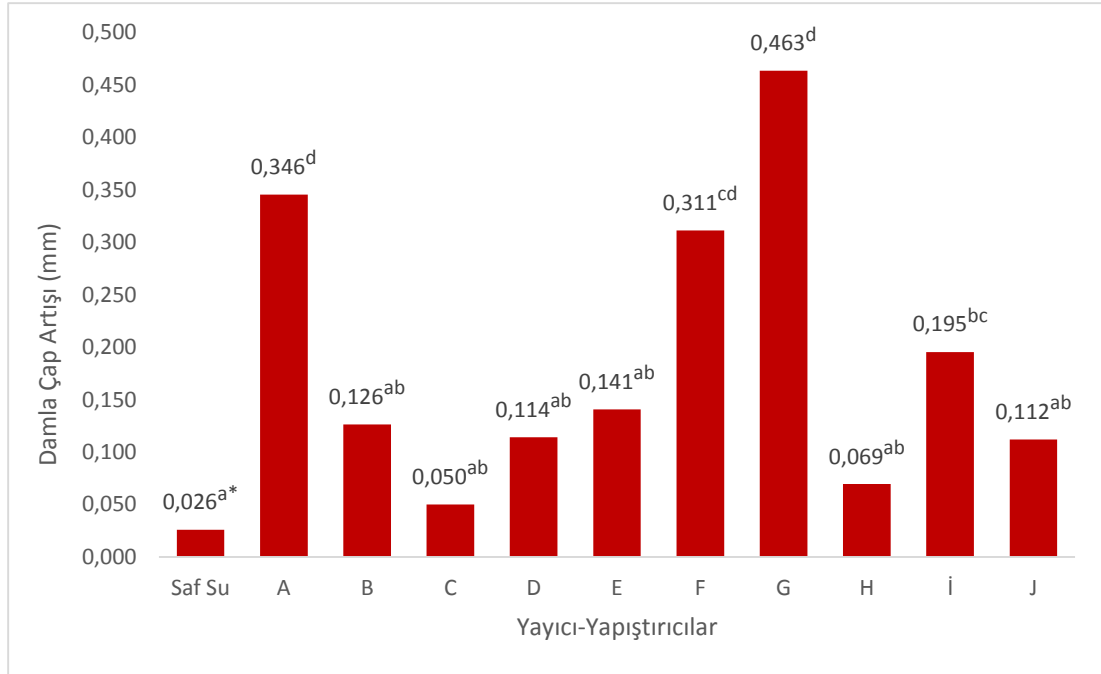
Çizelge 4.14. Karışım Halindeki Yayıcı-Yapıştırıcıların 3 ve 10.Saniyede Yaprak Yüzeyindeki Değme Çapındaki Artış Miktarı (mm)

Bitki Türü	Saf Su	A	B	C	D	E	F	G	H	İ	J	CV (%)
Bamya	0,048	0,096	0,243	0,150	0,180	0,219	0,458	0,717	0,158	0,066	0,113	89,26
Portakal	0,039	0,482	0,039	0,008	0,030	0,164	0,097	0,423	0,008	0,151	0,102	116,79
Limon	0,009	0,164	0,081	0,024	0,235	0,039	0,142	0,306	0,123	0,149	0,045	77,61
Domates	0,012	0,747	0,120	0,035	0,058	0,316	0,760	0,119	0,039	0,244	0,090	118,71
Biber	0,017	0,256	0,056	0,040	0,058	0,096	0,219	0,812	0,049	0,343	0,095	125,34
Patlıcan	0,019	0,573	0,328	0,023	0,134	0,083	0,240	0,552	0,081	0,178	0,116	92,56
Asma	0,041	0,101	0,018	0,070	0,103	0,068	0,262	0,315	0,028	0,237	0,224	79,25
CV (%)	59,66	74,21	91,72	96,24	64,90	70,09	73,46	52,91	78,19	45,31	48,74	

Yapraklar açısından bakıldığında, genel olarak bütün yaprakların, çap değişimi oluşumunda yüksek oranlarda farklılıkların oluşumunu teşvik ettikleri gözlenmiştir. En yüksek farklı çap değişiminin Çizelge 4.14 de % 125,34, % 118,71 ve % 116,79 varyasyon katsayısı sıralamasıyla biber, domates ve portakal yaprak yaprak yüzeylerinden elde edildiği belirlenmiştir. En düşük çap değişim farklılığının ise % 77,61 varyasyon katsayısı ile limon yaprağı yüzeyinden elde edildiği anlaşılmaktadır. Diğer karışımlara ait çap değişim oranlarının yukarıda verilen ara değerlere ait varyasyon katsayıları oluşturdukları gözlenmiştir. Yaprak yüzeylerinde oluşan damla çaplarının Şekil 4.14’de gösterilen artış miktarının yayıcı ve yapıştırıcılar açısından değerlendirilmesi halinde en fazla artışın G, F, A ve İ yayıcı ve yapıştırıcıları tarafından üretildiği tespit edilmiştir. Bu karışımları, en düşük yüzey gerilimini sağlayan yayıcı-yapıştırıcıların oluşturdukları belirlenmiş olup, farklı bileşenlerden oluşan yayıcı-yapıştırıcıların yayılma üzerinde yüzey gerilimlerinin belirleyici olduğu söylenebilir. Bunları sırasıyla E, B, D ve J yayıcı ve yapıştırıcılı karışımlar takip ederek diğer özelliklere sahip grubu oluşturmuştur. En düşük çap artışları Saf su, C, H ile B tarafından elde edilmiştir. Saf su dışında aynı etken maddelerden oluşan bu karışımların, farklı yaprak yüzeylerinde en az yayılma çapı artışı göstermelerinin, oluşturulan karışımlarının sahip oldukları yüksek yüzey gerilimlerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Şekil 4.14’de belirtilen ortalamalara göre yapılan değişim analizinde yayıcı-yapıştırıcılar arasındaki testin hesaplanan önem düzeyi, testin önem düzeyinden küçük çıkmıştır. Şekil 4.14’de yayıcı-yapıştırıcılar arasındaki fark 7 saniye süre içerisindeki çap artışı açısından önemli bulunmuş, benzer özellikler açısından karışımlar dört ayrı grup oluşturmuştur. Buna göre Saf su sadece birinci grupta bulunarak en az çap artışı gösterirken, C, H, J, D, B ve E hem birinci hem de ikinci grubu oluşturacak değerlikte çap değişimine sebep olmuşlardır. İ yayıcı ve yapıştırıcısı karışımı ile ikinci ve üçüncü grup elemanı olacak şekilde çap artışı elde edilirken, F üç ve dördüncü grup üyeleri arasında değerlendirilebilecek ortak özellik göstermektedir. Son olarak A ve G yayıcı-yapıştırıcılı damlaların yüzeylerde oluşturduğu çap artışı, en yüksek seviyeyi oluşturarak dördüncü grup arasında yerini almışlardır. İ, F, A ve G yayıcı-yapıştırıcısı en fazla yayılma çapının oluşumunu sağlayarak, zamanın bir fonksiyonu olarak

yayılama üzerinde belirleyici unsurun düşük yüzey gerilimi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

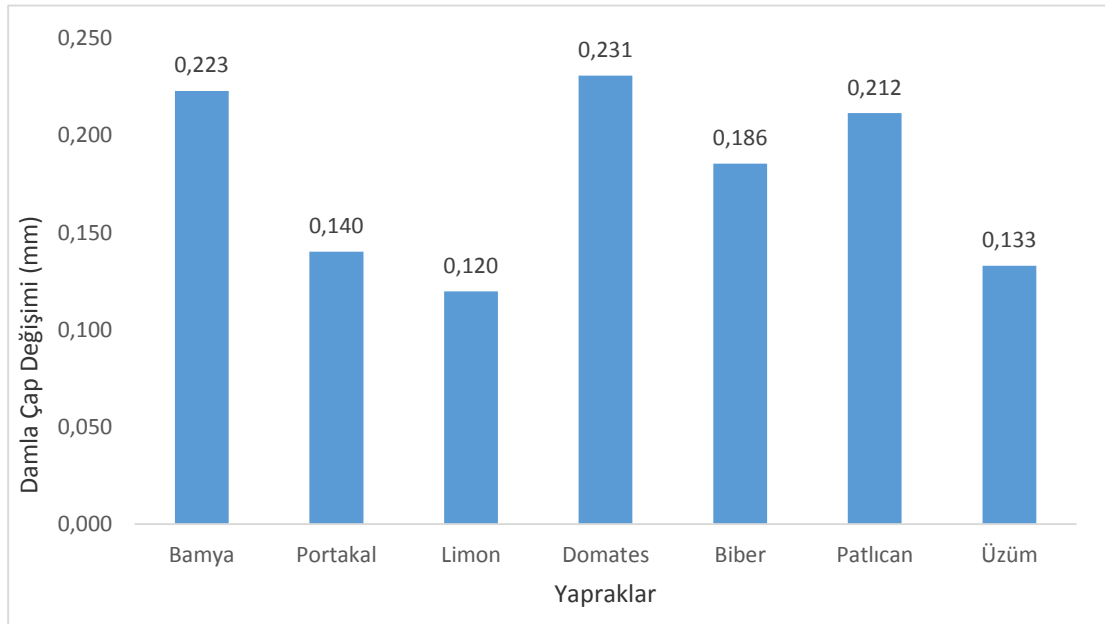


* Aynı harfler arasındaki fark $P < 0.05$ seviyesinde önemsizdir

Şekil 4.14. Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının 3.ve 10. Saniye Arasındaki 7 Saniye Süresince Yaprak Yüzeylerinde Oluşan Ortalama Değme Çaplarındaki Artış Miktarı (mm)

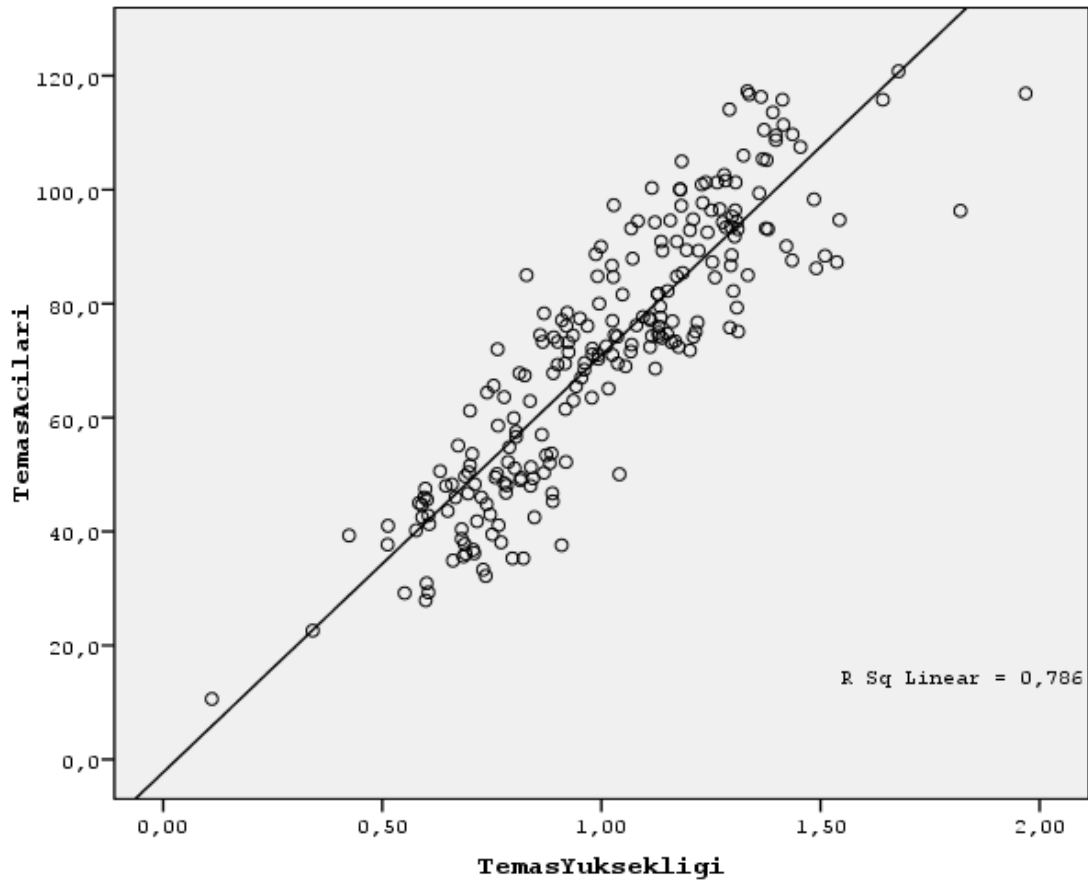
Damla çapındaki artışı sağlaması bakımından en fazla büyüklüğü Şekil 4.15'te görüldüğü gibi domates, bamya ve patlıcan bitkisine ait yaprak yüzeylerinin sağladığı gözlenmiştir. Biber bitkisine ait yaprakların ikinci seviyede önemli damla çapı artışına neden olmasıyla birlikte, en düşük damla çapındaki artışın limon, asma ve portakal bitkisine ait yaprak yüzeylerinden elde edildiği belirlenmiştir.

Şekil 4.15'te gösterilen ortalamaların karşılaştırılmasında yaprak yüzeylerinde süre içerisinde oluşan çap artışı testinde hesaplanan önem düzeyi, testin önem düzeyinden büyük çıkmıştır. Dolayısıyla yaprakların üzerinde 7 saniye sonunda oluşan çap artışı yönünden yapraklar arasında önemli bir fark oluşmamıştır.



Şekil 4.15. Yaprak Yüzeyinde 3. ve 10. Saniye Arasındaki 7 Saniyelik Süre Boyunca Yayıcı-Yapıştırıcıların Karışımlarının Oluşturdukları Değme Çaplarındaki Ortalama Artış Miktarı (mm)

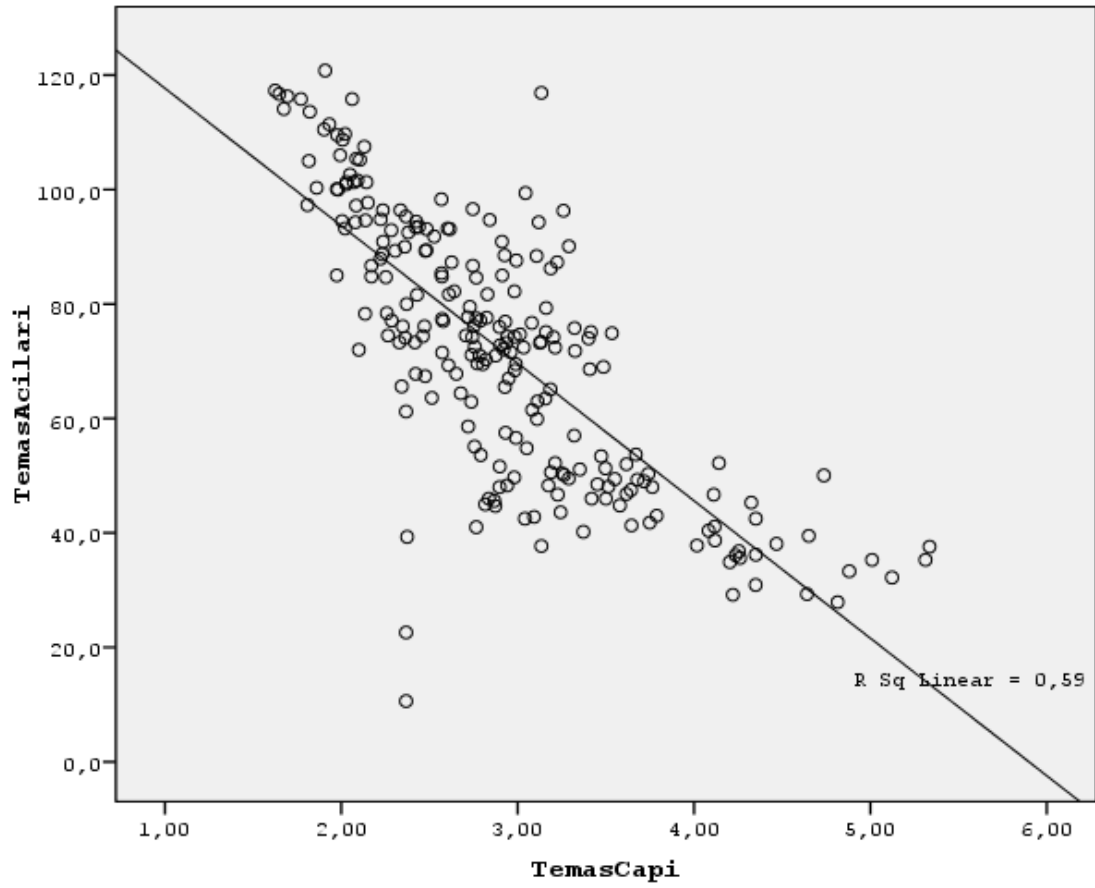
Yayıcı-yapıştırıcı karışımlarından oluşan damlacıkların yaprak yüzeylerinde oluşturdukları temas açısı ile temas yüksekliği arasında Şekil 4.16’da görüldüğü gibi doğrusal bir ilişki mevcuttur. Değme açısı ile değme yüksekliği arasındaki ilişkinin yönünün belirlenmesi için SPSS 15 paket programında Analiz menüsünden Correlate seçeneğinin Bivariate alt seçeneğine göre hesaplama yapılmıştır. Damla değme açıları ile damla değme yüksekliği arasında Pearson katsayısı $r = 0,886$ olarak hesaplanmış dolayısıyla güçlü pozitif bir ilişkinin olduğu sonucu çıkarılmıştır. Değme açılarının, değme yüksekliklerinin açıklama seviyesini belirlemek için Regresyon analizi yapılmış ve R^2 değeri 0,786 olarak bulunmuştur. Elde edilen R^2 değerine göre değme açıları, değme yüksekliği azalışının ancak % 79’unu açıklamaktadır. Bu sonuca göre zamanın fonksiyonu olarak değme yüksekliklerinin yapıştırıcılık açısından hesaplamalara katılmasının doğru bir yaklaşım olduğu sonucu oluşmuştur. Damla değme yüksekliklerindeki toplam değişimi açıklamak için oluşan basit doğrusal regresyon modeli $\hat{y} = 0,241 + 0,011x$ eşitliğiyle ifade edilir.



Şekil 4.16. Temas Açıkları İle Temas Yükseklikleri Arasındaki İlişki

Yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının yaprak yüzeylerinde oluşturdukları değme açıları ile değme çapları arasındaki ilişkide Pearson katsayısı $r = -0,768$ bulunmuştur. İşaretin negatif olması iki değişken arasında güçlü negatif yönlü ilişkinin varlığı anlamına gelmektedir ki bu ilişkinin yönü Şekil 4.17 de oluşan grafikte de görülmektedir. Yapılan regresyon analizinde R^2 değeri 0,590 olarak belirlenmiştir. Elde edilen R^2 değerine göre, farklı yaprak yüzeylerinde oluşan çap artışının, diğer ifadeyle, yayıcı-yapıştırıcıların yayıcılık özelliklerinin belirlenmesi açısından sadece değme açıları verilerinin kullanılması, elde edilen sonuçların ancak % 59 unu açıklamaktadır. Buna göre, daha net sonuçların yayıcı-yapıştırıcıların etkinliklerinin belirlenmesi için damla değme açılarıyla birlikte, zamanın bir fonksiyon olarak kullanılması ile damla değme çap artışı verilerinin değerlendirilmesinin doğru bir yöntem olduğu sonucu oluşmuştur. Damla değme çapındaki toplam değişimi

açıklamak için oluşan basit doğrusal regresyon modeli eşitliği $\hat{y} = 4,675 - 0,025x$ şeklinde oluşmuştur.



Şekil 4.17. Temas Açıları İle Temas Çapları Arasındaki İlişki

4.2. Yaprak Yüzeylerine Ait Yüzey Enerjileri

Denemelerin yürütüldüğü farklı yaprakların, yüzeylerine uygulanan katkı maddeli damlaların davranışları üzerinde değişim sağlayan güç olan yüzey enerji verileri Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı Yaprakların Değişik Sıvılara Karşı Gösterdikleri Yüzey Enerji Değerleri (mN/m)

Bitki Türü	Bamya	Portakal	Limon	Domates	Biber	Patlıcan	Asma
Saf su	19,73	20,74	30,65	12,50	23,90	15,14	6,44
A	20,50	19,38	20,06	18,46	19,98	17,12	20,28
B	10,49	39,33	24,63	13,12	17,25	17,48	12,29
C	20,83	23,71	15,80	12,46	22,49	17,50	5,88
D	22,61	19,93	27,08	14,97	17,46	14,50	6,58
E	13,14	12,27	25,58	17,20	17,29	19,81	7,93
F	11,64	17,27	15,73	17,87	10,64	9,36	5,44
G	16,72	15,12	17,34	12,15	16,61	15,08	14,57
H	31,17	23,20	36,37	12,81	27,12	16,44	7,92
İ	23,28	20,54	15,40	19,53	19,88	19,30	17,17
J	15,31	17,19	13,97	10,43	15,11	14,31	5,91

Bir tarımsal mücadelede etkinliği arttırmak için kullanılması düşünülen katkı maddeleri arasından uygun olanının önerisi için Çizelge 4.16'da on adet yayıcı-yapıştırıcı ve saf suyun, yaprak yüzeylerine uygulanması ile elde edilen yüzey enerjileri ortalamalarının kullanılmasının daha pratik ve faydalı bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir. Bunun için elde edilen verilerin ortalamaları alınarak Çizelge 4.17 oluşturulmuş, gerekli önerilerde bulunmak amacıyla bu sonuçlar kullanılmıştır. Yüzey enerjileri farklı özelliklere sahip sıvıların oluşturdukları değme açılarına göre belirlendiğinden değişen sıvı özelliklerinin oluşturdukları damla değme açılarına göre yüzey enerjilerinde de bir farklılaşmanın olacağı anlaşılmaktadır. Bu çalışmada yaprak yüzeylerine uygulanan farklı özelliklerdeki yayıcı-yapıştırıcıların saf suya göre en

yüksek ile en düşük yüzey gerilimlerine sahip oldukları ve yaprak yüzeylerinde en büyük değme açısı ile en küçük temas açıları arasında farklı açılara sahip damlalar oluşturdukları gözlenmiştir. Elde edilen bu verilere göre belirlenen yüzey enerjilerinin başka sıvı uygulamalarına göre bir miktar değişim göstereceği aşikârdır. Dolayısıyla yüzey enerjileri üzerinden kesin yargılar oluşturmak için tek bir yüzey enerji değerinden çok, bir yüzey enerji değeri bandından söz edilmesi daha uygun olacaktır. Bunun için ileride yapılacak benzer çalışmalardan elde edilen sonuçların kayıt altına alınarak değerlendirilmesiyle yüzey enerji sınırları belirlenerek bununla ilgili bir katalog oluşturulabilecektir. Ayrıca her bir yüzey enerji artışının, damla üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla, yüzey enerjisinin temas sıvısının davranış değişimi üzerindeki etki dereceleri belirlenerek sonuçlar daha anlamlı hale getirilebilecektir.

Çizelge 4.16. Yaprakların Ortalama Yüzey Enerji Değerleri (mN/m)

Yapraklar	Yüzey Enerjileri ^a (mN/m)	Yüzey Enerjileri ^b (mN/m)
Bamya	18,67	4,23
Portakal	20,79	11,89
Limon	22,06	11,24
Domates	14,68	2,15
Biber	18,88	17,87
Patlıcan	16,00	13,06
Asma	10,04	13,47

a. 1.17. eşitliğe göre

b. Zisman Metoduna göre

Zisman yöntemi ile bulunan sonuçlar incelendiğinde, en yüksek yüzey enerjisinin biber yaprağı yüzeyinde olduğu görülmüş, en düşük yüzey enerjisinin ise domates yaprağına ait olduğu anlaşılmaktadır. Yaprak yüzeylerinde oluşan değme açılarının, yine yaprakların sahip olduğu yüzey enerjilerinin etkisi ile olduğu bilinmektedir. Buna göre yüzeyinde en düşük temas açılarını oluşturan yaprakların biber bitkisine ait olmadığı, bu değerlerin limon yaprakları üzerinden elde edildiği Çizelge 4.6 ile Çizelge 4.9’da görülmektedir. Aynı şekilde üzerinde en büyük temas açılarına sahip damlaları taşıyan yaprakların domates yapraklarına ait olmadığı, bu

değerlerin asma yaprakları yüzeyinden elde edildiği yine Çizelge 4.8 ile Çizelge 4.9'dan anlaşılmaktadır. Daha önceki uyarılar dikkate alındığında, Zisman metodunun hatalı sonuçlar verdiği (Hejda, 2010), bu araştırma sonucunda da görülmektedir. Bunun yerine elde edilen verilerle daha uyumlu sonuçlar veren 1.17. eşitlikten faydalanılmıştır. Bu eşitliğe göre yapılan çalışmalar sonucunda limon ve portakal yapraklarının diğer yapraklara göre hidrofilik karakterde olduğu anlaşılmakta ve en yüksek yüzey enerjisine sahip ürün yaprakları olarak ön plana çıkmaktadır. Asma, domates ve patlıcan bitkisi yapraklarının ise uygulanan damlalara karşı daha hidrofobik davranış gösterdiği görülmektedir. Bu yapraklara ait yüzey enerjilerin ise en düşük seviyede olduğu Çizelge 4.17'de belirtilmektedir. Bamyı ile biber bitkisi yaprakları ise her iki grup arasında yüzey enerjileri üreterek sıralamayı oluşturmaktadırlar.

Elde edilen bu sonuçlardan sonra yayıcı-yapıştırıcılar arasından uygun olanının seçimi ile ilgili bir öneri yöntemi tavsiye edilebilecektir. Tarımsal mücadelede etkili maddenin taşıyıcı bir akışkanla hedef yüzeylere taşınması, yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Akışkan olarak ise çoğunlukla su kullanılmaktadır. Uygulamada ilaçlama etkinliğini arttırmak için etkili maddeyi taşıyan suyun yüzey geriliminin düşürülmesi gereklidir. Bir Yüzey aktif madde olarak kullanılan yayıcı-yapıştırıcının, uygulama sıvısının yüzey gerilimini ne kadar düşürdüğüyle ilgili yayıcı-yapıştırıcı etiketlerinde herhangi bir kayıt bulunmamaktadır. İlaçlama aşamasında bütün bitkilerin aynı özelliklerde olduğu düşünülerek mücadelede rastgele veya ilaç bayii'nin tavsiye edeceği herhangi bir yayıcı-yapıştırıcı kullanılmaktadır. İş başarısı, elde edilen sonuçlara göre değerlendirilmekte ve sonuçların olumsuz çıkması durumunda şikâyetlerin olduğu gözlenmektedir. Çevre üzerindeki olumsuz etkileri ihmal edilerek maliyetler birim ürüne yansıtılmaktadır. Yapılan bu çalışmada elde edilen birçok değişim üzerinde en belirleyici unsurun karışımlara ait yüzey gerilim değerleri olduğu belirlenmiştir. Daha bilinçli bir kullanım için yaprakların sahip oldukları yüzey enerjileri ile uygulama sıvısına ait yüzey gerilim değerleri karşılaştırılarak düşük yüzey enerjisine sahip yapraklar için uygulama sıvısının yüzey gerilimini çok düşüren süper yayıcı-yapıştırıcıların kullanımı tercih edilmelidir. Yüksek yüzey enerjisine sahip bitki yaprakları ile yapılacak mücadele için ise uygulama sıvısında daha yüksek

yüzey gerilimi oluşturan yayıcı-yapıştırıcıların kullanımının, diğer faktörler göz önünde bulundurularak tavsiye edilmesi uygun olacaktır.

Örneğin yüzey enerjisi en düşük olan asma bitkisi için düşünülen bir ilaçlama uygulamasında damla tutunma ve yayılma oranını arttıran G gibi yüzey gerilimi çok düşük olan organoslikon içerikli bir katkı maddesinin önerilmesi uygun olacaktır. Çünkü bu yayıcı-yapıştırıcıyla hazırlanmış karışımların oluşturdukları gerek temas açıları ve süre içerisindeki değişim hızı, gerekse damla değme yükseklikleri ile temas çaplarının oluşumu ve zaman içerisindeki değişim hızları, etkinlik açısından son derece başarılı sonuçlar vermektedir. Asma yapraklarının sahip oldukları yüzey enerji değeri açısından ise, bu enerji seviyesinin, üzerinde oluşacak damlaların yüksek temas açısı oluşumu ile yayılmasını önleyen bir seviyede olduğu görülmekte, bunun için yüzey gerilimi 50 mN/m den yukarı olan sıvılarla yapılacak mücadelede oluşacak damlaların birçoğunun yaprak yüzeylerine tutunamayacağı düşünülmektedir. Pülverizasyonda oluşacak diğer damlacıkların ise yaprak yüzeylerinde büyük temas açıları oluşturarak ilaçlamadaki istenilen etkinlik derecelerine ulaşamayacaktır. Devam eden önermede limon yaprağı gibi yüzey enerjisi yüksek bitkilerle yapılacak bir mücadele programında püskürtme damlalarının yaprak yüzeylerinden oluşacak akış kayıplarının önüne geçmek için, yüzey gerilimlerini çok düşüren katkı maddelerinin kullanımından kaçınılmalıdır. Bunun yerine daha orta değerlerde yüzey gerilimi üreten yayıcı-yapıştırıcı tercihleri, diğer uygulama parametreleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

4.3. Paternatör İle İlgili Çalışma Bulguları

4.3.1. Meme Islatma Genişliği

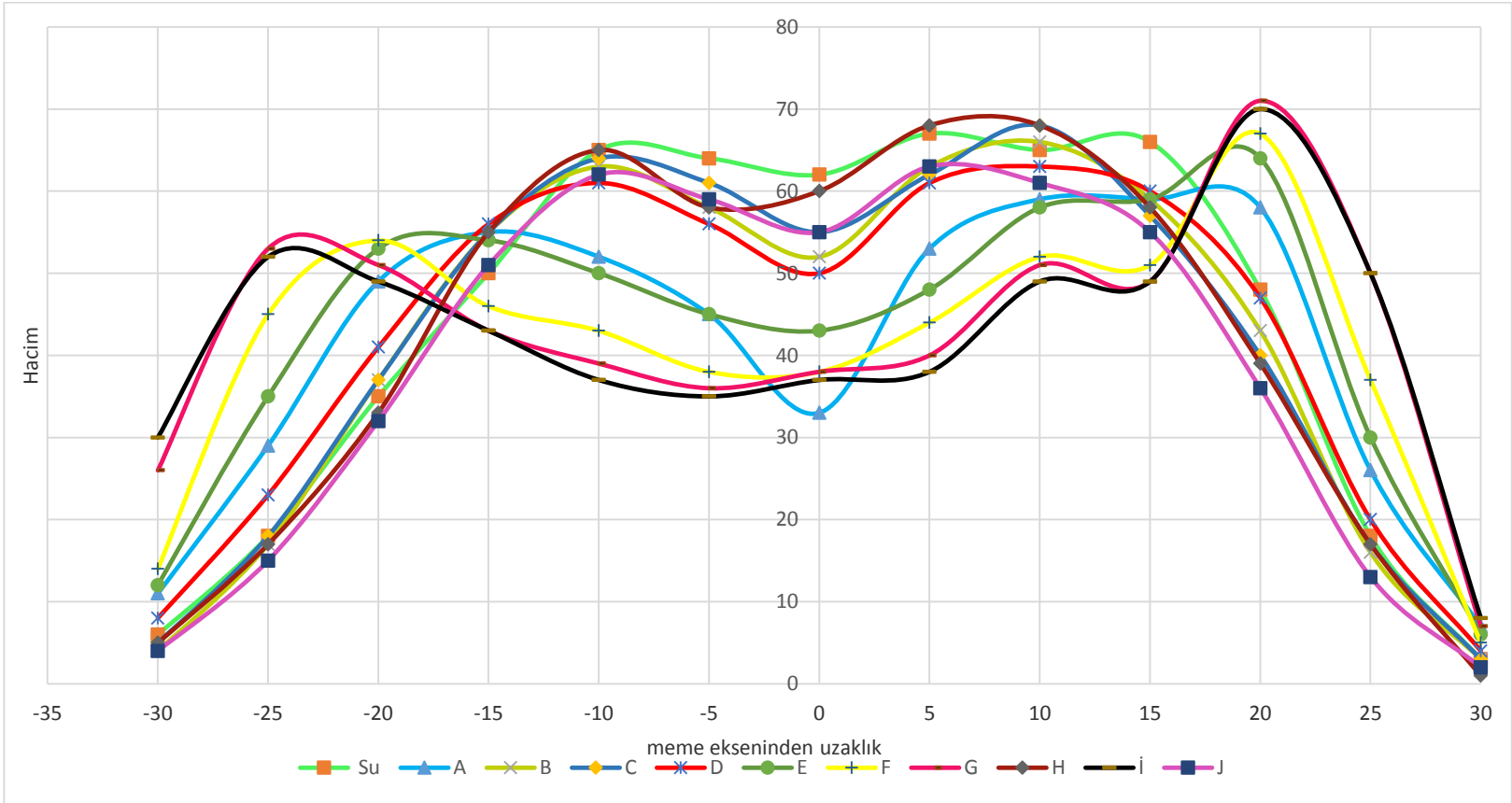
Araştırmada ele alınan yayıcı-yapıştırıcıların herhangi bir memenin sabit bir yükseklikte işletilmesi durumunda ıslatma genişliğinde değişime neden olup olmadığını belirlemek için, Türkiye de yaygın olarak kullanılan Gündüzler G112 model 1,2 mm meme plaket delik çapı olan konik hüzmeli bir meme kullanılmıştır. Oluklu paternatör üzerine 50 cm yükseklikte yapılan pülverizasyonda her bir olukta

biriken su miktarı meme eksenine göre (-/+) olarak işaretlenmiş cam mezürlerde mililitre cinsinden ölçülerek elde edilen sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelge 4.18 ve Şekil 4.18’de oluşan grafik incelendiğinde ıslatma deseni açısından bir değişimin oluşmadığı gözlenmiştir. Yayıcı-yapıştırıcılar dağılım düzgünlüğü açısından incelendiğinde saf suya en yakın pülverizasyon dağılımlarını oluşturan karışımların C, B, H ve J katkı maddeleri olduğu gözlenmiştir. Bunlar arasında C, B, H katkı maddeleri, en yüksek yüzey gerilimini oluşturan yayıcı-yapıştırıcılardır. Selülozik bileşimli bu yayıcı-yapıştırıcıların patern üzerindeki değişimi etkilemedikleri elde edilen sonuçlardan anlaşılmaktadır. Bu yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının meme merkezinde daha fazla bir birikime neden olduğu söylenebilir. Düşük yüzey gerilimine sahip karışımların püskürtme sıvısını meme merkezinden sıvı jeti kenarlarına doğru yani, paternatör yüzeyi dikkate alındığında meme merkezinden kenarlara doğru yönlendirdiği gözlenmiştir. İdeal bir ilaç dağılımında, paternatörün kanallarındaki toplama tüplerindeki toplanan sıvı seviyelerinin aynı olması yani yataya paralel doğru bir hat şeklinde olması gerekmektedir. Ancak uygulamada böyle bir dağılımı elde edebilmek oldukça güçtür (Ergül 2003).

Genel bir yaklaşımla pülverizasyon sonucunda kısmen iyi dağılımların, yüzey gerilimleri düşük olan karışımlara ait olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.18). Bunların arasında sırasıyla % 41,72, % 42,38 ve % 47,3 varyasyon katsayılarına sahip İ,G ve F yayıcı-yapıştırıcılarının dağılımlarının daha tekdüze gerçekleştiği söylenebilir. Bu karışımların en düşük yüzey gerilimine sahip katkı maddeleri tarafından oluşturuldukları gözlenmiştir. En farklı püskürtme dağılımlarını suyla birlikte sırasıyla % 65,74 katsayısı ile J, % 64,89 ile H, % 62,96 ve % 62,58 varyasyon katsayıları ile B ve C katkı maddelerinin oluşturdukları belirlenmiştir. Bunlar arasında H, B ve C karışımları, yüzey gerilimlerinin büyüklüğü nedeniyle patern üzerinde daha farklı dağılımları oluşturduğu anlaşılmıştır. Şekil 4.18 incelendiğinde bu karışımların daha çok meme merkezinde yığılmalı bir patern oluşturarak, dağılım düzgünlüklerini bozdukları anlaşılmıştır.

Çizelge 4.17. Püskürtme Dağılımına Ait Paternatör Ölçüm Değerleri

Yayıcı ve Yapıştırıcı	Mezür Sıra Numaraları													CV	Islatma Deseni
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	(%)	(cm)
Su	6	18	35	50	65	64	62	67	65	66	48	18	3	62,58	65
A	11	29	49	55	52	45	33	53	59	59	58	26	7	51,98	65
B	4	17	37	55	63	58	52	63	66	59	43	16	3	62,96	65
C	5	18	37	55	64	61	55	62	68	57	40	17	3	62,58	65
D	8	23	41	56	61	56	50	61	63	60	47	20	4	57,22	65
E	12	35	53	54	50	45	43	48	58	59	64	30	6	49,77	65
F	14	45	54	46	43	38	38	44	52	51	67	37	5	47,33	65
G	26	53	51	43	39	36	38	40	51	49	71	50	7	42,38	65
İ	30	52	49	43	37	35	37	38	49	49	70	50	8	41,72	65
H	5	17	33	55	65	58	60	68	68	58	39	17	1	64,89	65
J	4	15	32	51	62	59	55	63	61	55	36	13	2	65,74	65



Şekil 4.18. Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Paternatördeki Dağılımları

Paternatörden elde edilen veriler istatistik analizinde farklı altı grup oluşturmuştur. Birinci grubu Şekil 4.18’de görüleceği gibi en büyük dağılımı gösteren İ ile G karışımları oluştururken, ikinci grubu F ile hazırlanmış karışımın sağladığı dağılım düzgünlüğü takip etmiştir. Bunlardan G ile F ürünlerinin organoslikon özellikli olduğu bilinmekte ve buna göre bu yapıya sahip katkı maddelerinin daha düzgün patern oluşturduğu söylenebilir. Ayrıca İ, G ve F yayıcı-yapıştırıcılarının en düşük yüzey gerilimi oluşturan katkı maddeleri oldukları bilinmektedir. E ve A yayıcı-yapıştırıcıları ile hazırlanmış karışımlar üçüncü önem düzeyinde dağılım düzgünlüğü sağlarken, D ile hazırlanan karışım dördüncü grubu oluşturmuştur. Beşinci grupta Saf su ile birlikte aynı zamanda altıncı grup olarak ta değerlendirilebilen B, C ve H katkı maddeleri ile elde edilmiş dağılımlar bulunurken, son olarak B, C, H ve J’nin oluşturduğu altıncı grup daha merkezi bir patern oluşturmuşlardır. Bu katkı maddeleri ise en büyük yüzey gerilimlerine sahip ürünlerdir. Hem analiz sonuçlarından hem de Şekil 4.18 incelendiğinde B, C, H ve J’nin suya göre meme merkezinde daha fazla sıvı birikimi oluşturdukları anlaşılmaktadır. Bu yayıcı-yapıştırıcılardan ilk üçünün içeriğinin selüloz etkili olması pülverizasyon düzgünlüğü açısından daha topu dağılım oluşturdukları söylenebilir. Dolayısıyla dağılım düzgünlüğü açısından bu katkı maddelerinin suya göre daha olumsuz bir sonuç vereceğinin yanı sıra bunu sağlamak için de para harcanması başka bir handikabı oluşturmaktadır.

4.3.2. Püskürtme Açısı

Yayıcı-yapıştırıcıların püskürtme açısı üzerindeki etkileri incelendiğinde, tek meme test cihazı ile yapılan uygulamalarda, yayıcı-yapıştırıcılarla hazırlanmış bütün karışımların, paternatör üzerinde aynı ıslatma genişliğini oluşturdukları belirlenmiştir. Buna göre, paternatör üzerinden 500 mm yükseklikte püskürtülen farklı yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının ıslatma genişliği ile yaptığı açının tanjant⁻¹'in hesaplamasıyla elde edilen sonuca göre bütün karışımların 71,57° açı ile pülverizasyon gerçekleştirdikleri tespit edilmiştir.

4.4. Köpük Ölçümü

Köpük oluşumu için iki önemli koşulun olması gerekir. Bunlardan ilki karışımın bileşenlerinden birisinin mutlaka yüzey gerilim düşürücü olması, diğerinin ise köpük filminin elastiklik olması gerekliliğidir. Köpük miktarı açısından A, D ve F markalı ürünlerinin köpük seviyelerinin diğer yayıcı-yapıştırıcıların oluşturdukları köpük miktarlarına göre yüksek olduğu Çizelge 4.18 de görülmektedir. A katkı maddesi yağ asitleri ve polialkol karışımından oluşmaktadır. Yağ asitleri, sabun yapımında hammadde olarak kullanılmakta, dolayısıyla köpüklenme üzerinde önemli bir bileşeni oluşturmaktadır. Yalnız ve ark.(2000), Polialkol çözeltilerinde köpük oluşumu ve kararlılığı ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, çözeltilerin içinde polialkol veya elektrolit bulunduğu durumlarda çözeltilerin kararlı köpük oluşturduğunu bildirmişlerdir. Yağ asitleri ve Polialkol bileşenlerini bünyesinde bulunduran A yayıcı-yapıştırıcının ürettiği yüksek köpük oranının içeriklerindeki bileşenlerinden kaynaklandığı söylenebilir. Üretici firma beyanında D katkı maddesinin reçine özlü olduğu bildirilmektedir. 20 °C de farklı kimyasal yapıdaki reçinelerin yüzey gerilimlerinin 29 mN/m yüzey gerilime sahip kısa yağlı alkidler ile 58 mN/m yüzey gerilime sahip melamin reçinesi arasında değerlere sahip oldukları ve reçinelerin sabun yapımında kullanıldıkları bildirilmektedir (Anonymous 2015b-c). Dolayısıyla D yayıcı-yapıştırıcısı ile hazırlanmış karışımın bu özelliğinden dolayı yüksek köpük oluşumunu sağladığı söylenebilir. Trisiloxanealkoxylates'nin yüksek oranda kararlı

köpük ürettikleri bildirilmekte olup (Policello ve ark. 1997), bu araştırmada da trisiloxanealkoxylates bileşimine sahip F yayıcı-yapıştırıcısı ile hazırlanmış karışımdan önemli seviyede köpük üretildiği tespit edilmiştir.

C ve H markalı yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının tüm devirlerde az köpük ürettikleri gözlenmiştir. Bu katkı maddelerinin saf suya eş değer yüzey gerilimlerine sahip olmaları nedeniyle köpük oluşumunun ilk koşulu olarak kabul edilen düşük yüzey gerilimi şartını taşımadıkları için çok düşük oranda köpük oluşturdıkları söylenebilir. Aynı bileşimi taşıyan B katkı maddesinin ise daha yüksek köpük oluşturduğu Çizelge 4.18’de görülmektedir. Bu katkı maddesi ile daha düşük konsantrasyonda karışım oluşturulmasının, diğer karışımlara göre daha düşük yüzey gerilimine sebep olduğu, bu nedenle C ve H katkı maddelerine göre daha yüksek köpük oluşumunu sağladığı söylenebilir. J katkı maddesi içeriği Alkilpoliglikoleter bileşiminden oluşmakta olup, ev temizliği endüstrisinde kullanılan ürünlerin hammaddeleri arasında bulunmaktadır. J katkı maddesi ile hazırlanmış karışımın bu nedenle yüksek köpük oluşumunu sağladığı anlaşılmaktadır. İ yayıcı-yapıştırıcısının bileşimlerinde Alkoletoksilat ve Alkilfenoletoksilatların olduğu bildirilmektedir. Alkoletoksilat 1930 lu yıllarda temizlik endüstrisinde kullanıldığı bilinmektedir. İkinci dünya savaşından sonra ev ve kurum temizliğinde kullanımı artarak, 1960 lı yıllardan sonra çamaşır temizliği sektöründe kullanımı başlamıştır. 1970 ile 1980 yılları arasında özellikle tüketici ürünleri olarak çok hızlı büyüme göstermiştir (Chan ve Lynn, 2000). Bu ürünlerin etkili temizlik ve emülsiyonlaştırıcı olarak uzun bir geçmişi ile geniş bir kullanım alanına sahip olmaları ile ilgili yapılan bir araştırmada farklı kimyasal özelliklerdeki Alkilfenol etoksilatların 25 - 35 mN/m yüzey gerilimi ile 20 - 60 cm köpük yüksekliği oluşturdıkları bildirilmiştir (White ve Endler, 2008). Son olarak G yayıcı-yapıştırıcısı ile hazırlanan karışımların en düşük yüzey gerilimine sahip olmalarına rağmen, beklenenden daha düşük seviyede köpük oluşturduğu gözlenmiştir. Karışım sırasında filmlerinin çok incelmesinin yanı sıra elastik kabiliyetlerinin azalmasıyla köpükler, oluşum başlangıcında meydana gelen gerilime dayanamayarak patlamaktadır. Böylece karışım sırasında öngörülenden daha düşük seviyede köpük üretilmektedir. Elbette ki yüzeylerinde çok az köpük oluşumunun sağlandığı bu tür karışımlar ile yapılacak bitki koruma mücadele çalışmaları ile daha

başarılı sonuçlar oluşacaktır. Karışımlar arasında elde edilen sonuçlara bakıldığında organoslikon bileşimli G yayıcı-yapıştırıcısının beklenen oranda bir performans gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 4.18. Yayıcı-Yapıştırıcıların Köpük Miktarı (mL)

Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımları	Konsantrasyon (mL.L ⁻¹)	Hacimdeki Artış Oranı (%) *
A	2,5	50
B	0,3	10
C	0,5	2
D	1	50
E	0,5	10
F	0,4	50
G	0,2	5
H	1	2
İ	1	10
J	0,5	20

*:100 ml'ye göre artış oran

4.5. Yayıcı-Yapıştırıcıların Viskozite ve Yoğunluk Değerleri

Çizelge 4.19 incelendiğinde karışımların yoğunlukları arasında önemli bir farkın bulunmadığı gözlenmiş olup, karışımlar içersinde C, B ve H yayıcı-yapıştırıcılarıyla hazırlanmış karışımların oluşturdukları viskozite değerleri suya göre daha yüksek çıkmıştır. Bu yayıcı-yapıştırıcıların yüzey gerilim değerlerinin en yüksek değerlerde olduğu ve viskozitenin bu yüzden yüksek çıktığı söylenebilir. J ile hazırlanan karışımın değeri suya çok yakın veri oluşturmuş ve en düşük viskoziteyi A, G ve İ karışımları oluşturmuştur. Bu katkı maddeleri ile hazırlanmış karışımların en düşük yüzey gerilimlerine sahip olmaları nedeniyle viskoziteyi azalttıkları anlaşılmaktadır. Diğer yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının sahip oldukları viskozite değerinin bu iki aralıktaki değerlerde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.19. Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Viskozite ve Yoğunlukları

Yayıcı ve Yapıştırıcılar	Viskozite (cSt)	Yoğunluk (kg/m ³)
A	0,901	1,016
B	1,007	1,005
C	1,048	1,015
D	0,911	1,012
E	0,941	1,010
F	0,920	1,007
G	0,908	1,010
H	1,040	1,012
İ	0,910	1,013
J	0,985	1,012
Su	1,0000	1,022

4.6. Damla Ölçüleri

Yapılan bu çalışmada yayıcı-yapıştırıcılarla elde edilen damlacık boyutlarının belirlenmesi için lazer kırınım cihazı çalıştırılmış, sistemin durağan hale gelmesi amacıyla yaklaşık on beş dakika beklendikten sonra ölçüm için gerekli optik ayarlamalar yapılmıştır. Ardından, pülverizatör deposu su ile doldurulup, içerisine etiket değerlerine göre yayıcı-yapıştırıcılar ilave edilmiştir. Elde edilen örnekler sırasıyla memeden lazer ışını üzerine püskürtülerek oluşan damlacıklar bilgisayarda yüklü paket program yardımıyla ölçümleri yapılmış, elde edilen veriler gerekli analizlerin yapılması için kaydedilmiştir.

Bu çalışmada tek meme püskürtme spektrumu değerlendirilmesinde Dv0.1, Dv0.5, Dv0.9 ve Bağlı Aralık indeksi (SPAN) değişkenleri kullanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan yayıcı yapıştırıcıların laboratuvar analizlerinden elde edilen Dv0,1, Dv0,5 ve Dv0,9 µm damla çapı dağılım sonuç değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Yayıcı-Yapıştırıcıların Oluşturdukları Damlacık Dağılımları

Yayıcı ve Yapıştırıcılar	Dv 0,1 (μm)	Dv 0,5 (μm)	Dv 0,9 (μm)	Bağıl Aralık İndeksi
A	79,22	148,6	271,7	1,296
B	77,67	140,7	250,1	1,225
C	76,91	139,9	246,6	1,213
D	74,23	140,7	255,8	1,290
E	79,79	149,7	270,1	1,271
F	79,18	145,5	262,3	1,258
G	83,92	151,0	266,6	1,210
H	78,38	140,3	247,1	1,203
İ	85,55	162,7	292,6	1,273
J	80,67	140,0	243,0	1,159
Su	82,59	157,0	282,4	1,273

Damlacık boyutunu tahmin etmek için yaygın olarak kullanılan parametre Dv0.5, aynı zamanda hacim medyan çapı (VMD) olarak ta adlandırılır. Buna göre İ yayıcı-yapıştırıcısı suyla karşılaştırıldığında daha yüksek çap oluşumu ile en büyük çapları ürettiği, diğer ürünlerin ise suyun oluşturduğu çaptan daha küçük çap değerleri oluşturduğu gözlenmiştir. Hacimsel olarak en düşük çap oluşumunu birbirlerine yakın sonuçlarla C, J, H, B ve D sağlarken, sırasıyla F, A, E ve G yayıcı-yapıştırıcıları ise bu iki değer arasında hacimsel olarak orta değere sahip çaplar oluşturmuşlardır. Ancak Dv0.5 açısından farklı yüzey gerilimli karışımların damla çapı üzerinde önemli etkisi olmadığı söylenebilir. Genel olarak bilinen yüzey gerilimindeki artışların partikül büyüklüğünde artışa neden olduğudur. Ancak bu araştırmada bu bilgi net olarak görülmemiştir.

Nispi dağılım indeksi (SPAN), Dv0.1, Dv0.5 ve Dv0.9 değişkenlerinin 3.20 deki eşitlikte yerlerine konulmasıyla bulunmuştur. Bu değer araştırmacı veya üreticilere pülverizasyonda damlacık boyutunun homojenliği hakkında iyi bir fikir vermektedir. Genel olarak yayıcı-yapıştırıcıların SPAN indeksleri 1'e yakın sonuçlar vererek pülverizasyonların, homojen boyutlu damlacıklar ile oluştuğu anlaşılmaktadır. A ile D en yüksek SPAN değerlerine sahip karışımlar olarak diğer karışımlara göre

daha heterojen damla spektrumu oluştururken, İ, su ile aynı SPAN değerine sahiptir. J yayıcı-yapıştırıcısı en düşük SPAN değeri ile en homojen damla çapı dağılımı sağlarken, H, G, C ve B ikinci derecede homojen dağılımı oluşturan karışımlardır. F ve E yayıcı-yapıştırıcıları ise suya yakın SPAN değerleri ile nispi olarak daha heterojen spektrum oluşturmuşlardır.

Bir pülverizasyonda oluşan 50µm den daha küçük damlacıkların buharlaşması, 100µm den küçük damlacıkların ise sürüklenmeye maruz kalması ile ilaçlama performansı olumsuz etkilenmektedir. Bu çalışmada oluşabilecek ilaç kayıplarının bulunması için birim zamanda oluşan 50µm ve 100µm den küçük damlaların oluşturduğu toplam hacimler Çizelge 4.21’de verilmiştir. Denemelerin yürütüldüğü yayıcı-yapıştırıcıların 600µm den büyük damlacık üretmediği görülmekte olup hedef yüzeylerden akış kayıplarının oluşmayacağı kabul edilmektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında her bir saniyede pülverizasyon hacminin ortalama % 2 lik kısmının buharlaşarak sistemden uzaklaşacağı, diğer taraftan pülverizasyonun % 20’lik kısmının ise sürüklenmeye maruz kalarak uygulama alanından sapacağı söylenebilir.

Çizelge 4.21. Sabit Basıncıta (3 bar) 50µm ve 100µm den Küçük Damlaların Püskürtme Hacmi İçindeki Oranları

Yayıcı ve Yapıştırıcılar	s ⁻¹	
	%V < 50µm	% V< 100µm
A	2,05	21,07
B	2,18	23,46
C	1,45	24,52
D	2,57	24,76
E	1,28	21,03
F	1,98	21,12
G	0,59	18,99
H	2,18	23,27
İ	1,98	18,94
J	0,54	22,13
Su	2,04	18,58

%V : % de hacim

Çizelge 4.21’de de görüldüğü üzere pülverizasyon hacmi içerisinde 50 μm den daha küçük çaplı damlacıkların oranı en fazla D karışımı ile çalışmada sağlandığı görülmektedir. Bu veriye göre kullanılan yayıcı-yapıştırıcılar arasında en yüksek buharlaşma potansiyeli damla içeren karışımın reçine içerikli D ürünü olduğu, en az buharlaşma potansiyeli damla üreten karışımın ise organoslikon bileşimli G ürünü olduğu söylenebilir. 100 μm den küçük çaplı damlacıkların bulunduğu hacim yüzdesi incelendiğinde, en az değerleri saf su, İ ve G karışımlarının ürettikleri gözlenmiştir. Bu karışımlar, katkı maddeleri arasında en düşük yüzey gerilimi oluşturan yayıcı-yapıştırıcılardır. En fazla hacim miktarını ise D, C ve B karışımları oluşturmuşlardır. Bu karışımlardan C ve B yüksek yüzey gerilimleri ile ön plana çıkmaktadırlar. D katkı maddesinin bileşiminin reçine olduğu bildirilmekte ve bunun da daha çok yapıştırıcılık amacıyla kullanılması tavsiye edilmektedir. Diğer yayıcı-yapıştırıcılar ise ara değerlerde hacim oluşturdıkları gözlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tarım ilaçlarıyla kullanılan katkı maddeleri, yanlış veya herhangi bir bilgi olmadan kullanılması durumunda negatif etkilere yol açabilen yardımcı bir araçtır. Bunların seçiminde yayılma, yapışma ve uyumluluk gibi çeşitli faktörler dikkate alınmalıdır. Tarım ilaçları katkı maddesi olarak kullanılan yayıcı ve yapıştırıcıların, uygulamalarda ilaç performansını değiştirici yeteneklerde oldukları, bununla birlikte, bunun etkisinin hedef ürün yüzeyindeki davranışı ile ilgili olarak pozitif ya da negatif olabileceği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, Tarımsal üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otlara karşı mücadelede kullanılan kimyasalların, tank karışımları ile birlikte kullanılmasıyla uygulama sıvısının yüzey gerilimi, temas açısı, damla çapı gibi fiziksel özelliklerini değiştirerek, pülvizasyon etkinliğini geliştireceği ve savaşımın başarısını arttıran önemli bir unsur olarak değerlendirilmiştir. Buna bağlı olarak yapılan araştırmalarda bulunan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Püskürtme sıvısı içine konulan katkı maddeleri sıvıların yüzey gerilimlerini düşürücü özellikleriyle ön plana çıkmakta ve bu ürünler giderek artan bir oranda tercih edilmektedir. Yeni nesil ürünlerden olan organoslikon kökenli yayıcı-yapıştırıcıların taşıyıcı sıvının yüzey gerilimlerini önemli derecede düşürdüğü ve karışımlarda önerilen etiket dozajının düşük olmasına rağmen sağlamış olduğu yüksek performans nedeniyle G ticari isimli ürünün diğer katkı maddelere nazaran daha etkili sonuçlar verdiği görülmüştür. Yüzey gerilim değerlikleri açısından G, F, A, İ ile hazırlanan karışımlar en düşük değerleri üretmiştir. C, B ve H gibi selülozik içerikli karışımların püskürtme sıvısı üzerinde önemli bir değişim göstermediği, dolayısıyla kullanılmasının en azından ekonomik olmadığı belirlenmiştir. Yayıcı-yapıştırıcılar içerisinde bazılarının uygulama sırasında sanılanın aksine istenilen iş başarısını göstermediği gözlenmiştir. Karşılaşılan bu tür sorunların önceden bilinmesi, buna uygun tedbirlerin alınabilmesi ve gerekli uyarıların yapılabilmesi için

tank karışımı katkı maddelerinin kayıt altına alınması ve buna uygun bir mevzuatın yürürlüğe girmesi önerilmektedir.

Kimyasal mücadelede imalatçı firmalar tarafından ön görülen etiket karışım oranlarına dikkat edilmelidir. Etkili mücadele amacıyla yapılan ilave konsantrasyonlar bitkiler üzerinde toksik etki yaptıkları bildirildiğinden sakınılmalıdır. Bazı yayıcı-yapıştırıcıların önerilen konsantrasyonlarda istenilen pülverizasyon etkinliğini gösteremedikleri belirlenmiştir.

2. Yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının farklı yaprak yüzeylerinde oluşturdukları değme açıları, değme yükseklikleri ve değme çapları yönünden karşılaştırmaları yapılmıştır. Yayıcı-yapıştırıcılar kendi aralarında değerlendirildiğinde G, İ ve A yayıcı-yapıştırıcıların en düşük temas açılarını oluşturdukları belirlenmiştir. Bu yayıcı-yapıştırıcılarla en düşük yüzey gerilimine sahip karışımlar oluşturulmuştur. Karışımlar içerisinde en yüksek yüzey gerilimini oluşturan selüloz türevli olan yayıcı-yapıştırıcıların ise büyük açılar oluşturdukları gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda temas açısı oluşumunda belirleyici en önemli parametrenin yüzey gerilimi olduğu belirlenmiştir. Buna göre uygulamalarda büyük yüzey gerilimi karışımları oluşturan ürünlerin kullanılmasından kaçınılması tavsiye edilmektedir. Organoslikon özellikli olan katkı maddelerinin ise yüksek performans göstererek daha düşük açılar oluşturdukları ve uygulama sırasında yüzey özellikleri de göz önünde bulundurularak tercih edilmeleri önerilmektedir. Değme açılarının yedi saniye sonundaki değişim seviyelerinin konumuna göre yapılacak olan yayıcılık ve yapıştırıcılık değerlendirilmesine göre; en hızlı açılmasını organoslikon içerikli G karışımı damlaların sağladığı ve en yavaş açılmasını ise karboksimetilselüloz içerikli H ile hazırlanmış damlalardan elde edildiği belirlenmiştir. Zamanın bir fonksiyon olarak ele alınmasıyla, değme açısı değişim hızı üzerine en fazla etki eden unsurun sıvı yüzey geriliminin olduğu sonucu oluşmaktadır. Katkı maddeleri arasından, zamanla yaprak yüzeylerine daha fazla yapışma eğilimi gösteren F, G, A ve İ yayıcı ve yapıştırıcı karışımların pülverizasyon performansını olumlu yönde etkileyeceği anlaşılmaktadır. Bu dört katkı maddenin de en düşük yüzey

gerilimine sahip karışımlar oldukları tespit edilmiştir. 3 ile 10 saniye arasında en az açıcı değişimini Saf su, H, C ve B yayıcı ve yapıştırıcılarından elde edilen karışımlar sağlarken, A, G ve F karışımları en büyük açıcı değişimleri ile hem yayıcılık hem de yapıştırıcılık yönüyle üstün performans sergilemişlerdir.

Değme yüksekliklerinin yapıştırıcılık özelliği olarak değerlendirilmesinde, en düşük değme yüksekliğini, karışımların yüzey gerilimlerini en fazla düşüren G, A ve İ karışımları sağlamış ve en büyük değme yükseklik değerlerini ise Saf su, C, B ve H karışımları oluşturmuştur. Bu üç karışımın en yüksek yüzey gerilimine sahip oldukları bilinmekte olup C, B ve H katkı maddelerinin selülozik yapıları nedeniyle yüksek değme açısı oluşumunu teşvik ederek hem tutunmayı azalttığı, hem yapışmayı geciktirdiği hem de akmaya eğilimli damlacıkların oluşumunu sağladıkları sonucu oluşmuştur. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre; sıvı yüzey geriliminin azalması ile uygulama sıvısının değişik yüzeylere yapışması arasında güçlü bir ilişkinin olduğu sonucu çıkmaktadır. G ve F organosilikonlu yayıcı-yapıştırıcısının onuncu saniye sonunda ortalama değme yüksekliğindeki azalma bakımından yüksek performans gösterdiği belirlenmiştir. A ve İ yayıcı ve yapıştırıcısının da yine çabuk yayılma göstererek bu yayıcı-yapıştırıcılarla hazırlanacak olan solüsyonların uygulama sırasında etkinliklerini arttıracakları tespit edilmiştir. Bu dört yayıcı-yapıştırıcısının en düşük yüzey gerilimine sahip karışımlar oldukları, dolayısıyla 10.saniye sonunda en düşük değme yüksekliklerini sağladıkları anlaşılmıştır. Bu karışımlardan püskürtülecek olan damlaların uygulanacak olan yüzeylere hemen tutunacağı, akmaya karşı direnç göstererek yapışacağı söylenebilir. C, H ve B katkı maddelerinin selüloz türevlerinden imal edilmesinin sonucu olarak ortak davranışlar gösterdikleri belirlenmiş ve elde edilen değme yükseklik azalışları, diğer bir değişle yapıştırıcılıkları bakımından sonuçların istenmeyen aralıklarda oluştukları gözlenmiştir

Damla değme çapı değişimlerinin yayılma olarak değerlendirilmesinde, G, A ve İ karışımları en büyük temas çaplarını oluşturarak yaprak yüzeylerinde yüksek kaplama alanıyla ilaç etkinliğini arttıracakları anlaşılmaktadır. Bu karışımların en düşük yüzey gerilimine sahip karışımlar olarak en fazla

yayılmayı teşvik ettikleri sonucuna ulaşılmıştır. C, Saf su ve H selülozik karışımları en düşük çap oluşumunu sağlayarak en az yayılan karışımları oluşturdukları belirlenmiştir.

3. Yüzeylerine uygulanan katkı maddeli damlaların davranışları üzerinde değişim sağlayan güç olan yaprak yüzey enerji verilerine göre, limon ve portakal yapraklarının diğer yapraklara göre hidrofilik karakterde olduğu anlaşılmakta ve en yüksek yüzey enerjisine sahip ürün yaprakları olarak ön plana çıkmaktadır. Hidrofilik özellikteki bu bitkilere karşı süper yayıcı-yapıştırıcıların tank karışımı olarak tavsiye edilmesi, pülverizasyonun etkinliğini arttırmak yerine azaltacağı yönünde tespitler yapılmıştır. Çünkü bu yüzeylerin yüksek enerjiye sahip olmaları nedeniyle uygulama sıvılarının pülverizasyon sırasında yaprak yüzeylerine tutunmalarını azaltarak akış oranını arttırdıkları bildirilmiştir. Asma, domates ve patlıcan bitkisi yaprakları ise hidrofobik davranış göstermektedir. Hidrofobik yüzeylerde daha etkili mücadele için püskürtme sıvılarının fiziksel özellikleri üzerinde önemli etki gösteren G gibi süper yayıcı ve yapıştırıcıların kullanılması, etkinliğin artırılması bakımından önemle tercih edilmelidir. Farklı karakterlere sahip yapraklara karşı uygulanacak ilaç uygulamasında kullanılması düşünülen katkı maddeleri arasından üretimi gerçekleştirilen yüzlerce yayıcı ve yapıştırıcı içerisinden nasıl bir seçim yapılması gerektiğinin belirlenmesi için hem üretici hem de tüketicinin kullanacağı bir indeks geliştirilmelidir. Bunun için bu çalışmada ilaçlama performansını arttıracak olan yaprak yüzey enerjileri tespit edilmiştir. Yayıcı-yapıştırıcıların oluşturdukları karışımların yüzey gerilim değerleri belirlenerek yaprak yüzey enerjileri ile karşılaştırmalı olarak öneriler oluşturulmalıdır. Bu uygulamanın yaygınlaşmasıyla birlikte üreticiler, imalatını yaptıkları ürünlerinin hangi bitkiler için daha uygun olacağı ile ilgili tavsiyelerde bulunabileceği gibi çiftçiler de mücadelesini yaptığı hastalık, zararlı ve yabancı otlara karşı ilaçlama etkinliğini arttıran yayıcı ve yapıştırıcıyı seçebilecek bir ölçüte sahip olabilecektir. Böylece mücadelede iş başarısını arttırmanın yanında doğrudan ve dolaylı olarak milli ekonomiye de önemli katkılar sağlanmış olacak, çiftçiler arasında görüş ayrılığına sebep olan bu tür

ürünlerin mücadelede yaralı özellikler gösterdiğinin anlaşılması ile referans değer oluşturularak görüş ayrılıkları da izale edilebilecektir.

4. Yayıcı-yapıştırıcılar dağılım düzgünlüğü açısından incelendiğinde saf suya göre en yakın pülverizasyon dağılımlarını oluşturan karışımların C, B ve H katkı maddeleri olduğu gözlenmiştir. Selülozik bileşimli bu yayıcı-yapıştırıcıların püskürtme deseni üzerindeki değişimi etkilemedikleri, yüzey gerilimlerinin büyüklüğü nedeniyle dağılım üzerinde daha farklı sonuçlar oluşturdıkları ve daha fazla meme merkezinde biriken bir patern oluşturarak dağılım düzgünlüklerini bozdukları belirlenmiştir. İ,G ve F yayıcı-yapıştırıcılarının ise daha düzgün dağılımlar oluşturdıkları tespit edilmiştir. G ve F katkı maddelerinin organoslikon içerikli olduğu ve İ yayıcı-yapıştırıcısı ile birlikte en düşük yüzey gerilimine sahip oldukları gözlenmiştir.

5. Yayıcı-yapıştırıcılar ile hazırlanan karışımların hepsi 71,57° açı oluşturacak şekilde pülverizasyon oluşturmuşlardır.

6. Yayıcı-yapıştırıcıların etiket değerlerinde hazırlanan karışımlarının ürettikleri köpük miktarı açısından bakıldığında A, D ve F ürünlerinin önemli seviyede köpük oluşturdıkları belirlenmiştir. Yağ asitleri ve Polialkol bileşenlerini bünyesinde bulunduran A yayıcı-yapıştırıcının ürettiği yüksek köpük oranının içeriklerindeki bileşenlerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. D katkı maddesinin etiketinde reçineden imal edildiği belirtilmektedir. Reçinelerin sabun yapımında kullanıldıkları bildirilmekte olup yüksek köpük oluşumunun bu sebeple gerçekleştiği tespit edilmiştir. F katkı maddesinin Trisiloxanealkoxylates içerikli olduğu ve bunun yüksek oranda kararlı köpük ürettikleri bildirilmektedir. Yüksek seviyede oluşan köpük miktarı, çalışma koşullarında kesikli akışın oluşmasının yanı sıra, pülverizatör tankından taşarak çevre kirliliğini sebep olacaktır. Bundan kaçınmak için tank karışım miktarlarının azaltılması gerekecek, bu durumda da birim zamanda yapılacak iş miktarı azalarak, işçilik maliyetlerinde artış olacaktır. Her ne kadar maliyeti arttırıcı bir unsur olsa da bu tür karışımlara köpük azaltıcı katkı maddelerinin ilave edilmesi ile uygulamalara devam edilmesi alternatif öneri olarak düşünülmelidir. Bu durumda da uygulama sıvısının kıvamı artmakta ve

pülverizasyondan istenilen başarı düşmektedir C ve H markalı yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının tüm devirlerde az köpük ürettikleri gözlenmiştir. Bu katkı maddelerinin saf suya eş değer yüzey gerilimlerine sahip olmaları nedeniyle köpük oluşumunun ilk koşulu olarak kabul edilen düşük yüzey gerilimi şartını taşımadıkları için çok düşük oranda köpük oluşturdıkları tespit edilmiştir.

7. Yayıcı-yapıştırıcıların yoğunluk ve viskoziteleri arasında önemli farklılıkların oluşmadığı belirlenmiştir.

8. Yayıcı-yapıştırıcılarla hazırlanan karışımların oluşturdıkları damla çapları ince pülverizasyon aralığında bulunmakta olup bunun olumlu ve olumsuz sonuçları bulunmaktadır. Bu çap aralığı toprak uygulamaları haricindeki mücadele tekniklerinde başarıyı arttıracaktır. Ancak sürüklenme etkisiyle kayıpların artacağı endişesi duyulmaktadır. Bunun için hava akımı ile pülverizasyon uygulamalarını yapılması önerilmektedir. Hacimsel olarak en düşük çap oluşumunu C, J, H, B ve D oluşturmuştur. Yayıcı-yapıştırıcıların 600µm den büyük damlacık üretmediği dolayısıyla damlaların yüzeylerden akış oluşmayacağı anlaşılmıştır. Yayıcı-yapıştırıcılar arasında en yüksek buharlaşma potansiyelini reçine ile üretilen D katkı maddesinin taşıdığı, en az buharlaşma potansiyelinin ise organoslikon bileşimli G karışımli ürüne ait olduğu belirlenmiştir. İ ve G karışımlarının 100 µm den küçük çaplı damlacıkları en az üreten karışımlar oldukları tespit edilmiştir. Bu karışımlar, katkı maddeleri arasında en düşük yüzey gerilimi oluşturan yayıcı-yapıştırıcılardır. En fazla hacim miktarların ise D, C ve B karışımları oluşturmuşlardır. Yüksek yüzey gerilimlerine sahip C ve B karışımları bu özellikleri ile dikkat çekmektedirler.

9. Üç boyutlu görüntü teknolojisine sahip cihazlarla yapılacak çalışmalardan alınan daha gerçek veriler ile doğru analizler yapmak mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- ACARTÜRK, F., 2009. Modern Farmasötik Teknoloji. Türk Eczacılar Birliği Eczacılık Akademisi Yayınları. ISBN 975-507-146-6. 301-316.
- ADAMSON, A.W., 1990. Physical Chemistry of Surfaces (3rd edn.). Wiley Interscience Press, New York, NY, USA.
- AHRENS, W. H., ED. 1994. Herbicide Handbook, 7th ed. Champaign, IL: Weed Science Society of America. pp. 310–318
- AKDERE, Y., 2006. Soya Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarda Yakıt Olarak Kullanımının deneysel olarak araştırılması. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı. Balıkesir.
- ANDERSON, N.H., HALL, D.J. AND SEAMAN, D., 1987. Spray retention: effects of surfactants and plant species. Aspects Appl. Biol. 14, 233-243.
- ANDREDE, J. D., SMİTH, L.M., GREGONİS, D.E., 1985. Surface and İnterfacial Aspects of Biomedical Polymers.
- ANONYMOUS, 1999. American Society for Testing and Materials E 1519, (1999). Annual Book of ASTM Standards, Vol. 11.05. Designation E 1519-95, Standard Terminology Relating to Agricultural Tank Mix Adjuvants. pp. 905-906.
- ANONYMOUS, 2005. Use of Patternator Measurements in European Standards, Including Draft European Standard Pren 13790 Agricultural Machinery Sprayers Inspection of Sprayers in Use Part 1: Field Crop Sprayers
- ANONYMOUS, 2006. Helena Chemical Company, 7664 Moore Rd. Memphis, TN 38120 901-752-4414. www.helenachemical.com.
- ANONYMOUS, 2007. Hydrophobicity, Hydrophilicity and Silane Surface Modification. Gelest Ltd 46 Pickering Street Maidstone Kent ME15 9RR United Kingdom.
- ANONYMOUS, 2008. www.muhendisiz.net.
- ANONYMOUS, 2012. <http://en.wikipedia.org/wiki/File:WassermoleküelnTröpfchen.svg#filehistory>.

- ANONYMOUS, 2013a. cytec.com. Specialty Additives Aerosol Surfactants. Aerosol Surfactants Brochure.
- ANONYMOUS, 2013b. <http://www.tamtest.gov.tr/tmm/zirai-muecadele-aletlerinin-kalibrasyonu>.
- ANONYMOUS, 2013c. <http://pdf.directindustry.com/pdf/malvern-instruments-1td/spraytec-spra>.
- ANONYMOUS, 2013d. Surface free energy - theory and calculations Biolin Scientific Tietäjäntie 2 fin-02130 Espoo, Finland.
- ANONYMOUS, 2014a. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü.
- ANONYMOUS, 2014b. <http://news.agropages.com/News/NewsDetail---13354.htm>. Innovation of Agriculture Adjuvant: Indispensable Part of Agrochemical Market. <http://news.agropages.com/News/NewsDetail---13354.htm>
- ANONYMOUS, 2014c. Surfactants Market by Product type [Anionic, Non-Ionic, Cationic, Amphoteric], Substrates [Synthetic/Petrochemical based and Natural/Bio-based/Green], and Applications - Global Trends & Forecast to 2019. <http://www.reportsnreports.com/reports/207747-surfactants-market-by-product-types-anionic-non-ionic-cationic-amphoteric-substrates-synthetic-petrochemical-bio-based-natural-green-geography-applications-global-industry-trends-and-forecasts-to-2017.html>
- ANONYMOUS, 2015a. silwet.com/downloads/Ag_Brochure_web.pdf.
- ANONYMOUS, 2015b. <http://www.afcona.com.my/static.php?sTpl=slip>.
- ANONYMOUS, 2015c. http://en.wikipedia.org/wiki/Resin_soap
- ANONYMOUS, 2015d. <http://www.marketsandmarkets.com/PressRelease/adjuvant.asp>
- BAKKE, D., 2007. Analysis of Issues Surrounding the Use of Spray Adjuvants With Herbicides.(Webpage:www.fs.fed.us/r5/hfqlg/publications/2003_fseis/Chapter7.pdf, (Date accessed: July 2013).
- BASU, S., LUTHRA, J., NIGAM, K. D. P., 2002. The effects of surfactants on adhesion, spreading and retention of herbicide droplet on the surface of the

- leaves and seeds. *Journal of Environmental Science and Health*, B37(4), 331–344.
- BAYAT, A., ÖZKAN, H.E., DERKSEN, R.C., FOX, R.D., 1999a. Droplet Spectrum and Drift Potential of Turbo Teejet and Air Induction Nozzles. 7th International Congress on Agricultural Mechanisation and Energy 26-27. Adana Turkey.
- BAYAT, A., ÖZKAN, H.E., DERKSEN, R.C., FOX, R.D., BRAZEE, R.D., 1999b. Wind Tunnel Evaluation of Air-Assist Sprayer Operating Parameters. An ASAE Meeting Presentation, Paper No: 991117, Toronto, Ontario Canada, July 18-22.
- BAYAT, A., 2011. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Ders Notları. Adana.
- BAYKUT, S., BİRAN M., 1986. Yüzey Aktif Maddeler Fizikokimyası, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- BENEDEK, I., 2000. Pressure – Sensitive Formulation. VSP BV P.O. Box 346 3700 AH Zeist The Netherlands.
- BEŞERGİL, B., 2009. Yakıtlar Yağlar. Ege Üniversitesi Yayını, İzmir.
- BİKERMAN, J. J., 1973. Foams, Springer Verlag, New York.
- BİSCAY, F., GHOUFI, A., MALFRYT, P., 2011. Surface tension of water–alcohol mixtures from Monte Carlo simulations. *The Journal of Chemical Physics* 134, 044709.
- BRAZEE, R. D., BUKOVAC, M. J., ZHU, H., 2004. Diffusion model for plant cuticular penetration by a spray applied weak organic acid bioregulator in presence or absence of ammonium nitrate. *Transactions of the ASAE*, 47(3), 629–635.
- BREWER, C. A., SMITH, W. K., 1997. Patterns of leaf surface wetness for montane and subalpine plants. *Plant, Cell and Environment*, 20, 1–11.
- BUTT, H. J., GRAF, K., 2006. *Kaplı Physics and Chemistry of Interfaces*, 2nd Edition Wiley-VCH: Weinheim.
- CAHN, A., LYNN, J. L., 2000. Surfactants and deterative systems. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, pp. 1142-1146.

- CAMACHO, F. G., GRİMA, E. M., MİRON, A. S., PASCUAL, V. G., CHİSTİ, Y., 2001. Carboxymethyl cellulose protects algal cells against hydrodynamic stress. Department of Chemical Engineering, University of Almerı'a, E-04071 Almerı'a, Spain. *Enzyme and Microbial Technology* 29. 602–610.
- CANTÜRK, Ö., 2006. Surface Free Energy Evaluation, Plasma Surface Modification and Biocompatibility Studies of PMMA Films. Middle East Technical University.
- ÇELEBİ, N., ACARTÜRK, F., AĞABEYOĞLU, İ., DOĞANAY, T., DEĞİM, T., TAKKA, S., DEĞİM, Z., TIRNAKSIZ, F., 2009. Modern Farmasötik Teknoloji. Mattek Matbaacılık San.Tic. Ltd. Şti. G.M.K. Bulvarı 83/23 Maltepe/Ankara. 483.
- CHANDRASEKHAR, K., 2014. The European Agricultural Adjuvants Market report defines and segments the adjuvants market in Europe with analysis and forecast of revenue. 5601 Bridge Street Suite 300 Fort Worth, TX 76112.
- ÇİFTÇİ, Y., _ . Aletli Analiz Laboratuvar Çalışmaları İçin El Kitabı.
- ÇİLİNGİR, İ., DURSUN, E., 2010. Bitki Koruma Makinaları. A.Ü. Zir. Fak. Yayın No:1531, Ders Kitapları Yayın No:484 Ankara..
- CREASE, G.J., HALL, F.R. AND THACKER, J.R.M., 1991. Reflection of agricultural sprays from leaf surfaces. *J. Environ. Sci. Health*, B26(4), 383-407.
- CURRAN, W. S. M.D. MCGLAMERY, R. A. LİEBL, AND D. D. LİNGENFELTER. 1999. Adjuvants for enhancing herbicide performance, *Agronomy Facts* 37, Penn State College of Agric. Sci., Univ. Park, PA
- CZARNOTA, M., THOMAS, P., 2006. Extension Using surfactants, wetting agents, and adjuvants in the the greenhouse. The University of Georgia, Bulletin 1314 /October 2006. (Webpage: http://www.caes.uga.edu/Publications/pubDetail.cfm?pk_id=7678&pg=np&ct=ExtensionUsing%20surfactants,%20wetting%20agents,%20and%20adjuvants%20in%20the%20the%20greenhouse&kt=&kid=&pid=), (Date accessed: July 2013).
- DAĞ, S. S., AYKAÇ, V. T., GÜNDÜZ, A., KANTARCI, M., ŞİŞMANI N., 2000. Türkiyede Tarım İlaçları Endüstrisi Ve Geleceği. Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi. 933-957. Ankara.

- DENKOV, N., D., 2004. Mechanisms of Foam Destruction by Oil-Based Antifoams, *Langmuir*
- DE RUÏTER, H., UFFÏNG, J.M., MEÏNEN, E., PRÏNS, A., 1990. Influence of surfactants and plant species on leaf retention of spray solutions. *Weed Sci.* 38,
- DE RUÏTER, H., HOLTERMAN, H. J., KEMPENAAR, C., MOL, H. G. J., DE VLÏEGER J. J., VAN DE ZANDE, J. C., 2003. Influence of adjuvants and formulations on the emission of pesticides to the atmosphere. *Plant Research International*. (Web page: <http://edepot.wur.nl/38200>), 567-572.
- DPT, 2006. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007–2013), Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu, Tarım İlaçları Çalışma Grubu Raporu, Ankara
- DUPRE, A., 1869. *Theorie Mecanique de La Chaleur*, Gauthier-Villan, Paris
- DURSUN, E. 2000. Meme Aşınmasının Pülverizasyon Karakteristiklerine Etkileri. *Türk- Koop Ekin*, Yıl:4, sayı 12;s.62-66, Ankara.
- DÜZYOL, S., 2009. Cevher Hazırlamada Islanabilirliğe Dayanan İşlemlerde Hidrofobisite ve Yüzey Geriliminin Etkisi. Selçuk üniversitesi. Maden Mühendisliği Anabilimdalı. Konya
- ELLİS, M. C. B., TUCK, C. R., MİLLER, P. C. H., 2001. How surface tension of surfactant solutions influences the characteristics of sprays produced by hydraulic nozzles used for pesticide application. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 180, 267–276.
- ERBİL, H.Y., 2000. *Vinyl Acetate Emulsion Polymerization and Copolymerization with Acrylic Monomers*, CRC Press, Boca Raton.
- ERGÜL, İ., DURSUN, E., 2003. Farklı Malzemelerden Yapılan Konik Hüzmeleli Memelerde Aşınmanın İlaç Dağılım Desenine Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 9 (3) 278-283.
- FAİRCHILD, F.J., ALLERT, A.L., RİDDLE J.S., GLADWİN, D.R., 2002. Efficacy of Glyphosate and Five Surfactants for Controlling Giant Salvinia. *J. Aquat. Plant Manage.* 40: 53-58
- FİELD, R. F., BİSHOP, N. G., 1988. Promotion of stomatal infiltration of glyphosate by an organosilicone surfactant reduces the critical rainfall period. *Pesticide Science*, 24, 55–62.

- FOX, H. W.; ZİSMAN, W. A., 1950. The spreading of liquids on low energy surfaces, J. Colloid Sci., 5, 514-531.
- FORD, M.G., SALT, D.W., 1987. Behaviour of insecticide deposits and their transfer from plant to insect surfaces. Pesticides on Plant Surfaces, H.J. Cottrell (Ed), 26-81 John Wiley and Sons, Chichester.
- FORSTER, W.A., ZABKIEWICZ, J.A., 2001. Improved method for leaf surface roughness characterisation. Proceedings of the 6th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals. 113-118.
- FOX, H. W., ZİSMAN, W.A., 1952. The Spreading Of Liquids On Low-Energy Surfaces. II. Modified Tetrafluoroethylene Polymers, Journal of Colloid Science 7, 109-121.
- FOWKES, F. M., 1964. Attractive forces at interfaces, Industrial and Engineering Chemistry 56, 40-52.
- _____, 1968, Calculation Of Work Of Adhesion By Pair Potential Summation, Journal of Colloid and Interface Science 28, 493-505.
- _____, 1972. Donor-Acceptor Interactions At Interfaces, Journal of Adhesion 4, 155-159.
- FOY, C. L., 1989. Adjuvants: terminology, classification, and mode of action, 1-15 In P. N. P. Chow, C. A. Grant, A. M. Hinshelwood, and E. Simundsson [eds.], Adjuvants and Agrochemicals, Mode of Action and Physiological Activity, vol. I. CRC Press, Boca Raton, FL
- FOY, C. L., 1993. Progress and developments in adjuvant use since 1989 in the USA. Pestic. Sci. 38, 65-76.
- GASKIN R.E., MURRAY R.J., 1997. Effect Of Surfactant Concentration And Spray Volume On Retention Of Organosilicone Sprays On Wheat. Pesticide Performance and Technology 139-142. New Zealand Plant Protection Society. NZ Forest Research Institute Ltd, Private Bag 3020, Rotorua.
- GASKIN R.E., MURRAY R.J., KRISHNA, H., CARPENTER, A., 2000. Effect of adjuvants on the retention of insecticide spray on cucumber and pea foliage. New Zealand Plant Protection. 53, 355-359

- GASKIN, R.E., STEELE K.D., FORSTER, W.A., 2005. Plant Protection Chemistry. New Zealand.
- GENNES, P.G., WYART, F.B., QUÉRÉ, D., 2002. Capillary and Wetting Phenomena Drops, Bubbles, Pearls, Waves. Springer. ISBN 0-387-00592-7.
- GEZER, F. G., 2006. Tarım İlaçlarının Zararlı Etkilerinin İyon Değiştiricilerle Giderilmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GIDA TARIM VE HAYVANCILIK BAKANLIĞI BİTKİSEL ÜRETİM GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 2014.
- GIBBS, J.W., 1878. Trans. Conn. Acad. 3, 343.
- GIRIFALCO, L. A., GOOD, R. J., 1957. A Theory For The Estimation of Surface and Interfacial Energies. I. Derivation and Application to Interfacial Tension, The Journal of Physical Chemistry 61, 904-909.
- GLOBAL MARKETS FOR AGROCHEMICALS, 2010. BCC Research.
- GLOBAL INDUSTRY TRENDS AND FORECASTS TO 2019, 2014. Surfactants Market by Product Types, Substrates, Geography and Applications.
- GODDARD, E. 1993. In Interaction of Surfactants with Polymers and Proteins; Goddard, E., Ananthapadmanabhan, K.P., Ed; CRC Press Inc.: Boca Raton, FL.
- GRAYSON, B.T., PRICE, P.J. AND WALTER, D., 1996. Effect of volume rate of application on the glasshouse performance of crop protection agent/adjuvant combinations. Pestic. Sci. 48, 205-217.
- GREEN, J.M. 1992. Increasing efficiency with adjuvants and herbicide mixtures. Proceedings of the First International Weed Control Congress, Melbourne, AU. 187-192.
- GREEN, J.M. 2001. Herbicide adjuvants. In: UC Davis WRIC Weed Science School, September 26- 28, 2001, Woodland, CA
- GREEN, D. W., BUKOVAC. M. J., 1974. Stomatal penetration: effect of surfactants and role in foliar absorption. Am. J. Bot. 61, 100-106.
- GREEN, J. M., BEESTMAN, G. B., 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. Crop Protection, 26, 320–327.
- GUILLÉN, C., URRESTARAZU M., 2010. Sustainable Use of the Wetting Agents in Protected Horticulture. Universidad of Almería, Spain.

- GÜLER, H.,URKAN, E., TOZAN, M., TEKİN, B., CANER, Ö., 2010. Tarımsal Savaşım Mekanizasyonunda Teknolojik Gelişmeler, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi.
- HAİNES, B., L., JERNSTEDT, J., A., NEUFELD, H., S., 1985. Direct foliar effects of simulated acid rain II. Leaf surface characteristics. *New Phytologist*, 99, 407–416.
- HANSEN, F. K.. 2004. The Measurement of Surface Energy of Polymers by Means of Contact Angles of Liquids on Solid Surfaces. University of Oslo.
- HAZEN, J.L., 2000. Adjuvants-Terminology, Classification, and Chemistry. *Weed Technology* 14, 773-784.
- HEJDA, F., SOLAR, P., KOUSAL, J. 2010. Surface Free Energy Determination by Contact Angle Measurements – A Comparison of Various Approaches
- HESS, F. D., 1999. Surfactants and additives. *Proceedings of the California Weed Science Society*, 51, 156-172.
- HESS, F.D., FOY. C. L., 2000. Interaction of surfactants with plant cuticles. *Weed Technology* 14, 807-813.
- HİMEL, C.M., 1969. The optimum size for insecticide spray droplets. *Journal of Economic Entomology*, 62:919-925.
- HOCK, W.K., 1998. Horticultural Spray Adjuvants. The Pennsylvania State University, 112 Agricultural Administration Building, U.S. University Park, PA 16802.
- HOFFMAN, B. J., 2004. Analysis of Alcohol and Alkylphenol Polyethers via Packed Column Supercritical Fluid Chromatography. Doctor of Philosophy in Chemistry. Blacksburg, Virginia.
- HOGG, R., 1980. Characterization of Mineral Surfaces, In P. Somosundaran.
- HOLLOWAY, P. J., SİLCOX, D., 1985. Behaviour of Three Nonionic Surfactants Following Foliar Application. 1985 British Crop Protection Conference-Weeds. BCPC Publications, Croydon, UK.
- HOLLOWAY, P. J., WONG, W. W. C., PARTRIDGE, H. J., 1992. Effects of some nonionic polyoxyethylene surfactants on uptake of ethirimol and diclobutrazol

- from suspension formulations applied to wheat leaves. *Pesticide Science*, 34, 109–118.
- HOLLOWAY, P.J., 1993. Adjuvants for agrochemicals: Why do we need them? *Med. Fac. Landbouww*, 58, 125-140.
- HOLLOWAY, P.J., 1994. Physicochemical factors influencing the adjuvant-enhanced spray deposition and coverage of foliage-applied agrochemicals. 83-106. Ernst Schering Research Foundation Workshop 12, Springer-Verlag, Berlin.
- HUMBLE, G. D., KENNEDY M. W., SİMPELKAMP, J.R., 2003. Use of nonspreading silicone surfactants in agrochemical compositions. US Patent Application 0.104.944
- İSRAELACHVİLİ, J.N., MITCHELL, D.J. AND NİNHAM, B.W., 1976. Theory of self-assembly of hydrocarbon amphiphiles into micelles, *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions fl Vol. 72*, pp. 1525-1568
- İSRAELACHVİLİ, J. N., 1992. *Intermolecular and Surface Forces*, 2nd edn. Academic Press, London, UK and San Diego, CA, USA.
- İZGÜ, E., 1984. Emülsiyonlar-sübyeler. *Genel ve Endüstriyel Farmasötik Teknoloji I*, Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Yayınları, 52, Ankara, 247-282.
- JOURNET, C., MOULINET, S., YBERT, C., PURCELL, S. T., BOCQUET, L., 2005. Contact angle measurements on superhydrophobic carbon nanotube forests: effect of fluid pressure. *Europhysics Letters*, 71, 104–109.
- KEKEVİ, S., 2009. *Slikon Esaslı Köpük Kesicilerin Sentezi ve Karakterizasyonu*. Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- KIRKAÇ, Ç., 2005. *İlaç Damlacık Dağılımının Görüntü Analiziyle Değerlendirilmesi*, Ankara Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- KIZILASLAN, N., YAŞA, Ö., 2011. Türkiye’deki Tarımsal Mücadele Üretim Tüketim ve Dış Ticaretinin Avrupa Birliği Uyum Sürecinde Gelişim Seyri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011, 28(2), 103-116.
- KIRKWOOD, R., C., 1994. Surfactant-pesticide-plant interactions. *Biochem. Soc. Transactions* 22, 611-616.
- KOSSWIG, K., 2000. Surfactants. *Ullmann`s Encyclopedi of Industrial Chemistry*, 293-368.

- KRÜSS, 2004. Drop Shape Analysis. Krüss GmbH. Hamburg.
- KURAL, F. H., GÜRSOY, R. N., 2011. BiyoYüzey aktif maddelar. Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi. Cilt 31, Sayı 1, pp. 71-82.
- KNOCHE, M., BUKOVAC, M. J., 1993. Interaction of surfactant and leaf surface in glyphosate absorption. Weed Sci. 41, 87-93.
- LASKOWSKI, J., 1986. The Relationship Between Floatability and Hydrophobicity.
- LOPRESTI, J., 2004. Cooperative Research Centre for Viticulture. Pesticide application fact sheet 3. Ver.1.
- LORENZ, E. S., 1999. Adjuvants for enhancing herbicide performance. Agronomy Facts 37. The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802.
- LYNN, J.L., BORY, B.H., 2005. Surfactants. Van Nostrand's Encyclopedia of Chemistry, pp. 1583-1586.
- MALVERN, 2014. Diffraction Reference, Malvern Instruments Ltd, England, 2-7.
- MANNE, S. AND GAUB, H.E., 1995. Molecular organization of surfactants at solid-liquid interfaces", Science, Vol. 270, pp. 1480-1482.
- MATTHEWS, G.A., 1992. Pesticide Application Methods. 2. Edition, Longman, New York, USA.
- MCWHORTER, C.G., 1982. The use of adjuvants. In: Adjuvants for Herbicides, WSSA, Champaign, IL. 10-25
- MCMULLAN, P. M., 2000. Utility adjuvants. Weed Technology, 14: 792-797.
- MEIER, U., 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants BBCH Monograph. 2. Edition. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.
- MILTON, J., ROSEN, 2004. Surfactants and Interfacial Phenomena, John Wiley & Sons.
- MITCHELL, D.J., TIDY, G.J.T., WARING, L., BOSTOCK, T., MCDONALD, M.P., 1983. Phase behavior of polyoxyethylene surfactants with water", Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions I Vol. 79, pp. 975-1000.
- NALEWAJA, J.D., MATYSIAK, R., 2000. Spray deposits from nicosulfuron with salts that affect efficacy. Weed Technology 14: 740-749.
- OĞUZ, B., 1988. Oerlikon Yayını.

- O'LENICK, A., 2008. Silicone Surfactants. Silicone Spectator. P.O. Box 715. Dacula, GA, 30019.
- OWENS, D. K., WENDT, R. C., 1969. Estimation Of The Surface Free Energy Of Polymers, Journal of Applied Polymer Science 13, 1741-1747.
- ÖZCAN, C., 2006. Surface Free Energy Evaluation, Plasma Surface Modification And Biocompatibility Studies Of PMMA Films. The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University. Ankara.
- ÖZKAN, H.E., 1995a. Drift Retardant Chemical Effects on Spray Droplet Size, Pattern and Drift. J. King Saud University., Volum 7, Agricultural Science. (2), pp. 131-140, Riyadh, Saudi Arabia. (A.H. 141511995).
- ÖZKAN, H.E. 1995b. Herbicide formulations, adjuvants and spray drift management. In: Hand on Weed Management Systems, Chapter 7, Ed: A.E. Smith, Marcek Dekker Inc., pp. 217-244, USA.
- PAREKH, B.K VE APLAN, F.F. 1974. Wetting Properties of Minerals Coated with Surfactants. Proc. of Chem Inst Canada, Flocculant and Dispersion Symposium, Toronto: 21-35
- PAREKH, B.K., APLAN, F.F., 1980. The Critical Surface Tension of Wetting of Coal
- PENNER, D. 2000a. Introductory statement on adjuvants. In: Young, B. Compendium of Herbicide Adjuvants, 5th edition. Southern Illinois University, Carbondale.
- PENNER, D., 2000b. Introductory statement on adjuvants. In: Young, B. Compendium of herbicide Adjuvants, 5th edition. Southern Illinois University, Carbondale.
- PETROFF, R., 2009. Pesticide Adjuvants and Surfactants and Pesticide Interactions and Compatibility, Montana State University. U.S.
- POLLICELLO, G.A., STEVENS P.J.G, GASKIN, R.E., ROHITHA, B.H., AND MCLAREN C.F., 1995. Alkylsilicones for agricultural oils and oil based formulations, pp. 303-307 In R. E. Gaskin [ed.], Proc. 4th Intl. Symp. Adjuvants for Agrochemicals. New Zealand Forestry Res. Inst. Bull. No. 193
- POLLICELLO, G.A., KOCZO, K., 1997. Foam Control in Trisiloxane Alkoxylate Systems. Pesticide Formulations and Application Systems. 17. Vol. ASTM

- STP 1328. Edited by G. Robert Goss, Michael J. Hopkinson, Herbert M. Collins. American Society for Testing and Materials.
- RAMSDALE, B K., MESSERSMITH, C. G., 2001. Nozzle, spray volume, and adjuvants effects on carfentrazone and imazamox efficacy. *Weed Technology*, 15, 485–491.
- RATNER B., HOFFMAN A., SCHOEN F., AND LEMONS J. 2004. *Biomaterials Science*, 2nd edition San Diego: Elsevier Academic Press..
- RIEGER, M., 1988. *Emulsions, The Theory and Practice of Industrial Pharmacy*, {Eds:L Lachman, H Lieberman, j.L Kanig), Lea and Febiger, Philadelphia, , s.502-533.
- ROGGENBUCK, F. S., D. PENNER, R. F. BUROW & B. THOMAS, 1993. Study of the enhancement of herbicide activity and rainfastness by an organosilicone adjuvant utilizing radiolabelled herbicide and adjuvant. *Pesticide Science*, 37: 121-125.
- ROSEN, M.J., 2004. *Surfactants and interfacial phenomena*, 3^a ed., John Wiley and Sons, Incorporated, pp, 1-33. ISBN 0471478180, Hoboken, NJ, USA.
- RULISON, C., 2000. Two-Component Surface Energy Characterization As Predictor Of Wettability And Dispersability, Application Note 213, Krüss GmbH, Hamburg.
- SALAGER,J.L., 2002. *Surfaktant Types and Uses*
- SASAKI, R. S., TEIXEIRA, M.M., ALVARENGA, C.B., SANTIAGO, H., MACIEL, C.F.S, 2013. Spectrum of droplets produced by use of adjuvants. *Volumen 31, N° 1. Páginas 27-33 IDESIA (Chile) Enero*.
- SCHÖNHER, J., BUKOVAC. M. J., 1972. Penetration of stomata by liquids. *Plant Physiol*.
- SCHRAMM, L. L., WASSMUTH, F., 1994. *Foams: Basic Principles in Foams: Fundamentals and Application in the Petroleum Industry*, Schramm, L. L. (Ed.), American Chemical Society, Washington, DC, 1994.49:813-819.
- SCHICK, R.J. 1997. General guidelines on drop size measurement techniques and terminology. *Spraying Systems Co. Wheaton, IL USA*.

- SHAFRIN, E.G., ZISMAN, W.A. 1960. Constitutive Relations in the Wetting of Low Energy Surface and the Theory of the Recraction Method of Preparing Monolayers, *Journal of Phy. Chem.*, 64, 519-524.
- SPANOGHE, P., SCHAMPHELEIRE, M. D., MEEREN, P. V. D., STEURBAUT, W., 2007. Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. *Pest Management Science*, 63, 4–16.
- STACHE, H. W., 1995. Anionic Surfactants. *Organic Chemistry.Surfactant Science Series Volum 56*. 270 Madison Avenue, New York US.
- STAINIER, C., DESTAIN, M. F., SCHIFFERS, B., LEBEAU, F., 2006. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. *Crop Protection*, 25, 1238–1243.
- STEVENS, P.J.G., 1993. Organosilicone surfactants as adjuvants for agrochemicals. *Pestic. Sci.* 38, 103-122.
- STEVENS, P.J.G., WALKER, J.T.S., SHAW, P.W. AND SUCKLING, D.M., 1994. Organosilicone surfactants: tools for horticultural crop protection. *Proc. Brighton Crop Prot.* 755-760.
- STOCK, D., 1997. Do we need adjuvants? Mechanistic studies and implications for future developments. *Proc. 50th N.Z. Plant Prot. Conf.*, 185-190.
- STOCK, D., 1998. Biologically optimised agrochemical formulations. *Pestic. Outlook*, February, 21-25.
- SUN, J., 1996. Characterization of Organosilicone Surfactants and Their Effects on Sulfonylurea Herbicide Activity. Dissertation Submitted To The Faculty Of The Virginia Polytechnic Institute And State University In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Doctor of Philosophy. Blacksburg, Virginia.
- TADORS, T.F., 2005. Applied surfactants, principles and applications. Wiley- VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp. 634. ISBN: 3-527-30629-3, Weinheim, Germany.
- TEKELİ, S., ERGÜN, N., 1983. Girdi Fiyatlarının Bitkisel Üretim Düzeyi ve Bileşimi Üzerine Etkileri, MPM Yayın No: 290, Ankara, s.24

- TEKİNALP, İ., 2008. Flotasyon performansına etkieden kinetik özellikler ile Yüzebilirlik değişkenleri arasındaki ilişkinin Araştırılması, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- TEMELDAŞ, M., 2007. Tarım İlaçları İçerisine Katılan Yayıcı-Yapıştırıcıların Püskürtme Tekniği Açısından Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi. Adana.
- TOPUZ, H., DURMUŞOĞLU, E., BALCI, H., 2011. Bitki Koruma Alanında Kullanılan Adjuvantlar. Türkiye Entomoloji Bülteni.2011, 1 (3).197-208. İzmir.
- TU, M. RANDALL, J. M., 2001. Adjuvants, 8.1-8.24. In Weed Control Methods Handbook: Tools and Techniques for Use in Natural Areas (Eds: M. Tu, C. Hurd & J. M. Randall). The Nature Conservancy, The Global Invasive Species Team (<http://www.invasive.org/gist/handbook.html>).
- TU, M., RANDALL J. M., 2003. Weed Control Methods Handbook, The Nature Conservancy. Maui Project, Hawaii
- TURAN, A. C., 2009. Perfloropolieter-Poli(Bütillen-Etilen-2,2 Dimetil-Propilen) Tereftalat Blok Kopolimer Sentezi ve Yüzey Karakterizasyonu. Çulurova Üniversitesi. Doktora Tezi. Adana.
- TÜFEKÇİ, S., 2010. Mikroemülsiyon Çözeltilerinin Fiziksel Özellikleri, Polimer, Surfaktant Etkileşimleri. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı. 89.
- UHLİG, B. A., WISSEMEIER, A. H., 2000. Reduction of nonionic surfactant phytotoxicity by divalent cations. Crop Protection, 19, 13–19.
- UNDERWOOD, A. K., 1992. Concerns within the pesticide industry relating to spray adjuvants. p. 489-501 in Adjuvants for Agrichemicals. Foy, C. L., ed. CRC Press Inc., Boca Raton, FL.
- UNDERWOOD, A. K., 2000. Adjuvant trends for the new millennium. Weed Technology, 14: 765-772.
- ÜNAL, G., 2008. Polimer-surfaktant etkileşimi. Doktora tezi. Edirne.
- VİKINGSTAD, A K., 2006. Static and dynamic studies of foam and foam-oil interactions. University of Bergen.Norway.

- VAN TOOR, R.F., HAYES, A.L., COOKE, B.K., HOLLOWAY, P.J., 1994. Relationships between the herbicidal activity and foliar uptake of surfactant-containing solutions of glyphosate applied to foliage of oats and field beans. *Crop Prot.* 13, 260-270.
- VENZMER, J., WILKOWSKI, S. P., 2006. Trisiloxane surfactants - Mechanisms of spreading and wetting
- WAGNER, P., FURSTNER, R., BARTHLOTT, W., NEINHUIS, C., 2003. Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces. *Journal of Experimental Botany*, 54(385), 1295–1303.
- WALKER, J.T.S., SHAW, P.W. AND STEVENS, P.J.G., 1992. Evaluation of G L-77 as an adjuvant for sprays to control apple pests and diseases. *Proc. 45th N.Z. Plant Prot. Conf.*, 274-278.
- WANG, C. J., LIU, Z. Q., 2007. Foliar uptake of pesticides-Present status and future challenge. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 87, 1-8.
- WHITE, B., ENDLER, E., 2008. Shell Global Solutions (US) Inc. Paper O-D07, Cesio 2008. Paris, France.
- WILKE, J., 2000. Theory and Praxis of Capillary Viscometry. Schott-Geräte GmbH D-65701 Hofheim 55034 e 12990.2 Germany.
- WSSA., 1982. Adjuvants for Herbicides. *Weed Science Society of America*, Champaign. 144.
- WU, S., 1971. Calculation Of Interfacial Tension In Polymer System, *Journal of Polymer Science* 34, 19-30.
- YALNIZ, S., SASANI, G., KURT, G., ÇAĞIRGAN, Ş., BARDAKÇI, B., PEKER, S., 2000. Rhamnolipid Çözeltilerinde Köpük Oluşumu Ve Kararlılığı. *Ege Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bornova*, 35100 İzmir.
- YARAR, B., KAOMA, J., 1984. Estimating of the Critical Surface Tension of Wetting of Hydrophobic Solids by Flotation, *Colloids and Surfaces*
- YARAR, B., 1988a. Flotation, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, vol. B 2, 23-28.
- YARAR, B., 1988. Gamma Flotation: A New Approach to Flotation, Using Liquid-Vaper Surface Tension Control

- YARAR, B., AKSU, S., 1997. Quantification of the Roles of Surface Heterogeneity and Roughness in the Establishment of the Critical Surface Tension of Wetting of Hydrophobic Solids
- YEKELER, M., VE YARAR, B., 1994. Correlation of the Surface Structure and Critical Surface Tension of Wetting of Minerals, Progress in Mineral Processing Technology, Demirel, H., Ersayın S. (eds), pp97-103, Balkema, Rotterdam.
- YORK, A.C., 2009. Spray Adjuvants, CS 414–Weed Science, Section 6. North Carolina State University.U.S.
- YOUNG, R.D.F., THACKER, J.R.M., CURTIS, D.J., 1996. The effects of three adjuvants on the retention of insecticide formulations by cabbage leaves. J. Environ. Sci. Health, B31(2): 165-178.
- YOUNG, T., 1805. An Essay on the Cohesion of Fluids, Phil. Trans R. Soc. 95, 65-87 London.
- YOUNG, B.G., 2003. Herbicide adjuvants. Enciclopedia of Agrochemicals, 707-718.
- YU, Y., ZHU, H., FRANTZ, J. M., REDİNG, M.E., CHAN, K. C., OZKAN, H. E., 2009. Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves. Biosystems engineering. 104, 324–334. USA.
- ZABKIEWICZ, J, A., GASKIN, R. E., BALNEAVES, J. M., 1985. Effect of additives on foliar wetting and uptake of glyphosate into gorse (*Ulex europaeus*). 1985 BCPC Monogram No. 28 Symposium on Application and Biology.
- ZABKIEWICZ, J.A., COUPLAND, D. AND EDE, F., 1988. Effects of surfactants on droplet spreading and drying rates in relation to foliar uptake. Pesticide Formulations 77-89.
- ZENKIEWICZ, M.,2007. Methods for the calculation of surface free energy of solids. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volum 24, Issue 1, September
- ZEREN, Y., 1974. Mekanik pülverizatörlerde kullanılan konik ve yelpaze hüzmeli memelerde dağılım ve pülverizasyon karakteristikleri üzerinde bir araştırma. Doktora Tezi, 87s., Adana.

- ZEREN, Y., BAYAT, A., 1999. Tarımsal Şavaş Mekanizasyonu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Adana.
- ZHU, H., REICHARD, D., L., FOX, R., D., BRAZEE, R., D., ÖZKAN, H., E., 1994. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. Transactions of the ASAE, 37; 1401-1407.
- ZİSMAN, W.A., 1964. Relation of Equilibrium Contact Angle to Liquid and Solid Constitutions in Contact Angle, Wettability and Adhesion. Advances in Chemistry Series. American Chemical Society: Washington D.C., Vol.43, 1-51.

ÖZGEÇMİŞ

1973 de Van'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Van'da tamamladıktan sonra İstanbul Teknik Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksek Okulu Motor bölümünü bitirdi. Daha sonra Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri bölümünden mezun oldu. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Kastamonu ili Taşköprü ilçesi Tarım Müdürlüğünde iki yıl görev yaptı. Halen Hakkâri Üniversitesinde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya devam etmekte olup evli ve üç çocuk babasıdır.