

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



**SIRT PÜLVERİZATÖRLERİ İLE PESTİSİT
UYGULAMALARINDA OPERATÖRLERİN PESTİSİTLERE
MARUZİYETİ**

Yüksek Lisans Tezi

Rawa MOHAMMED

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Rawa MOHAMMED tarafından, **Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN** danışmanlığında hazırlanan “**SIRT PÜLVERİZATÖRLERİ İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA OPERATÖRLERİN PESTİSİTLERE MARUZİYETİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 1.8.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği	☒ Kabul ☐ Ret
Üye (Danışman)	Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin SAUK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

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

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

16 / 06 / 2023

Rawa MOHAMMED

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : SIRT PÜLVERİZATÖRLERİ İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA OPERATÖRLERİN PESTİSİTLERE MARUZİYETİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 16/06/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 9

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

16 / 06 / 2023

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN

ÖZET

SIRT PÜLVERİZATÖRLERİ İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA OPERATÖRLERİN PESTİSİTLERE MARUZİYETİ

Rawa MOHAMMED

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Ağustos/2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN

Günümüzde insan sağlığı açısından güvenli ve yeteri kadar gıda temini önemi her geçen gün artmaktadır. Bitkisel üretimde bitkilerin zararlı organizmalar nedeniyle uğradıkları kayıplar önlenmeye çalışılmaktadır. Çiftçilerin tercih ettiği kimyasal mücadele yönteminde pestisitlerin hatalı ve fazla kullanılmaları insan sağlığı, gıda güvenliği ve çevre açısından olumsuz risklere neden olmaktadır. Tarım alanlarının ve coğrafi yapının farklılıkları nedeniyle tercih edilen sırt pülverizatörlerinde uygulayıcıların maruz kaldıkları pestisit miktarlarının daha fazla olduğu yapılan araştırmalar tarafından ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada sırt pülverizatörü ile yapılan uygulamalarda operatörlerin maruz kaldıkları pestisit kalıntı değerleri incelenmiştir. Bu amaçla klasik motorlu sırt pülverizatörüne boom ilave edilerek modifiye yapılmıştır. Bu sırt pülverizatörü ile yapılan uygulamalarda uygulayıcının maruz kaldığı pestisit değerleri hacimsel ortalama damla çap, damla sıklığı ve kaplama oranı açısından belirlenmiştir. Ayrıca uygulanan hedef alanlarda da aynı değerlendirmeler yapılmıştır. Denemelerde hali hazırda kullanılmakta olan konik hüzmeli M2 (8002) meme ile alternatif olabilecek hava emişli M1 (IDK 120-02) meme tipi kullanılmıştır. Denemeler arazi şartlarında iki meme tipinde iki farklı ilerleme (yürüme) hızında (H1: 1 m/s ve H2: 1.5 m/s) yapılmıştır. Uygulamalarda norm değeri 20 lt/da, püskürtme basıncı (3 bar) ve püskürtme yüksekliği (50 cm) sabit olarak alınmıştır. Uygulamalarda operatörün vücut (kafa, göğüs, kollar, bacaklar) bölgelerine ve hedef takozlar üzerine örnekleme yüzeyleri yerleştirilmiştir. Operatörde ve hedef yüzeylerde hacimsel ortalama çap damla sıklığı ve kaplama oranı incelenmiştir. Örnekleme yüzeyleri olarak suya duyarlı kağıtlar kullanılmış olup kapıtların analizlerinde görüntü işleme programından (Image Tool for Windows V3) yararlanılmıştır. İstatistiksel analiz ile verilerin analizleri yapılmıştır.

Operatör vücudunda VMD için en 52.85 μm ile M2*H1, kaplama oranı için 0.24 uygulamasını sağlayan M1*H2 ve damla sıklık için 109 ile M1*H2 uygulamaları seçilebilir. Hedef yüzeyde ise VMD değeri 356.73 μm olan M2*H1, kaplama oranı için M2*H1 ve damla sıklık için M1*H2 uygulamaları seçilebilir. Bu çalışmada modifiye edilmiş sırt pülverizatörünün operatör için risk azaltılarak kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Sırt pülverizatörü, pestisit, pestisit maruziyeti, operatör, suya duyarlı kağıt, çevre

ABSTRACT

EXPOSURE OF OPERATORS TO PESTICIDES IN PESTICIDE APPLICATIONS WITH BACK PACK SPRAYER

Rawa MOHAMMED
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering Programme
Master, August/2023
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hüseyin DURAN

Today, the importance of safe and sufficient food supply for human health is increasing day by day. In herbal production, it is tried to prevent the losses of plants due to harmful organisms. Incorrect and excessive use of pesticides in the chemical control method preferred by farmers causes negative risks in terms of human health, food safety and the environment. Studies have shown that the pesticides exposed by the applicators are higher in the backpack sprayers, which are preferred due to the differences in agricultural areas and geographical structure.

In this study, pesticide residue values that operators are exposed to in applications with backpack sprayers were investigated. For this purpose, the classical backpack sprayer has been modified by adding a boom. In the applications made with this backpack sprayer, the pesticide values that the applicator was exposed to were determined in terms of volume median diameter (VMD), density of droplet (piece/cm²) and surface coverage (%). In addition, the same evaluations were made in the target areas applied. Hollow cone nozzle M2 (8002), which is currently in use, and air induction nozzle M1 (IDK 120-02) nozzle type, which can be an alternative, were used in the trials. The trials were carried out in two nozzle types at two different forward (walking) speeds (H1: 1 m/s and H2: 1.5 m/s) in field conditions. In the applications, the norm value was taken as 20 lt/da, the spray pressure (3 bar) and the spray height (50 cm) were taken as constant. In the applications, sampling surfaces were placed on the operator's body (head, chest, arms, legs) and on the target wedges. The volume median diameter, density of droplet and surface coverage on the operator and target surfaces were investigated. Water sensitive papers were used as sampling surfaces, and the image processing program (Image Tool for Windows V3) was used in the analysis of the gates. Obtained results were evaluated by statistical analysis.

On the operator's body, M2*H2 with 52.85 µm maximum for VMD, M1*H2 for surface coverage 0.24 and M1*H2 with 109 for droplet density can be selected. On the target surface, M2*H1 with a VMD value of 356.73 µm, M2*H1 for surface coverage and M1*H2 for droplet density can be selected. In this study, it was concluded that the modified backpack sprayer can be used by reducing the risk for the operator.

Keywords: Backpack sprayers, pesticide, exposure to pesticide, operator, water sensitive paper, environment

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın planlanmasından sonuçlandırılmasına kadar her türlü desteği sağlayan; titiz, zarif, sabırlı, hoşgörü ve tevazu vasıflarıyla erdemli insan olma yolunda bana örnek teşkil eden tez danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN'a saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın arazi uygulamalarında mesleki bilgilerini ve tecrübelerini esirgemeyen Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi Özbay AKKAŞ'a ve denemelerimin yürütülmesinde alt yapı imkanı sağlayan Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne ve personeline teşekkür ederim. İstatistiki analizlerin yapılmasında bilgilerinden istifade ettiğim Sayın Doç. Dr. Alper TANER'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans yapmam konusunda destekleri ile her zaman yanımda olan cesaretlendiren annem, babam ile eşim Ziraat Yüksek Mühendisi Ako KAKARASH OMER'e ve çocuklarım Maily, Yad ve Rovana'ya sonsuz şükranlarımı sunuyorum.

Rawa MOHAMMED

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	iii
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	iv
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.2. Yöntem	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	20
4.1. Operatörün Maruz Kaldığı Pestisit Değerleri	20
4.1.1. Hacimsel Ortalama Çap (VMD)	20
4.1.2. Kaplama Oranı (KO)	26
4.1.3. Damla Sıklığı (DS)	32
4.2. Hedef Yüzeyde Hacimsel Ortalama Çap, Kaplama Oranı ve Damla Sıklığı	37
4.2.1. Hacimsel Ortalama Çap Açısından Değerlendirmeler.....	38
4.2.2. Kaplama Oranı Açısından Değerlendirmeler	40
4.2.3. Damla Sıklığı Açısından Değerlendirmeler.....	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	42
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ.....	48

SİMGELER VE KISALTMALAR

FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
WMD	: Hacimsel ortalama ap
KO	: Kaplama oranı
DS	: Damla sıklığı
WSP	: Suyu duyarlı kağıt
M1	: IDK 120-04 hava emişli meme tipi
M2	: 8002 konik hüzmeli meme tipi
K	: Operatör kafası
G	: Operatör göğüsü
K1	: Operatör sol kolu
K2	: Operatör sağ kolu
B1	: Operatör sol bacağı
B2	: Operatör sağ bacağı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme alanı	12
Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan motorlu sırt pülverizatörü	13
Şekil 3.3. Denemede kullanılan hava emişli (a) ve konik (b) meme tipleri.....	13
Şekil 3.4. Denemede kullanılan suya duyarlı kağıt.....	14
Şekil 3.5. Denemede kullanılan tarayıcı.	14
Şekil 3.6. Denemede kullanılan anemometre.....	15
Şekil 3.7. Denemelerde kullanılan takoz (a) ve ataşmanlar (b).	15
Şekil 3.8. Operatör vücudunda örnekleme bölgeleri.....	17
Şekil 3.9. Hedef yüzeydeki pestisit kalıntısı için örnekleme yüzeyleri.	18
Şekil 3.10. Uygulamadan sonra ve bilgisayar ortamına aktarılan WSP.....	18
Şekil 4.1. Operatör kafa bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri.21	
Şekil 4.2. Operatör göğüs bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri.	22
Şekil 4.3. Operatör sol kol (K1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri	23
Şekil 4.4. Operatör sağ kol (K2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri	24
Şekil 4.5. Operatör sol bacak (B1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri.	25
Şekil 4.6. Operatör sağ bacak (B2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri	25
Şekil 4.7. Kafa bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri	27
Şekil 4.8. Göğüs bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri	28
Şekil 4.9. Operatör sol kol (K1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri	29
Şekil 4.10. Operatör sağ kol (K2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri	29
Şekil 4.11. Operatör sol bacak (B1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri	30
Şekil 4.12. Operatör sağ bacak (B2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri	31
Şekil 4.13. Operatör kafa bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri	33
Şekil 4.14. Operatör göğüs bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri	34
Şekil 4.15. Operatör sol kol (K1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri	35
Şekil 4.16. Operatör sağ kol (K2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri	35

Şekil 4.17. Operatör sol bacak (B1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri	36
Şekil 4.18. Operatör sağ bacak (B2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri	37
Şekil 4.19. Hedef yüzey bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri	39
Şekil 4.20. Hedef yüzey bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri	40
Şekil 4.21. Hedef yüzey bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri	41



TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1.1. Türkiye’de kullanılan bazı bitki koruma makinalarının sayısı .	2
Tablo 1.2. BCPC ve ASABE’ye göre damla çapı sınıflandırmaları	3
Tablo 1.3. Rüzgar koşulları ve uygulama tavsiyeleri	4
Tablo 3.1. Sırt pülverizatörünün bazı teknik özellikleri	12
Tablo 4.1. Operatör üzerindeki VMD değerleri	20
Tablo 4.2. Operatör üzerindeki kaplama oranı değerleri	26
Tablo 4.3. Operatör üzerindeki damla sıklığı değerleri	32
Tablo 4.4. Hedef yüzeydeki değerler	38



1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojik uygulamaların her geçen gün hızlı artış gösterdiği teknolojinin ilgili alanda doğru ve yerinde kullanılması gerekliliği de üzerinde düşünülmesi gereken konular arasında yer almaktadır. Teknolojik yeniliklerin temel amacı insanların ihtiyaçlarının karşılanmasına hizmet etmesi olmaktadır. Tarımsal alanda da günümüzde teknolojik gelişmeler her alanda olduğu gibi hızla artan dünya nüfusunun temel sorunu olan beslenme ihtiyacını karşılayabilmek için kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun günümüzde % 40'a yakınının beslenme sorunları yaşadığı ayrıca yaklaşık 20 milyon insanın her yıl açlıktan öldüğü bilinmektedir. Dünya nüfusunun 2050 yılında 9,7 milyar ve 2080 yıllarında ise 10,4 milyara (FAO, 2022) ulaşacağı tahmini göz önüne alındığında beslenme ve açlık sorunlarının daha büyük boyutlara ulaşacağı önemli bir sorun olarak karşımızda durmaktadır. Gıda ihtiyacının temin edilebilmesi elde edilen tarımsal üretim miktarlarının arttırılmasına bağlıdır. Tarımsal üretimin arttırılabilmesi ise mevcut alanların yanına yenilerinin eklenmesi veya mevcut tarım alanlarının verim değerlerinin arttırılması ile mümkün olacaktır. Tarımsal alanlarının arttırılması gibi bir durum olmadığı düşünüldüğünde mevcut alanların doğru kullanılması gerekmektedir.

Tarımsal üretimde zararlı organizmalar olarak bilinen hastalıklar, zararlılar ve yabancı otların yaklaşık % 35 oranında, hiçbir mücadele yöntemi uygulanmadığında ise ürün kaybının % 100'lere ulaşabileceği de bilinmektedir. Zararlı organizmalarla mücadelede çiftçilerin uygulama kolaylığı ve sonuçlarının kısa zamanda elde edilmesi gibi temel nedenlerden dolayı kimyasal mücadele yöntemi tercih edilmektedir. Bitkisel üretimdeki zararlı organizmalara karşı kimyasal mücadele kapsamında kullanılan pestisitler ise insan sağlığı, gıda güvenliği, çevre ve doğal hayat açısından riskli kimyasal bileşiklerdir. Pestisitlerin tekniğine uygun olmayan alet makinelerle uygulanması veya bilinçsiz gereğinden fazla kullanılmaları söz konusu olumsuzlukların artmasına neden olmaktadır.

Yapılan araştırma sonuçlarına göre uygulanan pestisitlerin çok az miktarının hedefe ulaştığı, önemli kısmının ise sürüklenerek hedef dışı alanlara ulaşmaktadır. Bitkilerin farklı vejetasyon dönemlerinde yapılan pestisit uygulamalarında hedef dışına sürüklenme değerleri daha artmaktadır. Tam vejetasyon döneminde yapılan pestisit uygulamasında pestisitinin yaklaşık % 55'i bitkiye ulaşırken, % 20'si toprağa ve % 25'i ise havaya karışarak hedef dışına sürüklenmektedir (Fox, 1998).

Bitkisel üretimde ürün miktarı ve kalitesine olumsuz etkisi nedeniyle pestisit uygulamalarında çok daha hassas ve bilinçli tekniğine uygun uygulamaların yapılması gerekmektedir. Pestisitlerin risklerini azaltmak ve aynı zamanda zararlı organizmalardaki başarı seviyesini yükseltmek uygulamanın homojen bir şekilde yapılmasına bağlıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde uygulamada kullanılacak ekipman ile birlikte uygulamanın başarısına direkt etkili olan pülverizasyon karakteristiklerinin doğru olarak seçilip kullanılması da son derece önem kazanmaktadır. Bütün bunların yanında sınırlandırıcı faktörlerden olan arazi büyüklüğü ve yapısı da makine seçiminin belirlenmesi açısından üzerinde düşünülmesi gereken önemli noktalardan bir tanesi olmaktadır. Pestisit uygulamalarından beklenen başarıya ulaşılmasında en önemli faktör doğru ekipman seçimidir.

Tarımsal faaliyetlerin ana kaynağı olan traktör bir çok pestisit uygulayan ekipmanlara güç kaynağı olmasına rağmen, arazi büyüklüğünün küçüklüğü yanı sıra meyil durumundan dolayı kullanılamadığı durumlarda bulunmaktadır. Bütün dünyada olduğu gibi Türkiye’de de tarımsal alanların küçük yapılı, meyilli ve engebeli olduğu yerlerde daha çok güç kaynağı olarak insanın tercih edildiği alet ve makineler kullanılmaktadır. İnsanın güç kaynağı olarak kullanıldığı pülverizatörler içinde en önemli grubu sırt pülverizatörleri oluşturmaktadır.

Türkiye’de son yıllardaki (2017-2022) yoğun kullanım alanı bulan bitki koruma makineleri 2017-2022 yılları arasındaki yıllık ve bu 6 yıllık toplam sayıları Tablo 1.1’de görülmektedir.

Tablo 1.1. Türkiye’de kullanılan bazı bitki koruma makinelerinin sayısı (Anonim, 2023).

Makinalar	Yıllar						Toplam
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Sırt Pülverizatörü	641.819	647.442	656.669	668.867	686.194	695.791	3.996.782
Pülverizatör (Kuyruk Milinden Hareketli)	350.272	358.407	365.171	372.512	382.82	398.381	2.227.563
Pülverizatör (Motorlu)	90.832	95.143	96.703	99.642	102.447	105.703	590.47
Atomizör	121.448	123.79	124.95	131.673	134.67	136.911	773.442
Tozlayıcı	16.762	16.268	16.019	15.93	14.224	13.706	92.909

Pestisit uygulamalarında uygulama kalitesinin belirlenen amaca uygun olup olmadığının ortaya konulması ise pülverizasyondan sonra hedef alanlarda toplanan damlaların hacimsel ortalama çaplar, damla sıklığı ve kaplama oranı gibi karakteristiklerin belirlmesine bağlı olmaktadır. İngiliz Bitki Koruma Kurulu (BCPC) veya Amerikan Tarım ve Biyoloji Mühendisleri Topluluğunun (ASABE) belirlediği damla sınıflandırmasında hacimsel ortalama çap değerleri detaylı olarak tanımlanmaktadır (Tablo1.2) (Anonymous, 2009 a, b).

Tablo 2.2. BCPC ve ASABE'ye göre damla çapı sınıflandırmaları

ASABE		BCPC	
Sınıflandırma	VMD (µm)	Sınıflandırma	VMD (µm)
Çok ince	<150	Çok ince	100
İnce	150-250	Çok ince/İnce	154
Orta	250-350	İnce/Orta	241
Kaba	350-425	Orta/Kaba	356
Çok kaba	425-500	Kaba/Çok kaba	451

Pestisit uygulamalarında beklenen biyolojik etkinlik hedefine ulaşabilmek için hedef alanlarda yeteri kadar ve uygun çap değerinde damlaların olması gerekmektedir. Ancak uygulama sırasında veya hemen sonrasında hedef alan dışına damlaların hava hareketi nedeniyle taşınması sonucu ortaya çıkan drift yani sürüklenmenin yol açtığı pestisit kayıpları taşıdıkları riskler göz önüne alındığında çok önemlidir. Bu riski azaltabilmek için büyük damla çapı ile uygulamaların yapılması alınabilecek en kolay tedbir olarak bilinmektedir. Sürüklenmeye neden olan ana faktör rüzgardır.

Pestisit uygulamalarının mümkün olduğunca durağan ve değişiklik göstermeyen rüzgar şartlarında yapılması sürüklenmenin önüne geçilebilmesi açısından önem arz etmektedir. Uygulama alanı yakınlarında insanlar, kültür bitkileri ve su kaynakları varsa sürüklenmeyi kontrol altına almak gerekmektedir. Rüzgar hızına bağlı olarak Tablo 1.3'de örnek olarak verilen pestisit uygulama tavsiyelerine uymak bu riski azaltabilmektedir.

Tablo 2.3. Rüzgar koşulları ve uygulama tavsiyeleri

Rüzgar	Rüzgar Hızı (m/s)	Tanımlama	İşaretler	Uygulama
Durgun	0-0,5	Küçük damlalar havada asılı kalır	Duman düşey yönde	Uygulama yapılmaz
Şiddetli rüzgar	Uygun değil	Rüzgar yönü değişken	Rüzgar yönü değişken	Uygulama yapılmaz
Hafif rüzgar	0,5-0,8	Pülverizasyon için uygun	Duman rüzgar yönünde	Uygulama yapılabilir
Hafif esinti	0,8-2,6	Pülverizasyon için ideal	Yüzde rüzgar hissi, hareketli yapraklar	Uygulama yapılabilir
Yüksek rüzgar	2,6-4,4	Yüksek sürüklenme riski	Hareketli dallar ve toz bulutu	Uygulama yapılmaz

Pestisit uygulamalarında kullanılan makinalara ve tekniklere göre uygulayıcılar farklı miktarlarda pestisitlere maruz kalmaktadırlar. Pestisitler uygulayıcılara solunum, temas ve ağız yoluyla bulaşmaktadır. Özellikle deri ve solunum yoluyla uygulayıcılara temas eden pestisitler önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Pestisitlerin pülverizatörler ile uygulanmaları esnasında operatörlerin maruz kaldıkları pestisit miktarlarının tespit edilmeleri maruziyetin önlenmesi için alınacak tedbirlerin tespiti açısından önemlidir. Özellikle sırt pülverizatörleri ile yapılan uygulamalarda operatörlerin pestisitlere maruziyet dereceleri daha fazla olmaktadır. Ülkemizde bitkisel üretimin küçük alanlarda yapıldığı tarla ve bahçelerde pestisit uygulamalarında genellikle sırt pülverizatörleri kullanılmaktadır.

Kültür bitkilerini zararlı organizmalardan korumak amacıyla yapılacak uygulamalarda kullanılan her türlü araç, Bitki Koruma Makinaları kapsamı içine alınmaktadır. Bitki koruma alet ve makinaları; Pülverizatörler, Tozlayıcılar, Sisleyiciler, Fumigasyon uygulayıcılar, Sterilizasyon ve Toprak enjektörleri, Granül uygulayıcılar olarak sınıflandırılmaktadır (Çelen, 2013).

Tudi vd (2022), özellikle gelişmekte olan ülkelerde pestisit uygulamalarında, insanların pestisitlere maruziyetlerinin çok önemli sorun olduğu ve bu sorunlarının

 nlenebilmesi açısından pestisit uygulama teknikleri ve yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirlemişlerdir.

Bu  alı ma operatörlerin pestisitlere maruziyetlerinin farklı kriterlere göre (farklı meme tipleri ve ilerleme hızı şartlarında) uygulama sırasında vücutlarının farklı bölgelerindeki pestisit miktarlarının tespit edilerek bula ıklığın nerelerde yoğunlaştığı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca farklı püskürtme memeleri kullanarak püskürtme memesi  nerisi de apılmı tır.

miktarlarının tespit edilmesi sayesinde alınacak tedbirlerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çelen (1998), yaptığı çalışmada tarla pülverizatörlerinde kullanılan yelpaze hüzmeli püskürtme memelerinin yenisi ile eskisi arasındaki pülverizasyon karakteristiklerinin farklarını incelenmiştir. Damla çaplarının hedef yüzeylerde toplanması amacıyla, suya duyarlı kağıtlardan yararlanmıştır. Suya duyarlı kağıtlar scanner ile tarandıktan sonra damla çaplarının bilgisayarda analizini yapmak amacıyla "Ölçüm 1.00 for Windows" programından yararlanmıştır. Yüzey kaplama oranı, suya duyarlı kağıtlar üzerindeki damlalar için kağıt üzerindeki ilacli alanın toplam kağıt alanına oranlanması ile tespit etmiştir.

Klotchkov vd. (1998) farklı meme tiplerinde pestisit kayıplarını tespit edebilmek için suya duyarlı kağıtlar ve bir mikroskop kullanmışlardır. Araştırmada bum boyunca dağılım düzgünlüğünü araştırmışlardır. Meme tipinin pestisit kayıplarını azaltılabileceğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, pestisit uygulamasında püskürtme yüksekliği ve püskürtme basıncının uygun şekilde belirlenmesi halinde pestisit kayıplarının %1,2-2,8 oranında azaltılabileceğini tespit etmişlerdir.

Machado ve Matuo (1998), mısır bitkisinde uygulana pestisitinin insan vücuduna olan etkisini belirlemek amacıyla 22 işçide ölçümler yapılmıştır. Sırt pülverizatöründe memelerin operatörün önünde yer alması durumunda vücutta ayaklara olan temas oranı %92-93 oranında bacak ve ayaklar kısmında etkili olurken memelerin vücudun arka kısmına alınması durumunda ise ellerin etkilenme durumu % 86 olarak belirlenmiştir. Koruyucu eldiven kullanımı ile pülverizatörde memelerin operatörün sırt kısmına alınması ile operatörün maruz kaldığı pestisit oranı azalmış ve güvenliğinin sağlandığı tespit edilmiştir.

Degro vd. (2001), pestisit uygulamalarında görüntü işleme programı yardımıyla damla verilerine ulaşmak için hedef yüzey olarak suya duyarlı kağıt, silikon yağları içeren petri kutuları ve cam yüzeyler kullanışlardır. Petri kabı ve cam yüzeyden oluşan hedef yüzeylerin, suya duyarlı kağıtlara göre daha fazla dalgalanmaya sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, suya duyarlı kağıtların kullanımı basit fakat saklamanın zor olduğunu belirlemişlerdir.

Fox vd. (2001), tarafından yapılan araştırma sonuçlarına göre pestisit uygulamalarında yüzey kaplama oranlarını belirlemek için çok sayıda yöntem olmasına rağmen suya duyarlı kağıtlarla yapılan analizlerin kolay uygulanabilir

olduğunu belirtmişlerdir. Yüzey kapsama oranı ve damla sayısı görüntü işleme teknikleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Caner (2007), bağ ilaçlamalarında ilaçlama parametrelerini değerlendirmek için bir araştırma yapmıştır. Yapay asma bitkileri üzerinde yürütülen araştırmalarda, üç farklı meme tipi (standart yelpaze hüzmeli, hava emişli ve içi boş konik hüzmeli), iki farklı hava hızı (27,25 ve 32,41 m/s) ve üç farklı püskürtme basınç (4,8 ve 4,8 bar) kullanılarak yapılmıştır. Denemelerde kaplama oranları, dağılım düzgünlüğü ve yere sürüklenme araştırılmıştır. Denemeler sonucunda en uygun sonuçlar standart yelpaze hüzmeli meme tipi uygulamalarından elde edilmiştir.

Sehsah ve Kleisinger (2009) tarafından yürütülen çalışmadan püskürtme basıncı, püskürtme yüksekliği ve rüzgar hızının sürüklenmeye etkileri araştırılmıştır. Denemelerde 4 farklı meme tipi (IDKN 120-04, AD 110-03, TT 11003 Turbo Jet ve ATR 208 Albuz) ile 3 farklı püskürtme basınç (3, 4 ve 5 bar) kullanılmıştır. Araştırma sonucunda hava emişli meme olan IDKN 120-04 meme tipinin daha az sürüklenmeye neden olduğu ve ayrıca püskürtme yüksekliğinin dağılım düzgünlüğüne etkisinin olduğunu belirlemişlerdir.

Glenda vd. (2011), Pestisit kullanımından kaynaklanan mesleki ve çevresel riskleri belirleyebilmek için yürüttükleri çalışmalarında sırt pülverizatörü kullanmışlardır. Sırt pülverizatörleri ile yapılan uygulamalarda uygulayıcıların ve çevrenin maruz kaldığı pestisit kalıntı miktarı tespiti için ağırlık yöntemi kullanılmış ve bu yöntemde kalıntı miktarı için özel kağıtlardan yararlanılmıştır. Kağıtlar uygulayıcı vücudunun farklı bölgelerine takılarak kalıntı miktarları belirlenmiştir. Ağırlık yönteminin sırt pülverizatörü ile yapılan uygulamalarda uygulayıcı ve toprağa olan kalıntıyı ölçmek için uygulanabilir olduğunu belirlemişlerdir.

Urkan (2012), bağ ilaçlamalarında en ideal kaplama ile birlikte sürüklenmenin en düşük olacağı meme tipini hava debisi ve norma göre tespit edilmesi amacıyla bir araştırma yapmıştır. İki aşamalı yürütülen denemelerde ideal sonuçları sağlayan meme tipi, hava debisi ve normu belirlenmiştir. Denemelerde içi boş konik hüzmeli, geleneksel yelpaze hüzmeli, geleneksel hava emişli yelpaze hüzmeli ve hava emişli meme tipleri kullanılmıştır. Denemeler 3 farklı hava debisi ve 3 farklı normda 4 tekerrürlü yürütülmüştür. Denemelerde kalıntı miktarı tespiti için filtre kağıtları, yüzey kaplama oranlarını belirlemek amacıyla suya duyarlı kağıtlar

kullanılmıştır. Denemeler sonucunda geleneksel hava emişli yelpaze hüzmeli ile en ideal sonuçlar alınmıştır.

Duran (2012), fındık bahçelerinde ana zararlı olan fındık kurdu için yapılan kimyasal mücadele uygulamalarında alternatif olabilecek farklı pülverizatör tipleri ile alternatif uygulama teknikleri üzerinde araştırma yürütülmüştür. Denemelerde kullanılan pülverizatör tiplerinde iz maddesi uygulamaları ile pestisitlerin hedef yüzeyde dağılım düzgünlükleri ve bazı pülverizasyon karakteristikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yürütülen denemeler süresince hacimsel ortalama damla çap değerleri ve damla dağılım düzgünlüklerinin belirlenmesi amacıyla suya duyarlı kağıtlar kullanılmıştır. Kağıtların analizlerinde yapılmasında Image Tool Görüntü işleme programından yararlanılmıştır

Duran ve ark. (2013), çalışmalarında 3 farklı pülverizatörde damla çap değerlerini belirlemişlerdir. Çalışmalarında iz maddesi uygulamaları ve laboratuvarında lazer ölçüm sistemi ile damla çap değerlerini lazer ve leke yöntemleri ile belirlenmişlerdir. Damla çap ölçümlerinde suya duyarlı kağıtlar kullanılırken kağıtların analizlerinde ise görüntü işleme programı kullanılmıştır. Damla çap değerleri lazer ölçüm sistemindeki leke yöntemine göre gerçek değerlerine daha yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Višacki vd. (2016), yaptıkları çalışmalarında farklı meme tiplerinin (ST 120-04, IDK 120-04, IDKT 120-04) dağılım düzgünlüklerini farklı püskürtme yüksekliklerinde (40, 50 ve 60 cm) ve püskürtme basınç değerlerinde (200, 250, 300, 350, 400 ve 450 Kpa) araştırmışlardır. Deneme sonuçları göre meme tipleri arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Dağılım düzgünlüğü açısından IDK 120-04 meme tipinde en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yelpaze hüzmeli meme (ST 120-04) tipinde ise en yüksek CV değeri (% 8,545-%7,226) değerleri elde edilmiştir. Bu meme tiplerinde enine dağılım düzgünlüğünün tespiti için püskürtme yüksekliği ve püskürtme basınç değerlerine göre uygulamalarda kullanılacak matematik modeli geliştirilmesine katkı sağlayacağı belirlenmiştir.

Nurulain vd. (2017), çalışmalarında tarım sektöründe pestisit yönetiminden kaynaklanan çok sayıda yaralanma ve ölümle sonuçlanan olayların meydana geldiğini belirlemişlerdir. Malezya'da tarım sektöründe pestisit uygulamalarında çiftçilerin pestisitlere maruziyetlerine neden olan etmenleri ortaya koymayı

amaçlayan bu çalışmada pestisitlere maruziyetin risk durumu da incelenmiştir. Pestisitlere maruz kalma oranının pestisit uygulama ekipmanı, uygulama süresi, pestisit formülasyonu, kişisel koruyucu ekipman kullanımı, uygulayıcının eğitimi faktörlerinin yanında sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve yönü gibi çevresel faktörlere bağlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Ceruto vd. (2018), serada yetiştirilen bitkilerde yürüttükleri çalışmalarında; sırt pülverizatörü ile yapılan pestisit uygulamalarında farklı iki meme tipi, farklı iki püskürtme basıncında, iki farklı yürüme yönünde iki farklı şekilde dizayn edilmiş püskürtme bumu kullanılarak uygulamalar yapılmıştır. Uygulamalarda uygulanan yüksek püskürtme basınç ve ileri doğru olan yürüme yönünde uygulayıcının daha fazla oranda pestisitlere maruz kaldığı tespit edilmiştir. Uygulamalar sonucunda vücuda gelen pestisitlerin daha çok alt uzuvlarda (%89-94) toplandığını belirlemişlerdir.

Sinha vd. (2018), Hindistan'da çiftçilerin yaklaşık olarak araziye sahip olma oranı % 46.1 olup, bu çiftçilerin % 83'ü arazilerin küçük ölçekli olması nedeniyle çoğunlukla sırt pülverizatörü kullanmaktadırlar. Sırt pülverizatörleri ile yaptıkları pestisit uygulamalarında elde edilen başarılı sonuçların düşük olması sonucunda sırt pülverizatörlerinde iyileştirme çalışmaları yapmışlardır. Elle Çalıştırılan, motorlu sırt pülverizatörü ve güneş enerjisi ile çalıştırılan üç farklı sırt pülverizatörünü karşılaştırmışlardır. Damla dağılımının daha düzgün olmasını sağlamak amacıyla güneş enerjisi ile çalışan sırt pülverizatöründe damla dağılımının ve çalışma süresinin diğer pülverizatörlere göre daha düzgün ve uzun süre olduğunu belirlemişlerdir.

Alheidary (2019), sırt pülverizatörü ile yapılan denemelerde sabit püskürtme yüksekliğinde (50 cm) iki farklı püskürtme basınç (15 ve 25 psi) ve altı meme tipinde değerlerinde uygulamalar yapılmıştır. Uygulamalardaki damla çap değerlerinin tespiti için suya duyarlı kağıtlar kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre en büyük hacimsel ortalama damla değerleri konik hüzmeli meme tipi ve yelpaze hüzmeli meme tipinde sırasıyla VMD 377.69 µm, 378 µm olarak elde edilmiştir.

Illyassou vd. (2019), Nijerya'da bahçelerde pestisit uygulamalarında operatörlerin sırt pülverizatörü kullandıklarında vücudun hangi bölgesinde daha fazla pestisit kalıntısının tespitine yönelik yaptıkları çalışmalarında en fazla değere vücudun

göğüs ve bacaklarda olduğunu belirlemişlerdir. Pestisit uygulamalarında çiftçilerin yaklaşık %70'inin koruyucu ekipman kullanmadıkları belirlenmiştir. Denemelerinde farklı tip pülverizatörler ve farklı uygulama yüksekliğini araştırmışlar ve sonuçta kalıntının göğüs ve bacak bölgelerinde daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Wang vd (2019), buğday bitkisinde insansız hava aracı ile traktöre monte tarla pülverizatörü ve iki farklı sırt pülverizatörü (elektrikli pülverizatör ve klasik sırt pülverizatörü) iş verimliliği ve birikim açısından karşılaştırılmıştır. İş verimliliği açısından insansız hava aracı 4.11 ha/sa olurken diğer pülverizatör tiplerinde bu oran insansız hava aracı ile elde edilen verimliliğin yaklaşık olarak 1.7-20 kat arasında daha fazla elde edilmiştir. Birikim açısından insansız hava araçlarının geliştirmeye açık olduğu belirlenmiştir.

Konthonbut vd (2020), Tayland'da yürüttükleri çalışmalarında sırt pülverizatörleri ile pestisit uygulamalarında operatörlerin maruz kaldıkları pestisit kalıntıları ile sürüklenmenin etkilerini incelemişlerdir. Paraquat etkili maddeli pestisit vücuttaki kalıntılarını uygulamadan önceki gün, uygulama günü, uygulamadan sonraki gün alınan idrar örneklerinde HPLC ile incelemişlerdir. Sırt pülverizatörlerinde uzun kollu gömlek, pantolon ve eldiven kullanımının sürüklenmenin neden olduğu maruziyetleri azalttığı tespit edilmiştir.

Xuehua vd (2020), Pestisit uygulamalarında pestisit kayıt sisteminin uygulamaya konulması, pestisitlerin güvenli kullanımı ve maruziyet riskinin değerlendirilmesi gerekliliği nedeniyle yürüttükleri çalışmalarında iki farklı sırt pülverizatöründe (elektrikli sırt pülverizatör ve yer arabasına monte edilen pülverizatör) uygulayıcı vücutunda farklı koruyucu kıyafetlerde farklı pülverizatör uygulamalarındaki kalıntılar değerlendirilmiştir. Koruyucu kıyafetlere ve pülverizatör tiplerine göre maruz kalan değerlerin uygulayıcı vücutunda en yüksek ellerde (%32.5) ve bacaklarda (%21.1) olduğu belirlenmiştir. Uygulayıcılar için koruyucu kıyafetler kadar pestisit uygulamalarında maruziyeti kontrol altına alabilmek için pülverizatörlerde iyileştirme çalışmalarına gerek olduğu belirtilmiştir.

Choudhary vd (2021), Hindistan'da yürüttükleri çalışmalarında çok farklı tiplerde pülverizatörler olmasına rağmen çiftçilerin sırt pülverizatörlerini tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Ancak sırt pülverizatörlerinin iş gücü ve zaman maliyetleri

ile birlikte uygulayıcıların maruz kaldıkları pestisitlerin özellikle sağlık ve gözler açısından tehdit altında olduklarını bu nedenle uygulayıcıların bu riskleri ve olumsuzlukları önleyebilecek geliştirilmiş olan sırt pülverizatörleri kullanılması gerektiğini tavsiye etmişlerdir.

Mahasin vd (2021), yaptıkları literatür araştırmalarında Hindistan'da kullanılmakta olan klasik yakıt ile çalışan sırt pülverizatörleri yerine alternatif enerji ile çalışana sırt pülverizatörlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca küçük araziye sahip olan çiftçilerin zaman ve enerjiden tasarruf etmelerini sağlayabilecek üzerinde birden fazla meme olan bum düzeneğine sahip sırt pülverizatörlerinin operatörlerin daha az yorulmalarına da olanak sağlayacağı düşüncesiyle geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

Wong ve Brown (2021), literatür taraması olan araştırmalarında gelişmekte olan ülkelerde pirinç tarımında yapılan pestisit uygulamalarında uygulayıcıların pestisitlere olan maruziyetlerini ölçebilmek için çalışmaların yöntemlerini incelemişlerdir. Gelişmekte olan ülkelerde pirinç tarımında pestisit uygulamalarında genellikle sırt pülverizatörleri kullanıldığı ve sırt pülverizatörü ile yapılan uygulamalarda ise uygulayıcıların çoğunlukla deri teması yoluyla pestisitlere maruz kaldıklarını belirlemişlerdir. Pülverizatör kullanımı ile birlikte kişisel koruyucu ekipmanların kullanımındaki eksikliklerin ve yanlışlıkların giderilmesi konusunda çalışmaların yapılmasına gerek duyulduğunu belirtmişlerdir.

Tudi vd (2022), Gelişmekte olan ülkelerde pestisit uygulamalarında, insanların pestisitlere maruziyetlerinin önemli sorun olduğu ve önlenmesi açısından pestisit uygulama teknikleri ve yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirlemişlerdir. Sırt pülverizatörlerinin kullanıldığı durumlarda operatörlerin daha fazla oranda pestisitlere maruz kaldıklarını ve pestisit maruziyetinin azaltılması amacıyla araştırmalara ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Özyurt vd (2022), Fındık bahçelerinde insansız hava aracı ile yaptıkları uygulamalarda damla çap ölçümlerini belirlemişlerdir. İnsansız Hava Aracı üzerinde Teejet XR11001VS yelpaze hüzmeli memeler kullanılmıştır. Damla çap ölçümlerinde suya duyarlı kağıt kullanmışlardır. Suya duyarlı kağıtlar yazıcıda taranarak DepositScan yazılımında ortalama damla çapları ve KAPLAMA oranı hesaplanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasına ait denemeler 19 Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü laboratuvarları ile (Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü) deneme sahasında yapılmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Deneme alanı

3.1. Materyal

Denemelerde teknik özellikleri (Tablo 3.1)'de verilmiş olan motorlu sırt pülverizatörü (Şekli 3.2) kullanılmıştır.

Sırt pülverizatörü

Tablo 3.1. Sırt pülverizatörünün bazı teknik özellikleri

Motor tipi	Benzinli 4 zamanlı tek silindirli
Motor gücü	1.1 BG / 7000 dev/dak.
Çalıştırma şekli	İpli düzenek
Kapasitesi (pestisit)	25 litre
Basınç	0 – 30 kgf/cm ²
Ağırlık	9 Kg



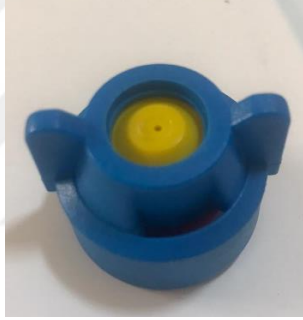
Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan motorlu sırt pülverizatörü

Meme tipleri

Denemelerde IDK 120-02 hava emişli meme tipi ve 80° püskürtme açısına sahip 0.2 mm plakalı konik hüzmeli meme tipi kullanılmıştır (Şekil 3.3.).



a



b

Şekil 3.3. Denemede kullanılan hava emişli (a) ve konik (b) meme tipleri

Örnekleme yüzeyleri

Denemelerde örnekleme yüzeyi olarak Sygenta marka 25X50 mm ölçülerine sahip olan suya duyarlı kağıtlar (WSP) kullanılmıştır (Şekil 3.4).

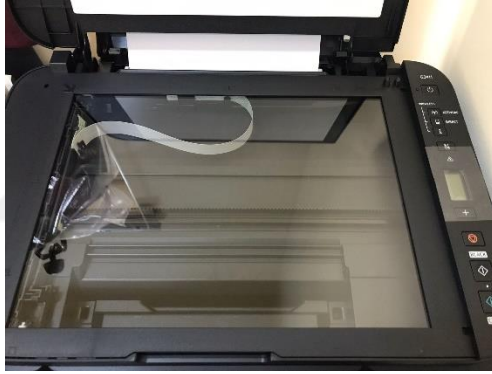
Suya duyarlı kağıtların bu tür çalışmalarda uygulama sonrasında muhafaza edilmesi imkanı olması ve değerlendirilmelerin sonradan yapılmasına imkan sağlayan materyal olduğu için tercih edilmiştir.



Şekil 3.3. Denemelerde kullanılan suya duyarlı kağıt

Tarayıcı

Örnekleme yüzeyi olarak kullanılan suya duyarlı kağıtların görüntü işlemleri amacıyla Canon G3411 tarayıcı kullanılmıştır. Suya duyarlı kağıtlar 600 dpi özelliklerinde tarandıktan sonra görüntü analiz programı yardımıyla (Image Tool V 3) analizleri yapılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Denemelerde kullanılan tarayıcı

Anemometre

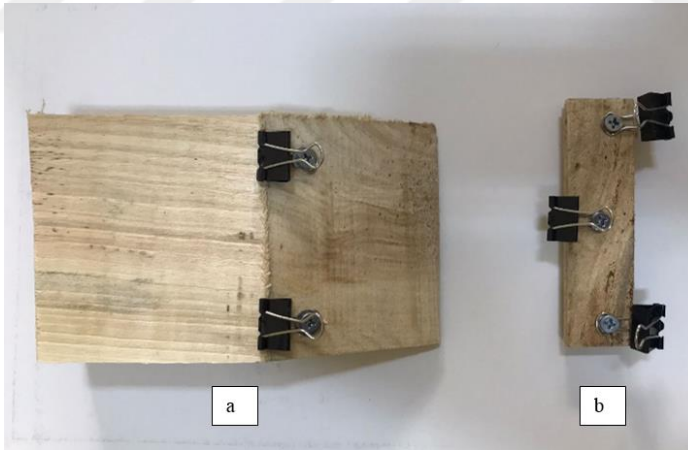
Sırt pülverizatörü ile uygulamaların yapıldığı esnada oluşan hava sıcaklığı ile rüzgar hızı ölçümü amacıyla Prova AVM 05 anemometre (Şekil 3.6) kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan bu cihaz 0-45 m/s arasında oluşan hızları 0.01 m/s hız hassasiyetinde ölçmektedir. Ayrıca hava sıcaklığının 0-60 °C olduğu sıcaklıkları ölçme olanağı da sağlamaktadır.



Şekil 3.6. Denemelerde kullanılan anemometre

Ataşman ve takozlar

Denemelerin yürütülmesi esnasında hedef yüzeyi olarak kullanılan suya duyarlı kağıtların ortamda oluşan rüzgar hızından dolayı yerlerinin değişmemesi amacıyla takozlar (Şekil 3.7a) ve operatörün vücuduna tutturmak için de ataşmanlar (Şekil 3.7b) kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Denemelerde kullanılan takoz (a) ve ataşmanlar (b)

3.2. Yöntem

Sırt pülverizatörleri ile yapılan pestisit uygulamalarında sürüklenmenin daha fazla olduğu göz önüne alındığında (Vitali vd., 2009) operatörlerin maruz kaldıkları pestisit miktarlarının tespit edilmesi amacıyla bazı önemli pülverizasyon karakteristikleri (hacimsel ortalama damla çapı (VMD), damla sıklığı ve kaplama oranı) uygulama yapılan hedef yüzey ile birlikte uygulayıcının vücut bölgesinde belirlenmiştir.

Denemelerde boom ilave edilerek modifiye edilmiş olan sırt pülverizatörü (Duran, 2002) farklı meme tipleri ile birlikte kullanılmıştır. Denemelerde motorlu sırt pülverizatörü ile IDK 120-04 hava emişli ve 80⁰ püskürtme açısına sahip 0.2 mm plakalı konik meme tipi kullanılmıştır. Modifikasyon yapılmış olan motorlu sırt pülverizatörü ile iki farklı meme (**M1**: IDK 120-02 hava emişli ve **M2**: 8002 konik meme) tipinde, iki farklı ilerleme (yürüme) hızında (**H1**: 1 m/s ve **H2**: 1.5 m/s) uygulamalar yapılmıştır. Uygulamalarda püskürtme uygulama norm değeri 20 lt/da, püskürtme basıncı (3 bar) ve püskürtme yüksekliği (50 cm) sabit olarak alınmıştır.

Konik meme hali hazırda bir çok sırt pülverizatöründe kullanılmakta olduğu için tercih edilirken hava emişli meme tipi alternatif meme tipi olarak kullanılmıştır. Ayrıca Sehsah ve Kleisinger (2009) tarafından yürütülen çalışmada sonucunda hava emişli meme olan IDKN 120-04 meme tipinin daha az sürüklenmeye neden olduğu ve ayrıca püskürtme yüksekliğinin dağılım düzgünlüğüne etkisinin olduğunu belirlemişlerdir.

Pestisit uygulamalarının sırt pülverizatörü ile yapıldığı durumlarda ortalama insan yürüme hızının 1 m/s ile 2 m/s arasında mümkün olması ve püskürtme yüksekliğinin de ortalama 50 cm'den tercih edilmesi nedeniyle denemelerde verilen ilerleme hızları ve püskürtme yükseklik değerleri seçilmiştir.

Uygulamalar M1H1, M1H2, M2H1, M2H2 kombinasyonlarında 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Uygulamalar esnasında anemometre ile uygulama süresince alınan 5 değer ortalama değerleri alınarak elde edilen ortalama rüzgar hızı 0.85 m/s ve hava sıcaklığı 26.8⁰C nem oranı ise % 62 olarak ölçülmüştür. Denemelerde hedeflenen pülverizasyon karakteristiklerinin tespiti için suya duyarlı kağıt (WSP) kullanılmıştır. Glenda vd. (2011), Pestisit kullanımından kaynaklanan mesleki ve çevresel riskleri belirleyebilmek için yürüttükleri çalışmalarında sırt pülverizatörü

kullanmışlardır. Uygulamalarda uygulayıcıların ve çevrenin maruz kaldığı pestisit kalıntı miktarı tespiti için ağırlık yöntemi kullanılmış ve bu yöntemde kalıntı miktarı için özel kağıtlardan yararlanılmıştır. Kağıtlar uygulayıcı vücudunun farklı bölgelerine takılarak kalıntı miktarları belirlenmiştir.

Püskürtme denemelerinin yapılması sırasında operatöre gelen pestisit miktarlarının tespiti açısından ataşmanlara tutturulan suya duyarlı kağıtlar operatörün vücudunun farklı bölgelerine (K: Kafa, G: Göğüs K1: Sol kol, K2: Sağ kol, A1: Sol bacak, A2: Sağ bacak) sabitlenmiştir. (Şekil 3.8).



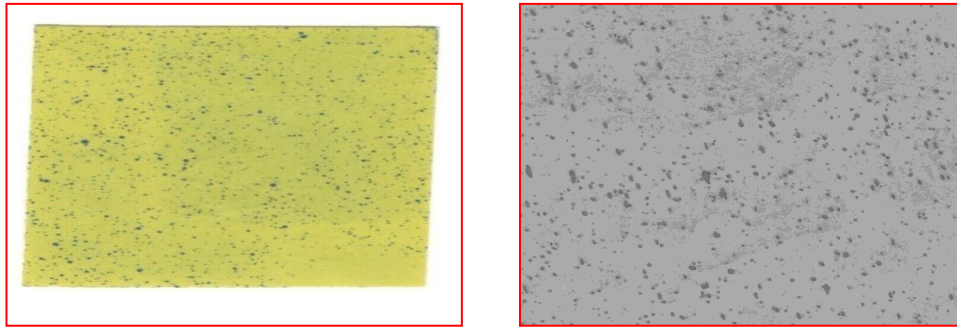
Şekil 3.8. Operatör vücudunda örnekleme bölgeleri

Ayrıca uygulamalarda hedef bitki yüzeyine olan pestisit miktarı tespiti için yer üzerinde her meme hizasına denk gelecek şekilde 0.5 m aralıklarla 4 adet olan takozlar üzerine her bir takozu iki adet olmak üzere suya duyarlı kağıtlar yerleştirilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Hedef yüzeydeki pestisit kalıntısı için örnekleme yüzeyleri

Püskürtme uygulamalarından sonra kuruması beklenen WSP'ler toplanarak uygulama parametrelerine göre kodlanmış olan zarflara konulmuştur. Daha sonra WSP'ler scannerda 600 dpi ve tiff formatında taranarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. Uygulamadan sonra ve bilgisayar ortamına aktarılan WSP

Uygulamalardan sonra taranmış ve bilgisayar ortamına aktarılan WSP'lerin UTHSCSA Image Tool for Windows V3 görüntü işleme programı ile damla analizleri yapılmıştır. Program yardımıyla hesaplanan leke çapları, yayılma faktörü katsayıları kullanılarak gerçek damla çapı olan hacimsel ortalama damla çap değerleri excel programında elde edilmiştir.

Elde edilen hacimsel ortalama damla çap (μm) değerleri yardımıyla damla sıklığı (adet/cm^2) ve yüzey kaplama oran (%) değerleri hesaplanmıştır.

Hacimsel ortalama damla çap, damla sıklığı ve kaplama oranı değerlerinin JMP istatistiki programda yapılan analizleri ile uygulama parametrelerinin pülverizasyon karakteristikleri ile ilişkileri belirlenmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Operatörün Maruz Kaldığı Pestisit Değerleri

4.1.1. Hacimsel Ortalama Çap (VMD)

Sırt pülverizatörleri ile pestisit uygulamalarında operatörlerin maruz kaldıkları pestisit miktarlarının değerlendirilmesinde hacimsel ortalama çap (VMD) fikir vermesi açısından tercih edilmektedir. Denemelerde iki farklı meme (**M1**: IDK 120-02 hava emişli ve **M2**: 8002 konik meme) tipinde, iki farklı ilerleme (yürüme) (**H1**: 1 m/s ve **H2**: 1.5 m/s) hızındaki uygulamalarda operatörün vücut bölgelerinde (K: Kafa, G: Göğüs K1: Sol kol, K2: Sağ kol, A1: Sol bacak, A2: Sağ bacak) olan kalıntı değerleri VMD açısından değerlendirilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen VMD değerlerine uygulanan istatistiki analizler sonucu elde edilen veriler Tablo 4.1.'de görülmektedir.

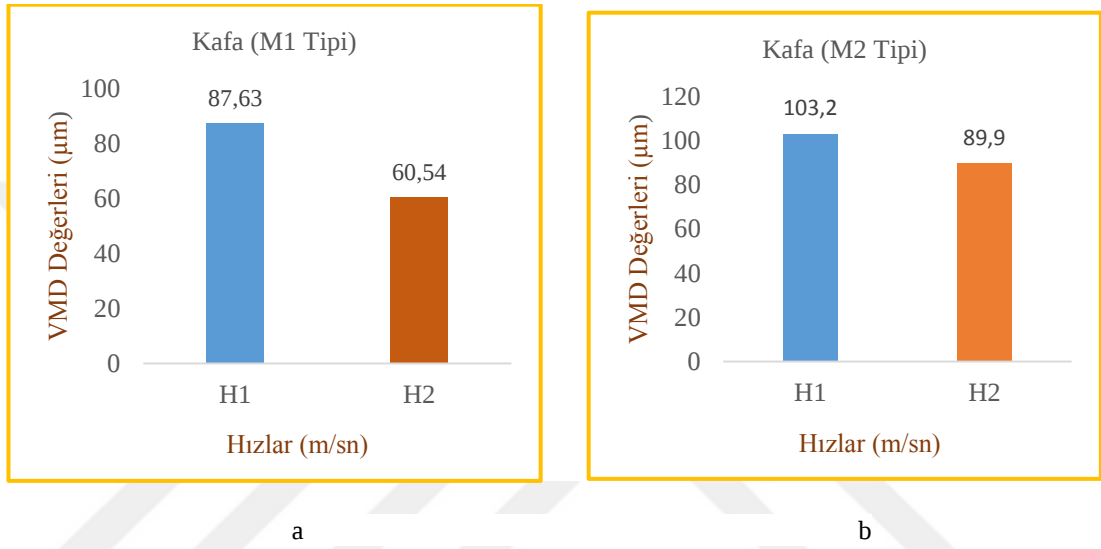
Tablo 4.1. Operatör üzerindeki VMD değerleri

Varyasyon Kaynakları	Püskürtme Parametreleri					
	K	G	K1	K2	B1	B2
M1	74.08 B	66.25 B	59.35 B	64.12 B	127.78	124.24
M2	96.55 A	77.96 A	108.77 A	119.46 A	142.49	130.28
CV	19.20	13.70	10.30	9.79	10.92	6.91
LSD	18.55	11.15	9.75	10.17	Ö.D.	Ö.D.
H1	95.41 A	71.08	90.39 A	92.28	126.47 B	120.42 B
H2	75.22 B	73.13	77.73 B	91.30	143.80 A	134.09 A
CV	19.20	13.70	10.30	9.79	10.92	6.91
LSD	18.55	Ö.D.	9.75	Ö.D.	16.70	9.93
M1*H1	87.63	70.49	65.85	65.20	126.31	119.63
M1*H2	60.54	71.67	114.93	119.36	126.63	128.85
M2*H1	103.20	62.01	52.85	63.03	129.25	121.21
M2*H2	89.90	84.25	102.61	119.57	158.35	139.35
CV	19.20	13.70	10.30	9.79	10.92	6.91
LSD	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

Denemelerde elde edilen sonuçlara göre vücudun farklı bölgelerinde uygulama parametreleri olan meme tipleri ve ilerleme hızlarına bağlı olarak farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Operatör vücudunun farklı bölgeleri aşağıda VMD açısından değerlendirilmiştir.

Kafa Açısından Değerlendirmeler

Sırt pülverizatörü ile uygulama esnasında operatörün kafa bölgesine gelen pestisit miktarının belirlenmesi açısından VMD değerleri arasında meme tipleri açısından istatistiki olarak önemli düzeyde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde kafa bölgesi için pestisit uygulamalarında hız değerlerinin de istatistiki olarak farklı olduğu görülmektedir (Şekil 4.1.).



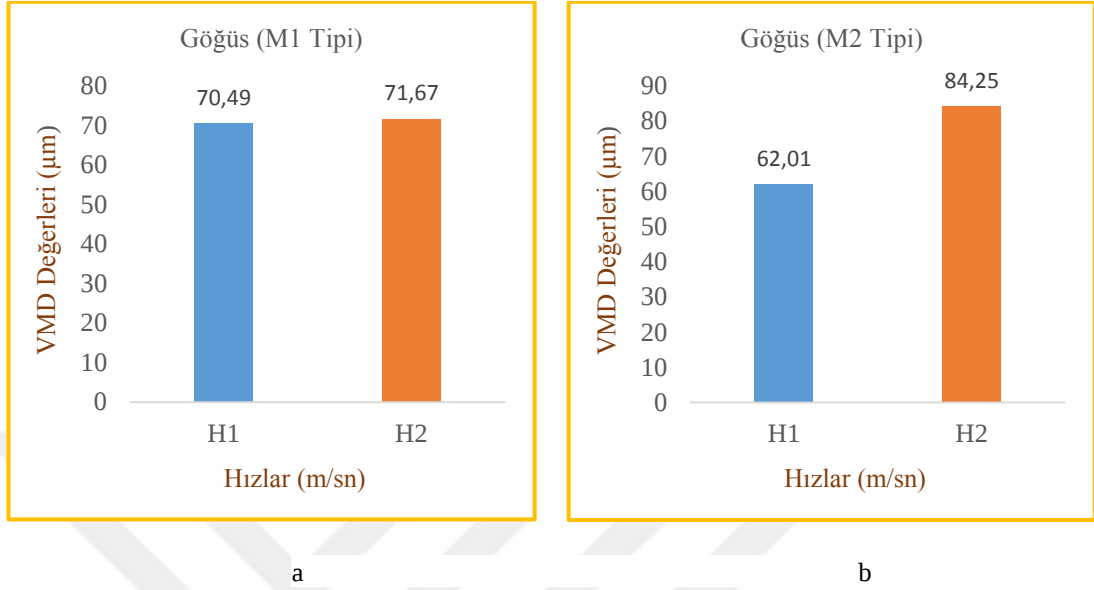
Şekil 4.1. Operatör kafa bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri

Şekil 4.1.a ve Şekil 4.1.b’den görüleceği gibi operatörün kafa bölgesinde meme tiplerine ve ilerleme hızlarına bağlı olarak VMD değerlerinin değiştiği belirlenmiştir. M1 tipinde hızlara göre VMD değeri H1 için 87,63 µm ve H2 için 60,54 µm olurken M2 tipinde ise H1 ve H2 için sırasıyla 103,2 µm ve 89,9µm olarak tespit edilmiştir. Hava emişli meme tipinde damla çapının büyük olması ilerleme hızının fazla olduğu durumlarda sürüklenmenin önlenmesi açısından önemlidir. M2 meme tipinde H2 hızında M1 tipine göre kafa bölgesine daha büyük çaplı damlaların birikmiş olması sürüklenmenin az olduğu fikrini doğrulamaktadır.

Göğüs Açısından Değerlendirmeler

Operatörün göğüs bölgesinde elde edilen VMD değerleri her iki meme tipinde (Şekil 4.2.a ve Şekil 4.2.b) incelendiğinde M1 meme tipinde her iki hız durumunda da birbirine yakın 70,49 µm ve 71,67 µm VMD değerleri elde edilmiştir. M2 meme tipinde ise beklenen durumun aksine H2 durumunda göğüs bölgesine H1 durumuna

göre daha büyük damla çapları birikmiştir. Bu durumun uygulamalar sırasındaki değişen rüzgar hızından ve operatörün yürüyüş hızını sabit olarak ayarlamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



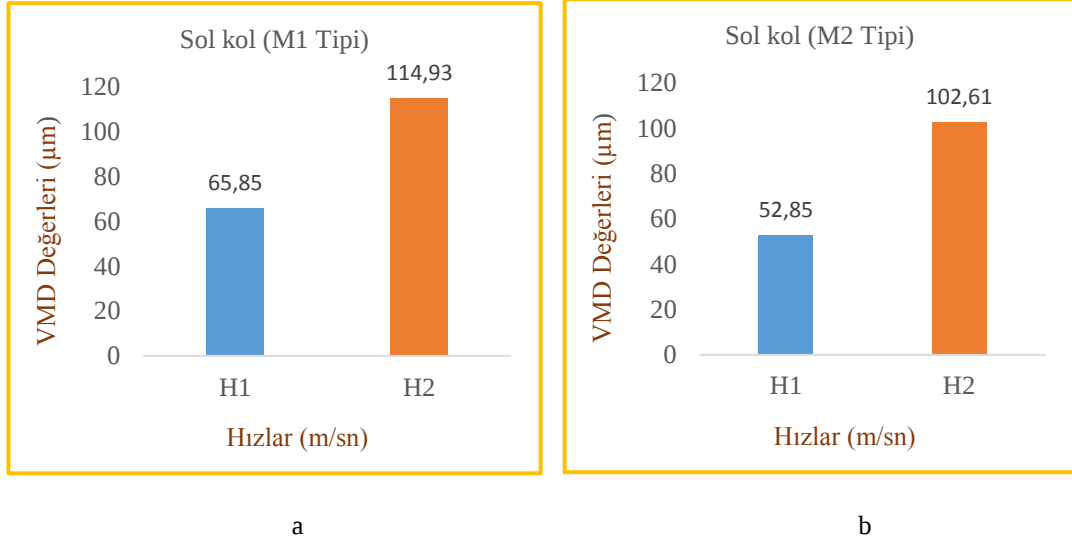
Şekil 4.2. Operatör göğüs bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri

Göğüs bölgesinde elde edilen damla çap değerleri meme tiplerinde hız açısından incelendiğinde her iki hız değerlerinde göğüs bölgesinde elde edilen VMD değerleri açısından istatistiki olarak meme tipleri ve ilerleme hızları önemli farklılıklara neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sol Kol Açısından Değerlendirmeler

Uygulamalarda elde edilen VMD değerleri operatörün sol kolunda elde edilen VMD açısından meme tipleri ile ilerleme hızlarının (Şekil 4.3.a ve Şekil 4.3.b) istatistiki olarak farklı sonuçlar vermiştir. M1 tipinde hızlar için H1 ve H2 için sırasıyla 65,85 μm , 114,93 μm ve M2 tipinde hızlar için H1 ve H2 için sırasıyla 52,85 μm , 102,61 μm olarak elde edilmiştir.

VMD değerleri farklı istatistiki gruplarda yer almış olan meme tipleri ile ilerleme hızları dikkate alındığında her iki meme tipinde de H2 hız durumlarında daha büyük VMD ile operatörün pestisite maruz kalabileceği düşünülebilir.



Şekil 4.3. Operatör sol kol (K1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri

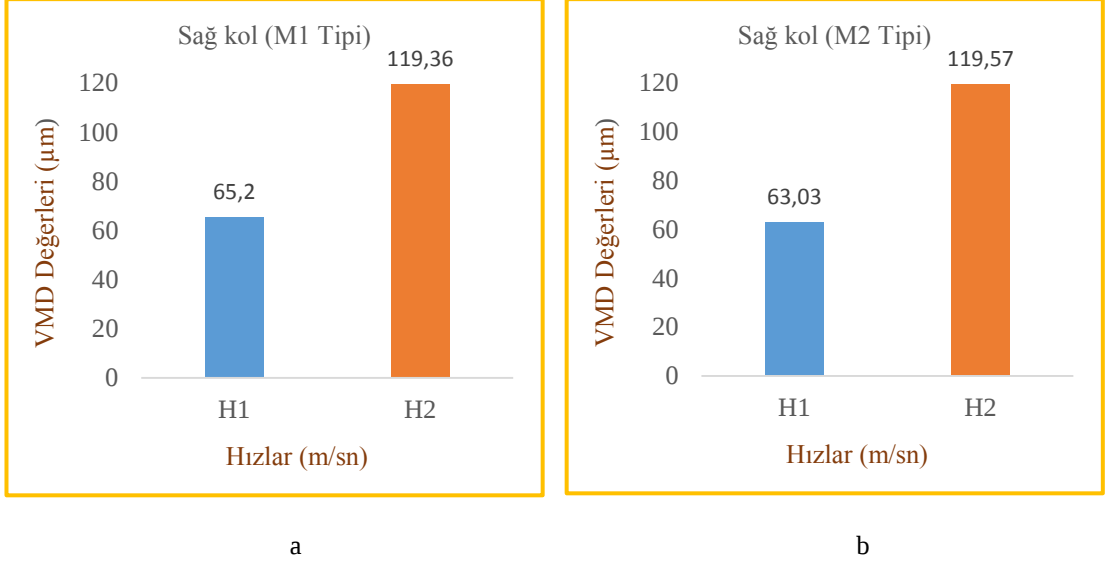
Operatörün sol kolunda meme tipleri ile hızlara bağlı olarak değişen VMD değerlerinin farklı elde edilmesinde modifiye edilmiş olan sırt pülverizatöründe operatör ellerinin ilave edilen boom ile uygulama yapmasının etkisi olduğu düşünülmektedir.

Sağ Kol Açısından Değerlendirmeler

Operatörün sağ kolundaki VMD değerleri sol kolundaki değerlerle benzer olduğu görülmektedir (Şekil 4.4.a ve Şekil 4.4.b) Operatörün sağ kolundaki VMD değerleri de M2 tipinde H1 ve H2 hızları için 63,03 μm 119,57 μm ve M1 tipinde ise H1 ve H2 hızları için 65,20 μm 119,36 μm olarak elde edilmiştir.

Meme tiplerine göre sağ koldaki VMD değerleri istatistiki olarak farklı gruplarda yer alırken meme tipleri ile hızların kombinasyonunda önemli bir farklılık olmamıştır. Bu durum aslında hızların sağ koldaki VMD değerlerine etkisi olmadığını göstermektedir.

Meme tipi ile hızların interaksiyonlarına bakıldığında ise H2 değerlerinin her iki meme tipinde H1 değerinden daha büyük VMD değerine yol açtığı görülmektedir. Bu durumun uygulama sırasında operatörün yürüyüş hızını standart olarak ayarlamamış olabileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



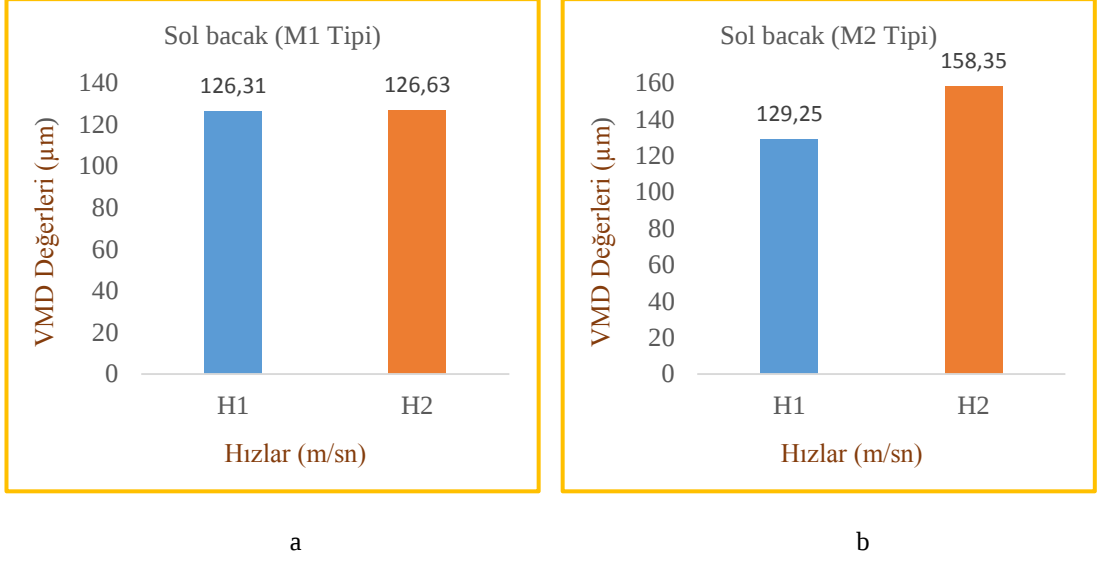
Şekil 4.4. Operatör sağ kol (K2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri

Sol Bacak Açısından Değerlendirmeler

Operatörün sırt pülverizatörü ile yapılan uygulamalarda VMD açısından bacak kısımlarına gelen değerlerin meme tipleri ve hızlara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ve istatistiki açıdan hızların önemli olduğu belirlenmiştir.

Sol bacakta en büyük VMD değeri M2 meme tiplerinde H2 uygulamasında 158,35 μm ile elde edilirken en düşük değer M1 meme tipinde H1 uygulamasında 126,31 μm olmuştur (Şekil 4.5.a ve Şekil 4.5.b).

Meme tiplerinde uygulanan H1 ve H2 hız durumlarında M1 meme tipinde birbirine yakın sonuçların ortaya çıkmış olması yürüme esnasındaki durumdan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bacaklarda meme tiplerine göre farklı VMD değerlerinin elde edilmesinde M2 meme tipinde damlaların hedef yüzeye yakın olduğu durumlarda daha büyük damlalardan oluştuğu sonucunu düşündürmektedir. Ancak yürüme esnasındaki düzensizlikten dolayı M2 meme tipinde sol bacakta H2 yüksek hız durumunda VMD değerlerinin büyük olmasına neden olmuştur. Ayrıca operatörün yürüme hızının özellikle H2 durumunda sabit olarak ayarlamamasının etkili olduğu düşünülmektedir.

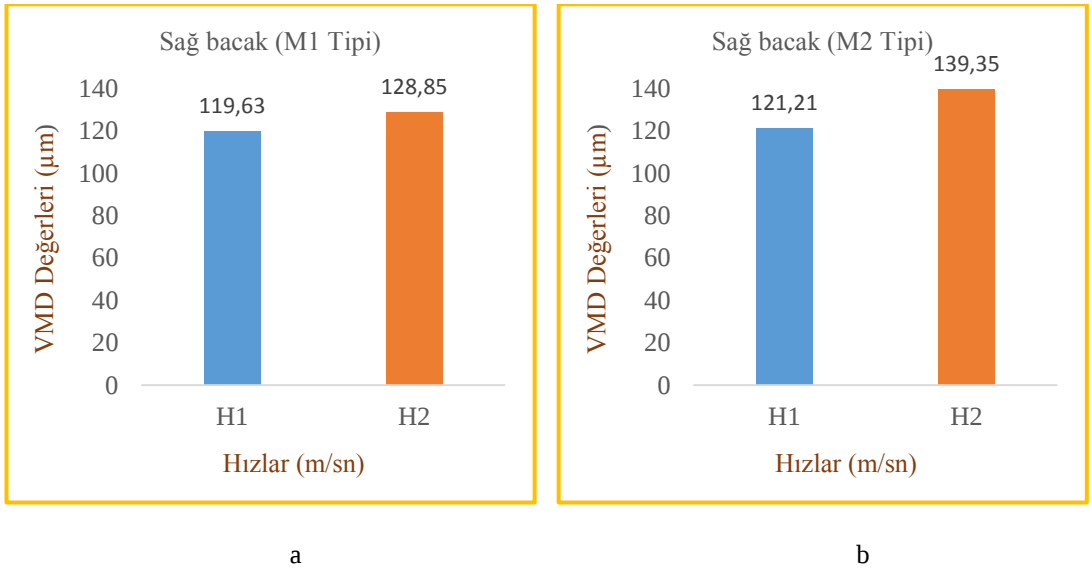


Şekil 4.5. Operatör sol bacak (B1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri

Operatörün yürüme hızının yere yakın olması nedeniyle damla çaplarının büyük olduğu düşünülmektedir. Bacaklara gelen damla çaplarının farklı olmasının ise yürüme hızının sabit olarak uygulanması ile önlenebileceği görülmektedir.

Sağ Bacak Açısından Değerlendirmeler

Operatörün sağ bacağındaki VMD değerleri incelendiğinde Şekil 4.6.a ve Şekil 4.6.b' den görüleceği gibi meme tipleri arasında bir farklılık olmamıştır. M1 ve M2 meme tiplerinde VMD değerleri ilerleme hızlarına göre birbirine yakın değerler sağlamıştır. Sağ bacakta en büyük VMD değeri M2 meme tipi H2 uygulamasında 139,35 μm olarak elde edilirken en küçük VMD değeri M1 meme tipi H1 uygulamasında 119,63 μm olarak elde



Şekil 4.6. Operatör sağ bacak (B2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri

4.1.2. Kaplama Oranı (KO)

Sırt pülverizatörleri ile pestisit uygulamalarında uygulamanın kalitesinin belirlenmesinde fikir vermesi açısından değerlendirilen karakteristiklerden bir tanesi de kaplama oranıdır. Kaplama oranı damlaların yüzey alandaki kapladığı alanın ifadesinde hedef yüzeye düşen kalıntı miktarını açıklayabilmek için tercih edilen parametrelerdendir. Denemelerdeki sonuçlar incelendiğinde meme tipleri ve hızlar açısından her uygulamanın istatistiki değerlendirilmesinde önemli olduğu görülmektedir (Tablo 4.2.).

Tablo 4.2. Operatör üzerindeki kaplama oranı değerleri

Varyasyon Kaynakları	Püskürtme Parametreleri					
	Kafa	Göğüs	K1	K2	B1	B2
M1	0.63 B	0.44 B	1.02 B	1.14	6.46 A	6.68 A
M2	0.84 A	1.13 A	1.30 A	1.21	2.88 B	3.31 B
CV	15.24	19.83	22.55	12.08	12.35	11.21
LSD	0.13	0.18	0.14	Ö.D.	0.65	0.63
H1	0.80 A	1.02 A	1.40 A	1.35 A	4.95	4.96
H2	0.67 B	0.54 B	0.93 B	0.99 B	4.39	5.03
CV	15.24	19.83	22.55	12.08	12.35	11.21
LSD	0.13	0.18	0.14	0.16	Ö.D.	Ö.D.
M1*H1	0.81 A	0.63	1.48 A	1.63 A	6.55	6.89
M1*H2	0.44 B	0.24	0.56 B	0.64 D	6.37	6.46
M2*H1	0.79 A	1.42	1.31 A	1.06 C	3.35	3.03
M2*H2	0.89 A	0.84	1.29 A	1.35 B	2.41	3.59
CV	15.24	19.83	22.55	12.08	12.35	11.21
LSD	0.18	Ö.D.	0.20	0.23	Ö.D.	Ö.D.

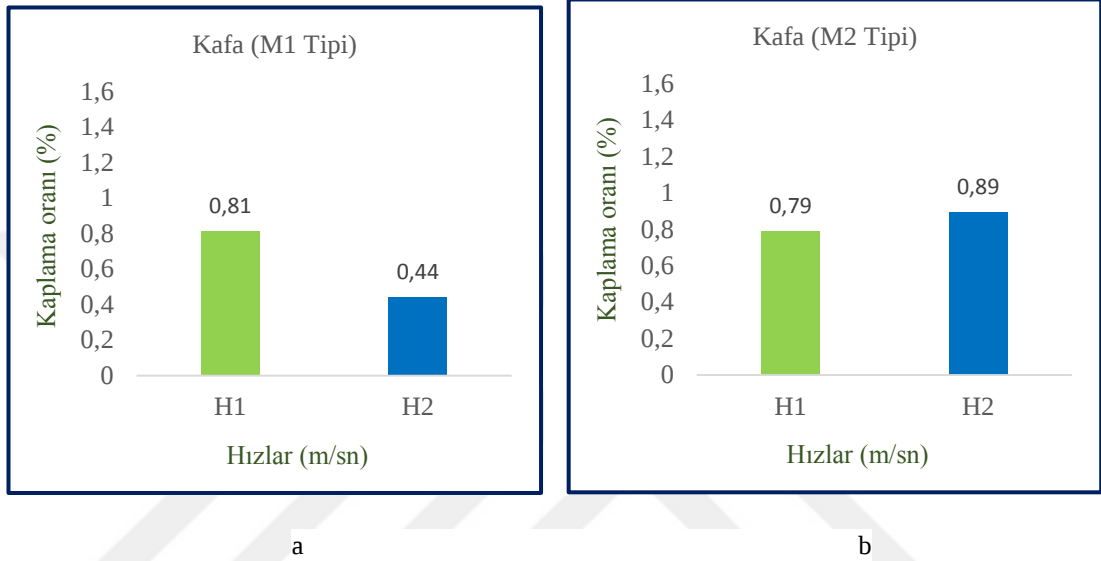
Kaplama oranı açısından sağ koldaki değerlerin istatistiksel anlamda önemli olmadığı ve değerlerin sırasıyla M1 ve M2 için 1.14 ve 1.21 olduğu görülmektedir. Sağ koldaki kaplama oranı değerinin her iki meme tipinde yakın olması modifiye edilen sırt pülverizatörü buminun operatörün sağ eli sabit tutulmasından kaynaklandığına yorumlanabilir. Ancak aynı durum uygulanan hızlar açısından düşünüldüğünde hızların önemli olduğu söylenebilir.

Ayrıca bacaklardaki kaplama oranı açısından meme tipleri önemli olurken hızların önemli olmadığı belirlenmiştir. Genel olarak düşünüldüğünde kaplama oranı açısından uygulanan hedef yüzeye yakınlığı nedeniyle bacaklardaki kaplama oranı göz önüne alındığında M1 meme tipinde daha iyi bir kaplama olduğu görülmektedir.

Bacaklardaki kaplama oranı değerleri M1 ve M2 meme tipleri için sırasıyla sol bacakda 6.46 ile 2.88 ve sağ bacakta ise 6.68 ile 3.31 olarak belirlenmiştir.

Kafa Açısından Değerlendirmeler

Operatörün kafa bölgesindeki kaplama oranı açısından incelendiğinde gerek meme tipleri ve gerekse uygulama hızlarının sonuçlara etkisi olduğu ve istatistiksel anlamda önemli olduğu görülmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Kafa bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri

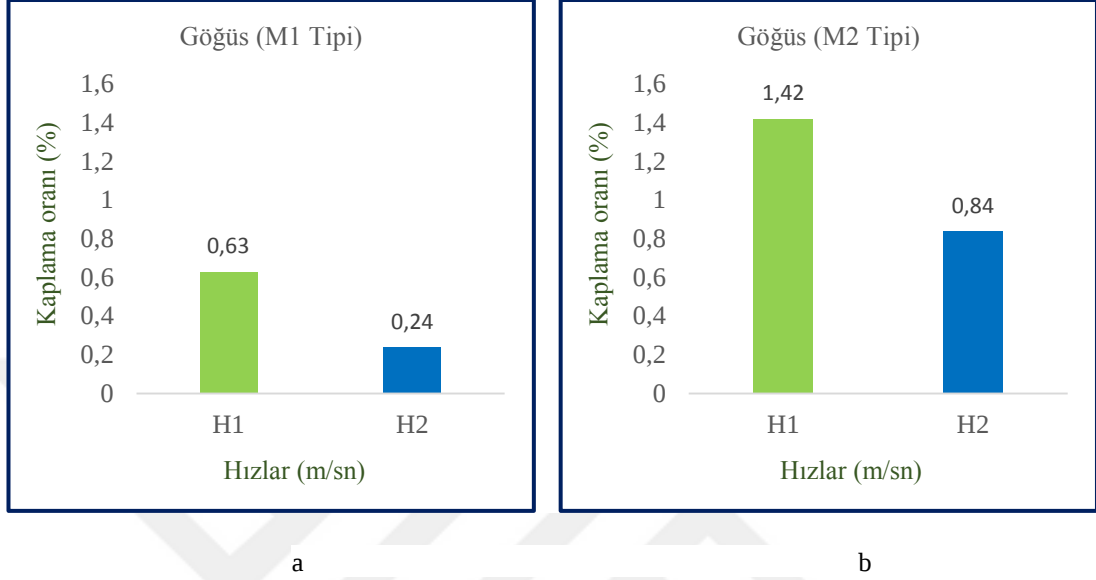
Operatörün kafa bölgesinde en fazla kaplama oranı değerleri M2 meme tipinde H2 hız kademesinde % 0,89 ile en yüksek değer olurken, en düşük değer ise M1 meme tipinde % 0,44 olmuştur. Kafa bölgesinde özellikle M1 meme tipindeki H2 hız uygulamasında kaplama oranı değerinin en düşük değerde elde edilmesi bu meme tipinin yüksek hızlarda uygulama olanağı sağlaması nedeniyle özellikle zaman açısından avantaj sağlamaktadır.

M2 meme tipinde ise her iki hız uygulamasında birbirine yakın değerlerde kaplama oranı elde edilmiş olması bu meme tipi için her iki ilerleme hızının tercih edilebileceğini göstermektedir. İstatistiksel olarak en düşük kaplama oranı M1*H2 kombinasyonunda % 0,44 değeri ile elde edilmiştir.

Göğüs Açısından Değerlendirmeler

Kaplama oranı operatörün göğüs bölgesi açısından değerlendirildiğinde meme tipleri ile hızların etkili olduğu görülmektedir (Şekil 4.8.a ve Şekil 4.8.b). Göğüs bölgesinde M1 meme tipinde en düşük kaplama oranı % 0,24 ile H2 uygulamasında

ve M2 tipinde yine H2 uygulamasında % 0,84 olarak elde edilmiştir. Uygulanan ilerleme hızlarına bakıldığında her iki meme tipinde de H2 uygulamalarında kaplama oranlarının H1 durumuna göre düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Göğüs bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri

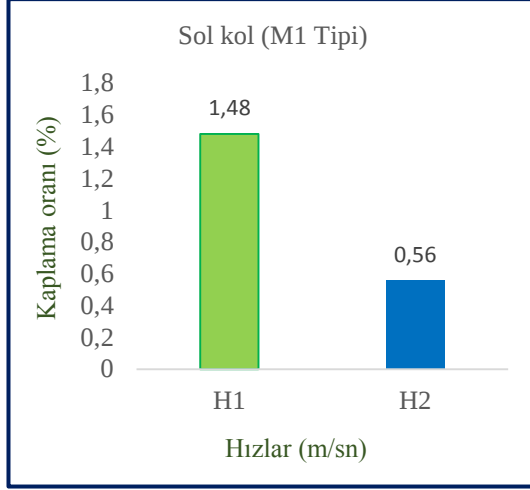
Göğüs bölgesinde meme tipleri ile ilerleme hızları incelendiğinde her iki meme tipinde de H2 uygulamaları daha düşük kaplama oranına neden olmuştur. Göğüs bölgesinde meme tipleri ile ilerleme hızları birlikte değerlendirildiğinde en düşük kaplama oranı M1*H2 uygulamasında % 0,24 ile elde edilmiştir.

Sol Kol Açısından Değerlendirmeler

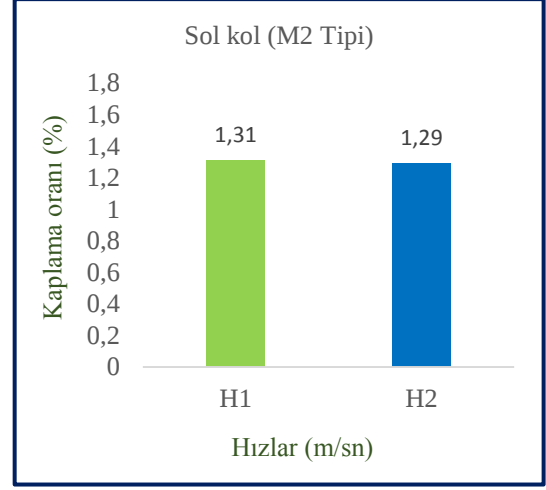
Operatörün sol kolundaki kaplama oranı incelendiğinde meme tipleri ile ilerleme hızlarının kaplama oranı sonuçlarına etkili olduğu görülmektedir. (Şekil 4.9.a ve Şekil 4.9.b).

M1 meme tipinde ilerleme hızları arasında H1 ve H2 için sırasıyla % 1,48 ve % 0,56 gibi büyük fark oluşmasının yürüme hızının fazla olduğu uygulamada sürüklenmenin fazla olduğu şeklinde düşünülebilir.

M2 meme tipinde kaplama oranları H1 ve H2 uygulamalarında sırasıyla % 1,31 ve % 1,29 olarak birbirine çok yakın sonuçlar vermiştir. Dolayısıyla M2 için her iki hız durumu da uygulamada kol bölgesinde oluşan kaplama oranı açısından tercih edilebilir.



a



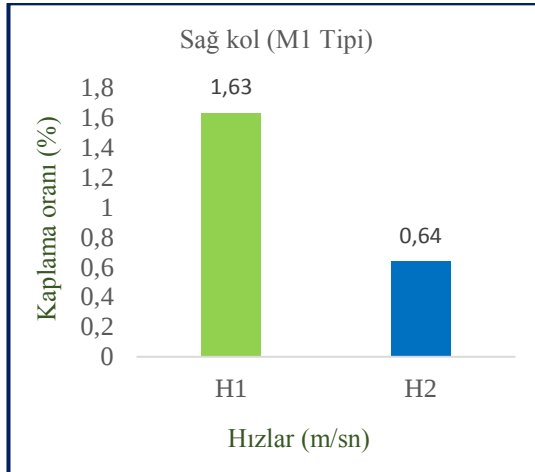
b

Şekil 4.9. Operatör sol kol (K1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri

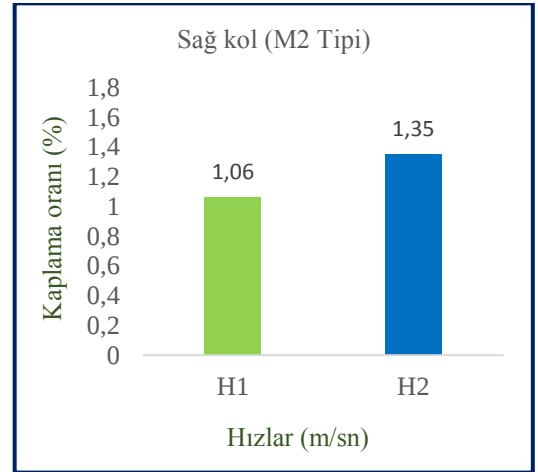
Ancak her iki meme tipi ile hızlar birlikte değerlendirildiğinde en düşük kaplama oranı dolayısıyla operatör açısından en az riskin olduğu uygulama % 0,56 değeri ile M1*H2 uygulamasında elde edilmiştir.

Sağ Kol Açısından Değerlendirmeler

Sağ kolda oluşan kaplama oranı değerleri incelendiğinde meme tipleri birbirine yakın sonuçlar verirken hız değerlerinde önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır (Şekil 4.10.a ve Şekil 4.10.b).



a



b

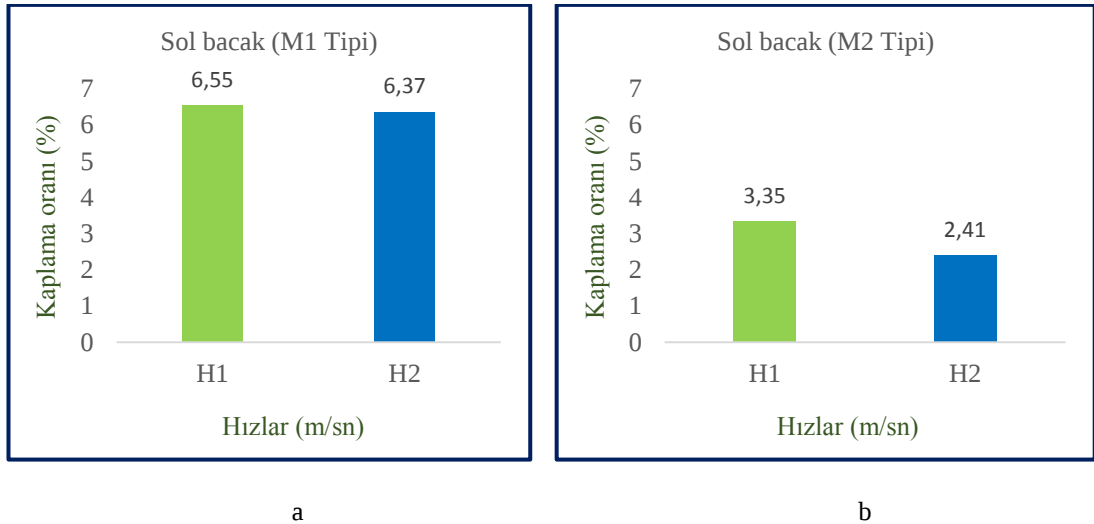
Şekil 4.10. Operatör sağ kol (K2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri

Meme tiplerinde en yüksek kaplama oranı M1 meme tipinde H1 uygulamasında % 1,63 elde edilmiştir. En düşük kaplama oranı yine aynı meme tipinin H2 uygulamasında % 0,64 olarak gerçekleşmiştir. Hızlarda oluşan bu farklılığın damla çaplarının küçük olması ve sürüklenmenin yüksek uygulama hızında fazla olmasına bağlanabilir.

M2 meme tipinde ise H1 ve H2 uygulamalarında birbirine yakın kaplama oranı değerleri olmakla birlikte H1 uygulamasında elde edilen % 1,06 kaplama oranı operatör açısından daha az risk taşımaktadır. Operatör açısından en az riski içeren uygulama % 0,64 değeri ile M1*H2 uygulamasında olmuştur.

Sol Bacak Açısından Değerlendirmeler

Kaplama oranı açısından operatörün sağ bacağındaki durum incelendiğinde özellikle M1 meme tipinde M2 meme tipine göre her iki hız uygulamasında da çok yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.11.a ve Şekil 4.11.b). Ancak meme tipleri kendi içinde istatistiki olarak önemli farklılıklara neden olurken hızlar için bu durum söz konusu olmamıştır (Tablo 4.2.).



Şekil 4.11. Operatör sol bacak (B1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri

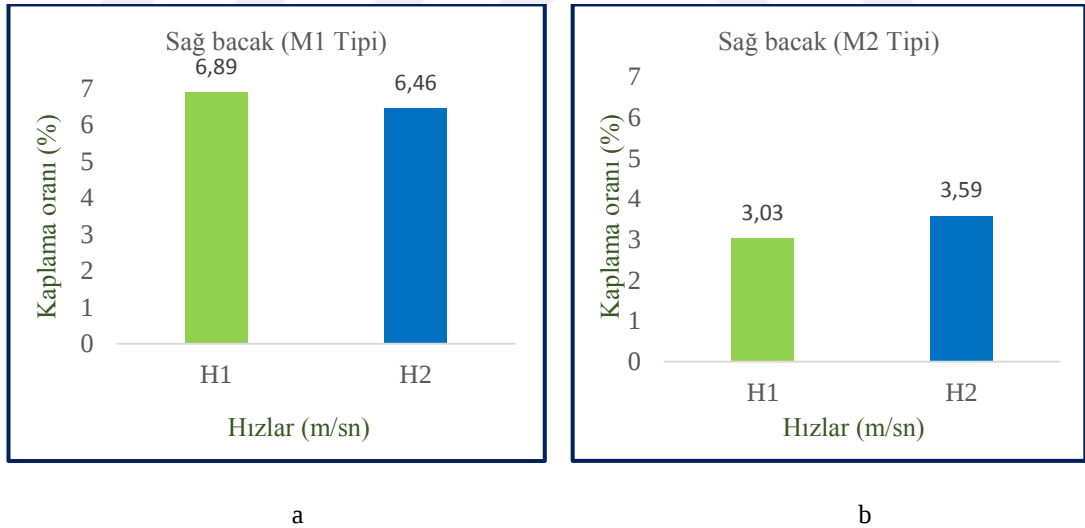
Kaplama oranı açısından operatörün sol bacağında en fazla kaplama oranı % 6,55 ile M1 meme tipinin H1 uygulamasında elde edilirken en düşük kaplama oranı M2 meme tipinin H2 uygulamasında % 2,41 değeri ile elde edilmiştir.

Ancak en düşük kaplama oranı sol bacak için 2.41 değeri ile M2*H2 uygulamasından elde edildiği için tercih edilebilir nitelikte bulunmuştur.

Sağ Bacak Açısından Değerlendirmeler

Kaplama oranı açısından sol bacakta elde edilen değerler sağ bacak içinde söylenebilir. Operatörün sağ bacağında en fazla kaplama oranı M1 meme tipinin her iki hız değerlerinde % 6,89 ve % 6,46 ile elde edilirken M2 meme tipinde daha düşük kaplama oranları % 3,03 ve % 3,59 değerleri ile her iki hız uygulamasında da elde edilmiştir (Şekil 4.12.a ve Şekil 4.12.b).

Sol ve sağ bacakta ortaya çıkan her iki meme tipindeki farklılıkların operatörün ilerleme hızının sabit olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.12. Operatör sağ bacak (B2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri

Kaplama oranı açısından ilerleme hızları arasında istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır. H1 için 4.96 olan kaplama oranı H2 için 5.03 olarak bulunmuş olup her iki hızda uygulama yapılabileceği düşünülmektedir. Meme tipleri ile hızlar birlikte düşünüldüğünde operatördeki % 3,03 ile en az kaplama oranına neden olan M2*H1 uygulamasının tercih edilebileceği söylenebilir.

4.1.3. Damla Sıklığı (DS)

Pülverizasyonun kalitesinin ifade edilmesindeki önemli karakteristiklerden olan damla sıklığı değeri açısından yapılan değerlendirmelerde operatörün göğüs bölgesinde oluşan damla sıklığı meme tipleri açısından istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Ayrıca bacaklarda ortaya çıkan damla sıklık değerleri de benzer şekilde istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Damla sıklığı açısından meme tipleri ve hızların operatör vücudu açısından diğer uygulamaların önemli olduğu görülmektedir (Tablo 4.3)

Damla sıklığı açısından kafa, kollar ve bacaklarda elde edilen değerler meme tipinin seçiminde önemli olmuştur. Meme tiplerine bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilmiştir. Benzer şekilde uygulamada seçilen hız değerlerinin bacaklarda ortaya çıkan damla sıklığı dışındaki vücut bölgelerinde önemli olduğu belirlenmiştir. Özellikle kafa ve göğüs bölgesinde ortaya çıkan damla sıklık değerleri göz önüne alındığında hız seçiminin operatörün risk oranını azaltmak açısından önemli olduğu söylenebilir.

Tablo 4.3. Operatör üzerindeki damla sıklığı değerleri

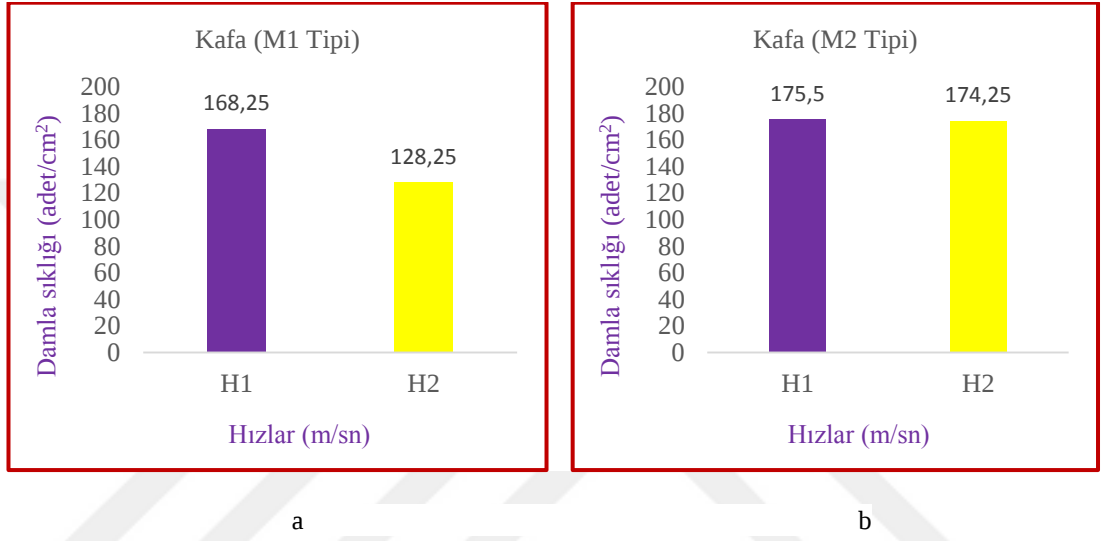
Varyasyon Kaynakları	Püskürtme Parametreleri					
	Kafa	Göğüs	K1	K2	B1	B2
M1	148.25 B	151.38	158.25 B	153.63 B	172.88 B	191.38
M2	174.88 A	151.75	189.75 A	190.25 A	204.75 A	202.88
CV	7.78	5.79	6.59	5.86	4.89	5.66
LSD	14.20	Ö.D.	12.99	11.40	10.44	Ö.D.
H1	171.88 A	178.75 A	194.00 A	178.50 A	189.13	200.75
H2	151.25 B	124.38 B	154.00 B	163.38 B	188.50	193.50
CV	7.78	5.79	6.59	5.86	4.89	5.66
LSD	14.20	9.94	12.99	11.40	Ö.D.	Ö.D.
M1*H1	168.25 A	193.75	183.00	172.00 B	179.75 B	202.25 B
M1*H2	128.25 A	109.00	133.50	135.25 B	166.00 B	180.50 B
M2*H1	175.50 A	163.75	205.00	185.00 AB	198.50 A	199.25 A
M2*H2	174.25 A	139.75	174.50	195.50 A	211.00 A	206.50 A
CV	7.78	5.79	6.59	5.86	4.89	5.66
LSD	20.08	Ö.D.	Ö.D.	16.13	14.77	17.84

Damla sıklığı açısından meme tiplerinin ve uygulamadaki ilerleme hızlarının önemli olduğu düşünüldüğünde operatör sağlığı açısından en uygun uygulama kriterlerinin vücudun farklı bölgeleri de dikkate alındığında M1 meme tipi için

109.00 adet/cm² değeri ile M1*H2 ve M2 meme tipi için 139.75 adet/cm² değeri ile M2*H2 uygulaması olduğu söylenebilir.

Kafa Açısından Değerlendirmeler

Operatörün maruz kaldığı pestisit maruziyeti damla sıklığı açısından kafa bölgesinde en fazla değer 175,50 adet/cm² ile M2 meme tipinin H1 uygulamasında olurken H2 uygulamasında ise 174,25 adet/cm² ile çok yakın değer elde edilmiştir (Şekil 4.13.a ve 4.13.b).



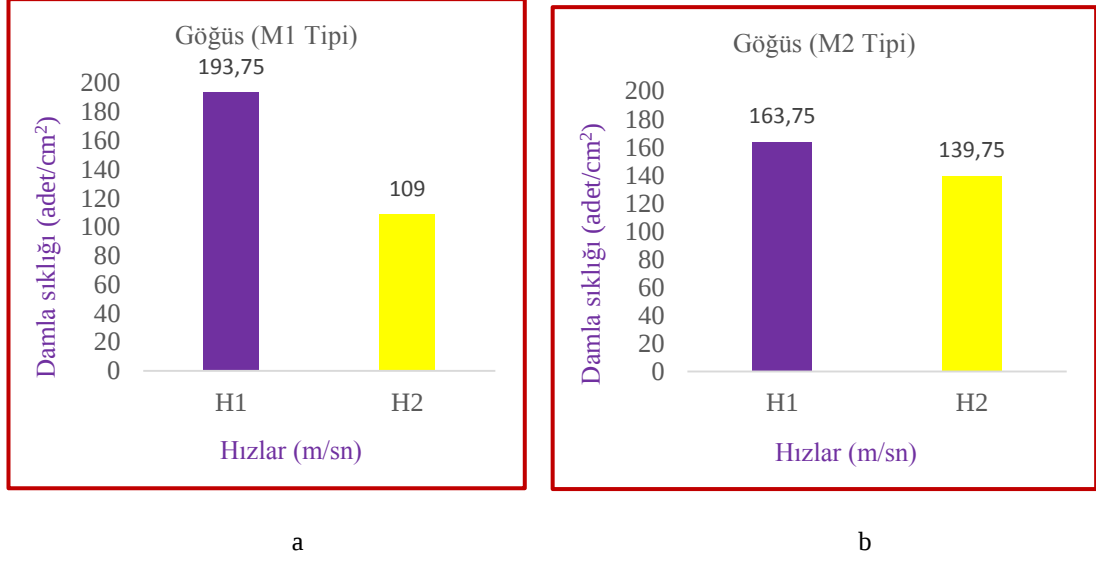
Şekil 4.13. Operatör kafa bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri

Uygulamada seçilen ilerleme hızları dikkate alındığında düşük olan H1 hızında 128,25 adet/cm² ile damla sıklık değeri M1 meme tipi ile H2 hızındaki uygulamada ve en fazla damla sıklığı ise M2 meme tipi ile H1 uygulamasında 175,50 adet/cm² ile elde edilmiştir.

Operatörün kafa bölgesinde elde edilen damla sıklık değerlerinin 128.25 ile en düşük olduğu M1*H2 uygulamasının bütün uygulamalar istatistiksel olarak aynı grupta yer alsa da en düşük damla sıklık değerini sağladığı için tercih edilebilir niteliktedir.

Göğüs Açısından Değerlendirmeler

Operatörün göğüs bölgesine gelen damla sıklığı değerlerine bakıldığında meme tiplerinin birbirine yakın değerler verdiği ancak hızların farklı sonuçlar verdiği görülmektedir (Tablo 4.3)



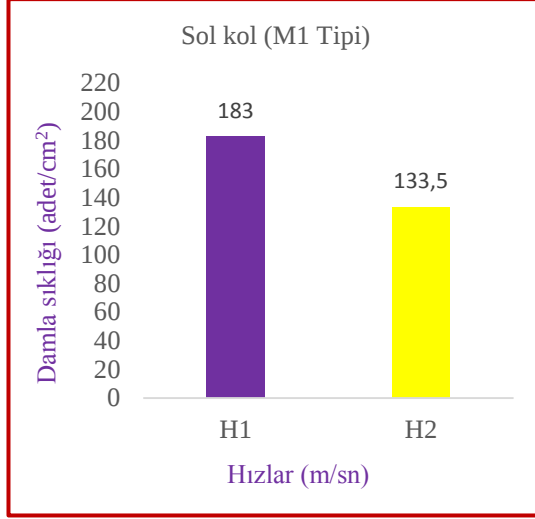
Şekil 4.14. Operatör göğüs bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri

Damla sıklığı değerlerinin operatörün göğüs bölgesinde meme tiplerine ve hızlara bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Göğüs bölgesinde damla sıklığına meme tiplerinin istatistiki olarak önemli olmadığı ancak hızların önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Damla sıklığının en fazla olduğu uygulama M1 meme tipinin H1 uygulamasında % 193,75 adet/cm² ile elde edilirken en az damla sıklığı ise M2 meme tipinin H2 uygulamasında 139,75 adet/cm² değeri ile elde edilmiştir (Şekil 4.14.a ve Şekil 4.14.b). M2 meme tipinin her iki hız değerleri uygulaması istatistiki olarak da önemli olmamıştır. Operatörün göğüs bölgesi için en az riskli uygulamanın 109.00 adet/cm² ile en düşük damla sıklık değerinin sağlandığı M1*H2 uygulaması tercih edilebilir.

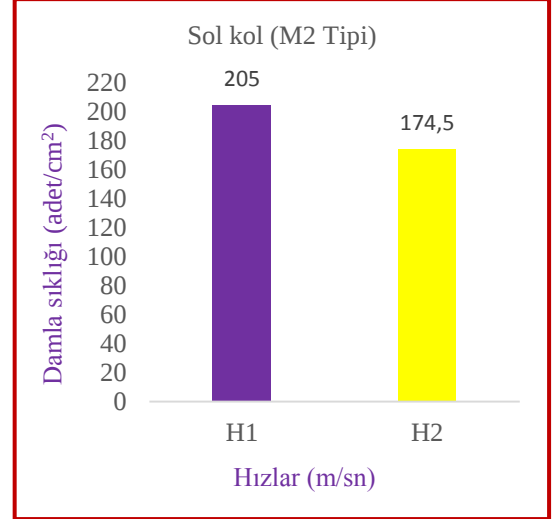
Sol kol Açısından Değerlendirmeler

Operatörün sol kolu dikkate alındığında damla sıklığı değerine meme tiplerinin ve hızların etkili olduğu görülmektedir (Şekil 4.15.a ve Şekil 4.15.b). Operatörün sol kolu açısından meme tipi ile birlikte ilerleme hızının seçiminde de uygun değerler seçilmelidir.

Operatörün sol kolundaki en fazla damla sıklığı 205 adet/cm² ile M2 meme tipinin H1 uygulamasında elde edilmiştir. Aynı meme tipinin H2 uygulamasında ise damla sıklığı 174,50 adet/cm² olmuştur. Her iki meme tipi hızlar dikkate alınarak karşılaştırıldığında M1 meme tipinin her iki hız uygulamasında da M2 meme tipine göre daha az damla sıklığına neden olduğu görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında operatörün sol kolundaki en az damla sıklığı M1 meme tipinde elde edilmiştir.



a



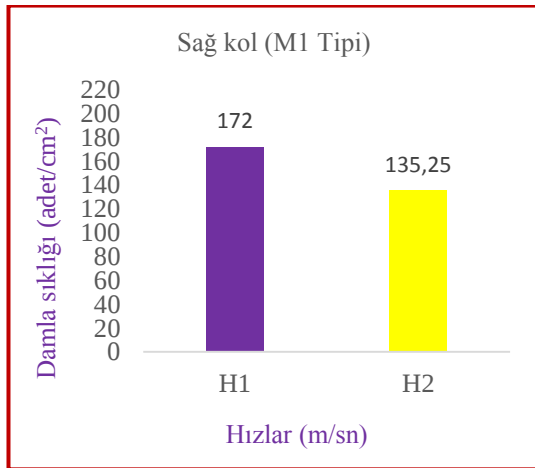
b

Şekil 4.15. Operatör sol kol (K1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri

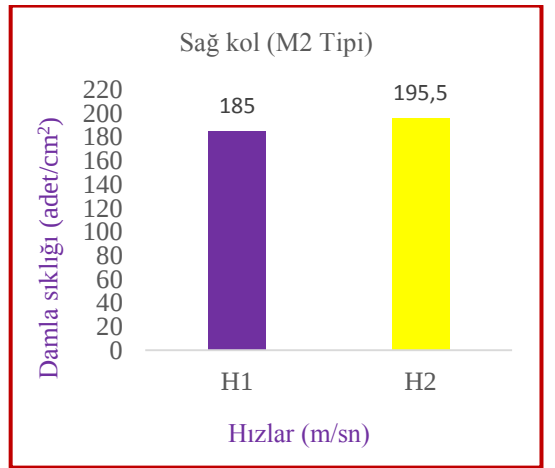
Meme tipleri ile ilerleme hızlarının birlikte değerlendirildiği durumda ise en düşük damla sıklığı 133.50 adet/cm² değeri ile M1*H2 uygulamasında elde edilmiş olmakla birlikte M2 meme tipinin M2*H2 uygulamasında 174.50 adet/cm² ile tercih edilebilir uygulama olarak değerlendirilmektedir.

Sağ kol Açısından Değerlendirmeler

Operatörün sağ kolunda elde edilen damla sıklığı değerleri ise meme tipine ve hıza bağlı olarak değiştiği ve istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16.a ve Şekil 4.16.b).



a



b

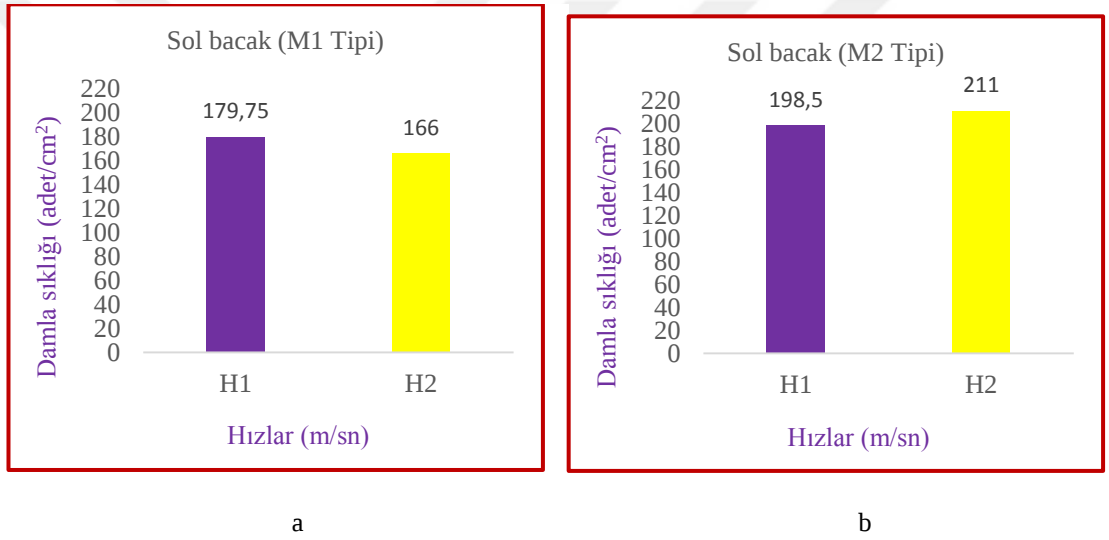
Şekil 4.16. Operatör sağ kol (K2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri

Damla sıklığı değerinin sağ kolda en fazla M2 meme tipinde 195,50 adet/cm² ile H2 uygulamasında elde edilmiştir. En az damla sıklığı ise M1 meme tipinin H2 uygulamasında 135,25 adet/cm² ile elde edilmiştir.

Meme tipleri ve ilerleme hızları birlikte dikkate alındığında M1*H2 uygulaması 135.25 adet/cm² ile en düşük damla sıklığı değerini sağlaması nedeniyle tercih edilebilir uygulama olarak söylenebilir.

Sol Bacak Açısından Değerlendirmeler

Damla sıklığı değerleri operatörün bacak bölgeleri dikkate alındığında meme tiplerinin önemli olduğu belirlenmiştir. Hızların ise her meme tipi içinde birbirine yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Şekil 4.17.a ve Şekil 4.17.b).



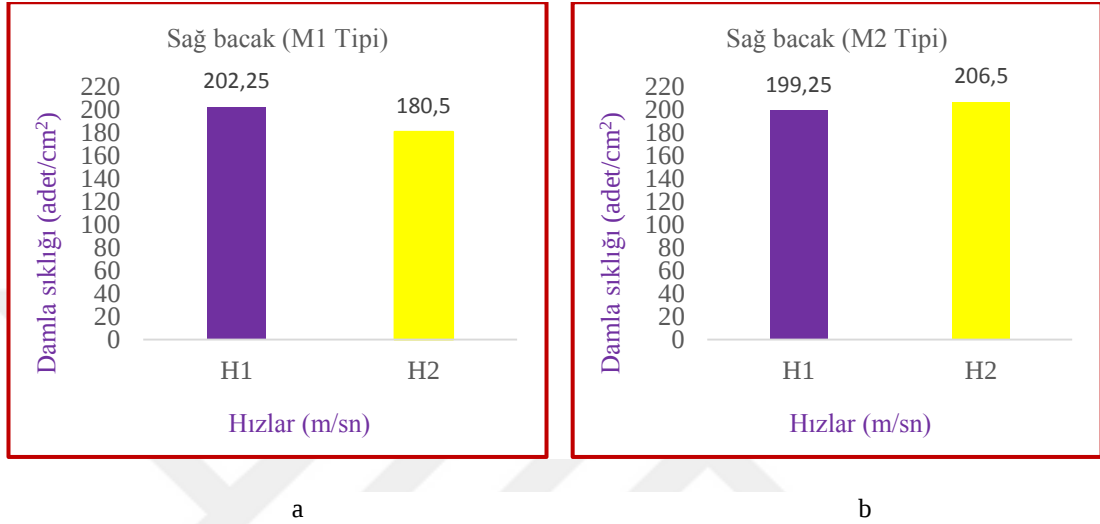
Şekil 4.17. Operatör sol bacak (B1) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri

Bu nedenle bacak bölgesinde ortaya çıkacak damla sıklığı değerleri açısından meme tipi seçimi önemlidir. Benzer şekilde Cerruto vd. (2018) çalışmalarında; sırt pülverizatörü kullanmışlar ve uygulamalar sonucunda vücuda gelen pestisitlerin daha çok alt uzuvlarda (%89-94) toplandığını belirlemişlerdir. Sol bacakta en fazla damla sıklığı değeri M2 meme tipi H2 uygulamasında 211 adet/cm² ile en düşük damla sıklığı ise 166 adet/cm² ile M1 meme tipinin H2 uygulamasında elde edilmiştir.

Sağ bacakta elde edilen damla sıklığı değerlerine ilerleme hızlarının etkili olmadığı görülmektedir. Meme tipleri ve ilerleme hızları dikkate alındığında en düşük damla sıklığı değeri 166 adet/cm² ile M1*H2 uygulamasından elde edilmiştir.

Sağ Bacak Açısından Değerlendirmeler

Operatörün sağ bacağına ortaya çıkan damla sıklığı değerleri incelendiğinde sol bacak değerleri ile benzerlik göstermektedir. Ancak elde edilen değerlerin farklı meme tipleri açısından farklı oldukları görülmektedir (Şekil 4.18.a ve Şekil 4.18.b).



Şekil 4.18. Operatör sağ bacak (B2) bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri

Operatörün sağ bacağına en fazla damla sıklığı 206,50 adet/cm² ile M2 meme tipinin H2 uygulamasında ve en az damla sıklığı ise M1 meme tipinin H2 uygulamasında 180,50 adet/cm² olarak elde edilmiştir. İlerleme hızları dikkate alındığında hızlar arasında bir fark olmadığı birbirine yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Meme tipleri ve ilerleme hızları birlikte değerlendirildiğinde en az az damla sıklığının 180.50 adet/cm² ile M1*H2 uygulaması olduğu görülmektedir.

4.2. Hedef Yüzeyde Hacimsel Ortalama Çap, Kaplama Oranı ve Damla Sıklığı

Pestisit uygulamalarında operatörün maruz kaldığı maruziyetin yanında hedef yüzey olarak zemine yerleştirilen suya duyarlı kağıtlar ile hedefte ortaya çıkan pülverizasyon karakteristik değerleri de belirlenmiştir. Uygulamalar sırasında zemine yerleştirilen suya duyarlı kağıtların analizleri yapılarak hacimsel ortalama çap,

kaplama oranı ve damla sıklık değerleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre her üç parametre içinde meme tipleri ve ilerleme hızlarının önemli olduğu Tablo 4.4.'de görülmektedir.

Tablo 4.4. Hedef yüzeydeki değerler

Varyasyon Kaynakları	Püskürtme Parametreleri		
	VMD	KO	DS
M1	278.24 B	59.95 B	214.25 A
M2	327.81 A	68.89 A	185.25 B
CV	6.62	2.38	4.72
LSD	22.65	1.73	10.64
H1	343.87 A	76.54 A	149.00 B
H2	262.18 B	52.31 B	250.50 A
CV	6.62	2.38	4.72
LSD	22.65	1.73	10.64
M1*H1	331.01 A	68.97 B	171.75 B
M1*H2	225.48 C	50.93 D	256.75 A
M2*H1	356.73 A	84.10 A	126.25 C
M2*H2	298.89 B	53.69 C	244.25 A
CV	6.62	2.38	4.72
LSD	32.03	2.44	15.05

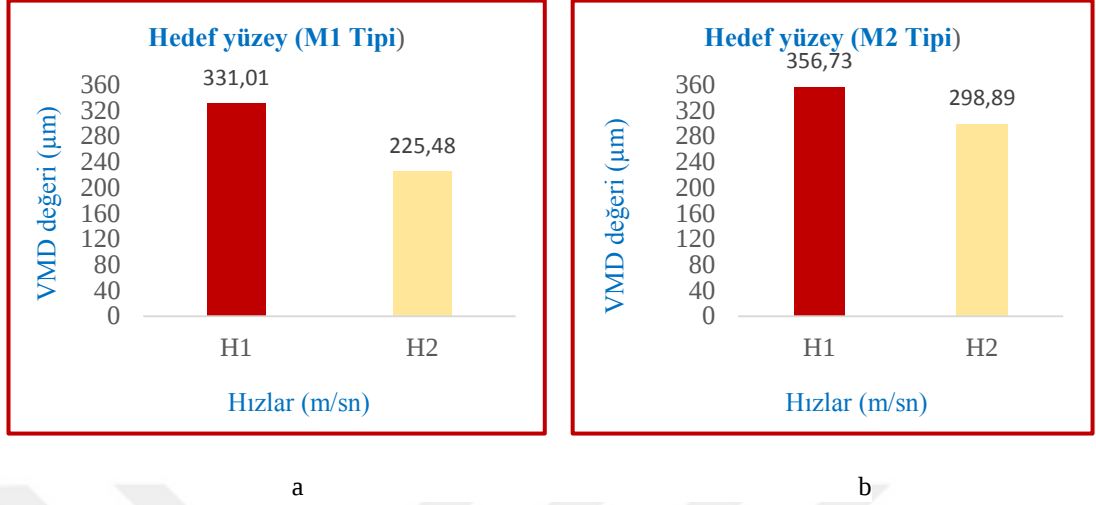
Meme tipleri açısından incelendiğinde VMD ve kaplama oranı açısından M1 meme tipinde en yüksek değerler elde edilirken M2 meme tipinde damla sıklığı açısından daha yüksek değerler elde edilmiştir. Denemelerde uygulanan hız değerleri dikkate alındığında ise VMD ve kaplama oranı için H1 uygulamasında en yüksek değerler elde edilmiştir. Damla sıklığı açısından H2 uygulamalarında en yüksek değer elde edilmiştir.

Hacimsel ortalama çap açısından M2*H1, kaplama oranı için M2*H1 ve damla sıklığı açısından M1*H2 veya M2*H2 uygulamaları sırasıyla 356.73 μm , % 84.10 256.75 adet/ cm^2 ve 244.25 adet/ cm^2 ile en yüksek değerleri sağlamıştır.

4.2.1. Hacimsel Ortalama Çap Açısından Değerlendirmeler

Hacimsel ortalama çap açısından meme tipleri ve ilerleme hızlarının yapılan istatistiki analiz sonucunda önemli olduğu görülmüştür. Meme tiplerinden en yüksek VMD değeri 356,73 μm ile M2 meme tipinin H1 uygulamasında elde edilirken en

küçük VMD değeri ise 225,48 adet/cm² ile M1 meme tipinin H2 uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4. 19.a ve Şekil 4.19.b).



Şekil 4.19. Hedef yüzey bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre VMD değerleri

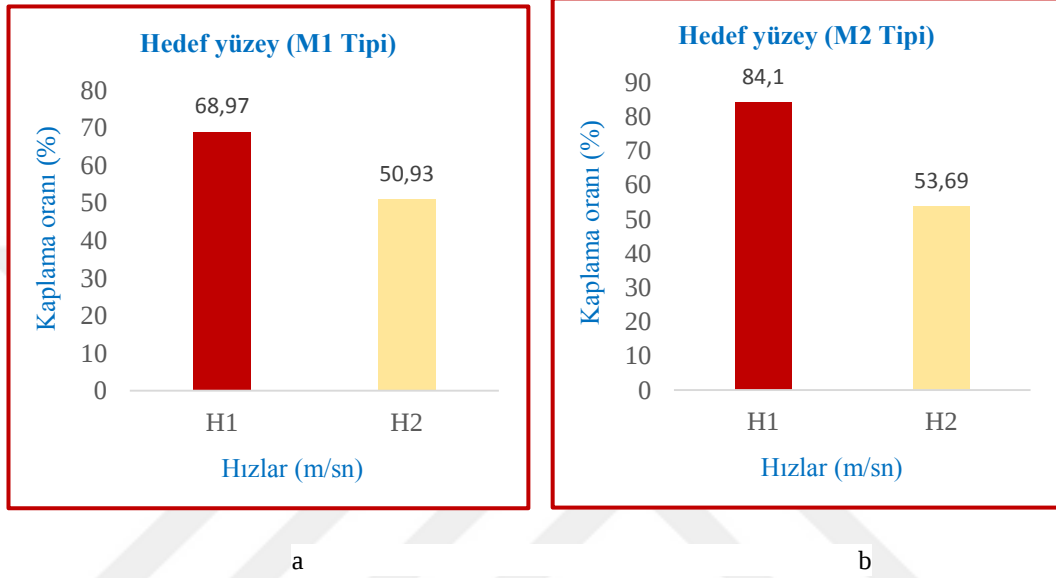
Alheidary (2019), sırt pülverizatörü ile yaptıkları denemelerde sabit püskürtme yüksekliği (50 cm) iki farklı püskürtme basınç (15 ve 25 psi) ve altı meme tipi kullanmışlar ve uygulamalardaki damla çap değerlerinin tespiti için suya duyarlı kağıtlar kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre en büyük hacimsel ortalama çap değerleri konik hüzmeli meme tipi ve yelpaze hüzmeli meme tipinde sırasıyla 377.69 µm, 378 µm olarak elde edilmiştir.

İlerleme hızları dikkate alındığında her iki meme tipinde de H1 olan düşük hız uygulamalarında VMD değerleri H2 durumuna göre daha büyük değerler olarak elde edilmiştir. Her iki meme tipinin H2 uygulamalarında VMD değerleri sırasıyla 225,48 adet/cm² ve 298,89 adet/cm² olmuştur.

Meme tipleri ve ilerleme hızları birlikte değerlendirildiğinde uygulama açısından en büyük VMD değeri 356.73 µm M2*H1 ve ikinci sırada ise 331.01 µm ile M1*H1 uygulamalarından elde edilmiştir. M2 meme tipinde VMD değerlerinin büyük olması hedef yüzeyde sağlayacağı damla sıklığı ve kaplama oranı açısından avantaj sağlamaktadır. Uygulamadaki başarı açısından M2 meme tipi ile H1 ve H2 uygulamaları tercih edilebilir nitelikte görünmektedir.

4.2.2. Kaplama Oranı Açısından Değerlendirmeler

Kaplama oranı değerleri incelendiğinde meme tipleri ile ilerleme hızlarının uygulama açısından önemli olduğu görülmektedir. Meme tipleri ve uygulamada kullanılan ilerleme hızlarının kaplama oranı değerlerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu ve değerlerinin farklı olduğu görülmektedir (Şekil 4.20.a ve Şekil 4.20.b).



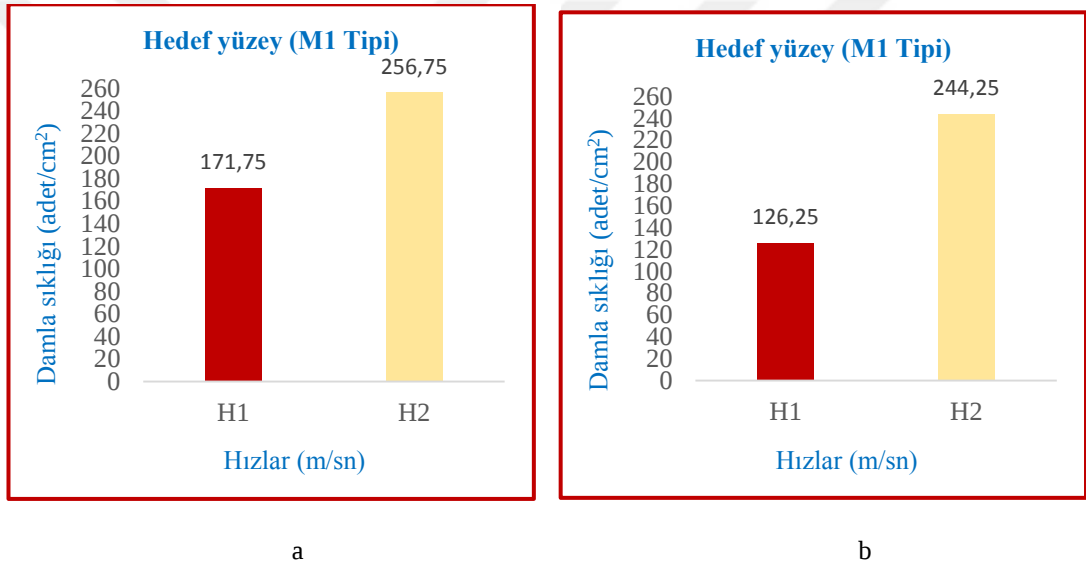
Şekil 4.20. Hedef yüzey bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre kaplama oranı değerleri

M2 meme tipinde kaplama oranı M1 meme tipinden daha yüksek olarak bulunmuş olup H1 ve H2 durumları için değerler sırasıyla % 84,10 ve % 53,69 olarak belirlenmiştir. M1 meme tipine göre M2 meme tipinin kaplama oranının fazla olmasının nedeni hava emişli meme tipinin kaplama oranlarının hedef yüzeye büyük damla olarak ulaşip hedef yüzeyde daha küçük damlalara bölünerek iyi kaplama oranı sağlaması nedeniyle olabilir. Hızın daha düşük olduğu durumlarda kaplama oranının yüksek olması beklenen bir sonuç olarak değerlendirilebilir. Ancak operatör yürüme hızındaki düzensizliklerle bu durum açıklanabilir. Meme tipleri ile ilerleme hızları birlikte incelendiğinde en yüksek kaplama oranı % 84.10 ile M2*H1 uygulamasında en düşük değer ise M1*H2 uygulamasında % 50.93 ile elde edilmiştir.

4.2.3. Damla Sıklığı Açısından Değerlendirmeler

Denemelerde damla sıklığı açısından meme tiplerinin ve ilerleme hızlarının istatistiki açıdan önemli olduğu belirlenmiştir.

En fazla damla sıklığı M1 meme tipinin H2 uygulamasında 214.25 adet/cm² ile elde edilirken en düşük damla sıklığı M2 meme tipinin H1 uygulamasında 126,25 adet/cm²) olarak elde edilmiştir. M2 meme tipinde kaplama oranının meme tipinin özelliğinden dolayı yüksek olması beklenirken uygulama sırasındaki operatörün yürüme hızındaki düzensizlik nedeniyle bu sonucun oluştuğu düşünülmektedir (Şekil 4.21.a ve Şekil 4.21.b).



Şekil 4.21. Hedef yüzey bölgesinde meme tiplerine M1 (a) ve M2 (b) göre damla sıklığı değerleri

Ancak meme tipleri ile ilerleme hızları birlikte incelendiğinde en yüksek damla sıklığı değeri M1*H2 ile M2*H2 uygulamalarından sırasıyla 256.75 adet/cm²) ve 244.25 adet/cm²) olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre M2 meme tipinin damla sıklığı açısından H2 hız durumunda M1 meme tipine iyi bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Pestisit uygulamalarında genel kurallarına uymak ve istenilen başarıyı elde edebilmek açısından doğru parametrelerin uygun teknikle birleştirilerek yürütülmesi ile mümkün olabilir. Başarıya ulaşabilmek için öncelikle doğru uygulama parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Sırt pülverizatörleri ile yapılan uygulamalarda gerek insan sağlığı ve gerekse çevre güvenliği daha fazla risk altında kalmaktadır.

Sırt pülverizatöründe yapılan iyileştirme ile bu risklerin azaltılması ve alınabilecek önlemlere ilişkin öneriler belirlenmeye çalışılmıştır. Denemelerde tercih edilen iki meme (**M1**: IDK 120-02 hava emişli ve **M2**: 8002 konik meme) tipinde, iki farklı ilerleme (yürüme) hızında (**H1**: 1 m/s ve **H2**: 1.5 m/s) uygulamalar yapılmıştır. Sırt pülverizatörünü kullanan operatörün vücudunun kafa, görüş, kollar ve bacaklar bölgesine yerleştirilen suya duyarlı kağıtların analizleri sonucunda meme tiplerinin ve ilerleme hızlarının etkili olduğu belirlenmiştir.

Hacimsel ortalama çap açısından incelendiğinde operatörün vücudunun farklı bölgelerinde farklı değerler elde edilmiştir. Operatörün kafa bölgesinde meme tiplerine ve ilerleme hızlarına bağlı olarak VMD değerlerinin değiştiği belirlenmiştir. M2 tipinde 96,55 µm M1 tipinde 74,08 µm olmuştur. İlerleme hızının H2 durumunda 60,54 µm ile en küçük damla çap değeri elde edilmiştir. Göğüs bölgesinde elde edilen damla çap değerleri hız açısından incelendiğinde her iki hız değerlerinde 71,08 µm ve 73,13 µm elde edilmiştir. Göğüs bölgesinde elde edilen VMD değerleri açısından istatistiki olarak meme tipleri önemli farklılıklara neden olurken ilerleme hızlarının önemli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Operatörün sağ kolundaki VMD değerleri sol kolundaki değerlerle benzer olduğu görülmektedir. Operatörün sağ kolundaki VMD değerleri de M2 tipinde 119,64 µm ve M1 tipinde ise 64,12 µm olarak elde edilmiştir. Meme tiplerine göre sağ koldaki VMD değerleri istatistiki olarak farklı gruplarda yer alırken hız değerlerinde bir farklılık olmamıştır. Bu durum aslında hızların sağ koldaki VMD değerlerine etkisi olmadığını göstermektedir. VMD açısından bacak kısımlarına gelen değerlerin meme tipleri ve hızlara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ve istatistiki açıdan da önemli olduğu belirlenmiştir. Sol bacakta en büyük VMD değeri 142,49 µm ile M2 meme tipinde ve M1 meme tipinde ise 127,78 µm olmuştur.

Kaplama oranı açısından incelendiğinde ise, meme tipleri ve hızlar açısından her uygulamanın istatistiki değerlendirilmesinde önemli olduğu görülmektedir. Operatörün kafa bölgesinde en fazla kaplama oranı M2 tipinin H1 ve H2 için sırasıyla % 0,79 ile % 0,89 değerleri ile elde edilmiştir. Kaplama oranı açısından sağ koldaki değerlerin istatistiksel anlamda önemli olmadığı ve değerlerin sırasıyla M1 ve M2 için % 1,14 ve % 1,21 olduğu görülmektedir. Bacaklardaki kaplama oranı değerleri M1 ve M2 meme tipleri için sırasıyla sol bacakda % 6,46 ile % 2,88 ve sağ bacakta ise % 6,68 ile % 3,31 olarak belirlenmiştir. İstatistiksel olarak aynı gruba giren M1*H1 kombinasyonunda ise % 0,81 değeri elde edilmiştir.

Göğüs bölgesinde M2 tipinde % 1,13 olan kaplama oranı M1 tipinde % 0,44 olarak elde edilmiştir. Operatör açısından en az riskin olduğu uygulama kriterleri ise kaplama oranı açısından % 0,56 oranı ile M1*H2 uygulaması olmuştur. Benzer durum kaplama oranı açısından sol kol içinde yakın değerleri vermesi nedeniyle geçerli olmuştur. Kaplama oranı açısından operatörün sol bacağındaki değerlere hızların bir etkisi olmamıştır. Ancak en düşük kaplama oranı sol bacak için % 2,41 değeri ile M2*H2 uygulamasından elde edildiği için tercih edilebilir nitelikte bulunmuştur. Kaplama oranı açısından ilerleme hızları arasında istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır. H1 için % 4,96 olan kaplama oranı H2 için % 5,03 olarak bulunmuştur. Operatördeki en düşük kaplama oranına sahip olan M2 meme tipinin her iki hız değerinde yakın değerlerde olması nedeniyle tercih edilebileceği söylenebilir.

Damla sıklığı değeri açısından yapılan değerlendirmelerde operatörün göğüs ve bacaklar bölgesinde oluşan damla sıklığı meme tipleri açısından istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Damla sıklığı açısından meme tipleri ve hızların operatör vücudu açısından diğer uygulamaların önemli olduğu belirlenmiştir. Damla sıklığı açısından kafa, kollar ve bacaklarda elde edilen değerler meme tipinin seçiminde önemli olmuştur.

Özellikle kafa ve göğüş bölgesinde ortaya çıkan damla sıklığı değerleri göz önüne alındığında hız seçiminin operatörün risk oranını azaltmak açısından önemli olduğu söylenebilir. Illyassou vd. (2019), pestisit uygulamalarında operatörlerin sırt pülverizatörü kullandıklarında en fazla değere vücudun göğüs ve bacaklarda olduğunu belirlemişlerdir.

M1 meme tipi için 109,00 adet/cm² değeri ile M1*H2 ve M2 meme tipi için 139,75 adet/cm² değeri ile M2*H2 uygulaması olduğu söylenebilir. Operatörün kafa bölgesinde elde edilen damla sıklık değerlerinin 128,25 adet/cm² ile en düşük olduğu M1*H2 uygulamasının bütün uygulamalar istatistiksel olarak aynı grupta yer alsa da en düşük damla sıklık değerini sağladığı için tercih edilebilir niteliktedir.

Operatörün göğüs bölgesinde M1 meme tipi için 151,38 adet/cm² ve M2 meme tipi için 151,75 adet/cm² ile yakın sonuçlar verdiği dolayısı ile meme tercihinde bu açıdan her ikisinin seçilebileceği görülmektedir. Denemelerde kullanılan meme tipleri ve hızlar birlikte değerlendirildiğinde operatör açısından 109,00 adet/cm² ile en düşük damla sıklığı değerinin sağlandığı M1*H2 uygulaması tercih edilebilir. Uygulamalarda elde edilen sonuçlara göre operatörün sol kolunda en düşük damla sıklığı meme tipleri dikkate alındığında 158,25 adet/cm² ile M1 meme tipinde olmuştur. Operatörün sağ kolunda H1 uygulamasında 178,50 adet/cm² ile daha fazla damla sıklığı değeri elde edilmiştir. Meme tipleri ve ilerleme hızları dikkate alındığında sol bacakta en düşük damla sıklığı değeri 166,00 adet/cm² ile M1*H2 uygulamasından elde edilmiştir. Operatörün sağ bacağına en fazla damla sıklığı değeri 202,88 adet/cm² ile M1 meme tipinde elde edilmiştir. Ayrıca M1*H2 uygulamasında damla sıklığı değerinin 180,50 adet/cm² ile en düşük olduğu görülmektedir.

Hedef yüzeyde elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde hacimsel ortalama çap, kaplama oranı ve damla sıklık değerlerinin meme tipleri ile ilerleme hızlarına bağlı olduğu belirlenmiştir. Meme tipleri açısından incelendiğinde VMD ve kaplama oranı M1 meme tipinde en yüksek değerler olarak elde edilirken M2 meme tipinde damla sıklığı açısından daha yüksek değerler elde edilmiştir. Hız değerleri dikkate alındığında ise VMD ve kaplama oranı için H1 uygulamasında en yüksek değerler elde edilmiştir. Hacimsel ortalama çap açısından M2*H1, Kaplama oranı için M2*H1 ve damla sıklığı açısından ise M1*H2 veya M2*H2 uygulamaları sırasıyla 356,73 µm, % 84,10, 256,75 adet/cm² ve 244,25 adet/cm² ile en yüksek değerleri sağlamıştır.

Meme tipleri ve ilerleme hızları birlikte değerlendirildiğinde uygulama açısından en büyük VMD değeri 356,73 µm ile M2*H1 ve 331,01 µm ile M1*H1 uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek kaplama oranı % 84,10 ile M2*H1 uygulamasında en düşük değer ise M1*H2 uygulamasında % 50,93 ile elde

edilmiştir. Damla sıklığı açısından M1*H2 ile M2*H2 uygulamalarında sırasıyla 256,75 adet/cm² ve 244,25 adet/cm² olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre M2 meme tipinin damla sıklığı açısından H2 hız durumunda M1 meme tipine iyi bir alternatif olabileceği düşünülmektedir

Sonuç olarak; hava emişli meme tipi ile yapılan uygulamalarda özellikle operatörün vücut bölgelerinden bacaklarda ortaya çıkan VMD değerleri ve kaplama oranı ile damla sıklık değerleri birlikte değerlendirildiğinde ilerle hızının 1,5 m/s olduğu uygulamanın seçilmesinin uygun olabileceği düşünülmektedir. Uygulamalarda en fazla sorun olan kısım ise özellikle operatörün ilerleme hızının yüksek olduğu durumlarda üzerinde çalışılan parametreler açısından homojenliğin bozulabileceği görülmüştür. Bu açıdan değerlendirildiğinde pestisit uygulamalarının büyük alanlarda sırt pülverizatörü yerine diğer ekipmanlarla yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Ayrıca pülverizatöre ilave edilen bum düzeneğinin pülverizatörün uygulama sırasında operatör için fazla yük olmayacak malzemelerden yapılmasının önemli olduğu belirlenmiştir.

Uygulamalarda her iki meme tipinin ve ilerleme hızlarının operatörde en fazla bacak ve kollarda problem oluşturabileceği aynı zamanda kafa bölgesi içinde önlem alınmasının zorunlu olduğu bu nedenle koruyucu ekipman kullanımında dikkat edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Konthonbut vd (2020), yürüttükleri çalışmalarında sırt pülverizatörleri ile pestisit uygulamalarında sürüklenmenin neden olduğu operatörlerin maruz kaldıkları pestisit kalıntıları maruziyetlerinin uzun kollu gömlek, pantolon ve eldiven kullanımının azalttığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılmış olan modifiye edilmiş ve günümüzde daha yoğun kullanım alanı bulan hava emişli meme tipinin kullanıldığı halihazırda kullanılmakta olan konik meme tiplerine veya makine üzerindeki meme tiplerine operatörün maruziyeti ve hedef yüzeydeki değerler açısından alternatif olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2023). Sitesi. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 Erişim Tarihi: 3 Mayıs 2023.
- Anonymous. (2009a). Annual report, The Rapid alert system for food and feed ISSN1830-7302, http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/docs/report2009_en.pdf. Erişim tarihi: 10.03.2023.
- Anonymous. (2009b). Spray bozzle classification by droplet spectra, ANSI/ASAE. Erişim tarihi: 10.03.2023.
- Alheidary, M.H.R. (2019). Influence of nozzle type, working pressure, and their interaction on droplet quality using knapsack sprayer. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*: 50(3):857-866.
- Caner, Ö. (2007). Yardımcı hava akımlı hidrolik pülverizatörle bağ ilaçlamasında toprak yüzeyine sürüklenmeyi azaltmaya yönelik en uygun kullanım koşullarının belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. İzmir.
- Cerruto, E., Manetto G., Santoro F. and Pascuzzi, S. (2018). Operator dermal exposure to pesticides in tomato and strawberry greenhouses from hand-held sprayers. *Sustainability* 2018, 10, 2273.
- Choudhary, S., Kalbande, K. and Dhote, N. (2021). IoT based multi-point pesticide spraying machine. *Proceedings of the Sixth International Conference on Inventive Computation Technologies [ICICT 2021]*. 20-22 January 2021. India.
- Çelen, H. (1998). Yel paze hüzmeli püskürtme memelerinde asınmanın pülverizasyon karakteristiklerine etkisi üzerine bir araştırma. T.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 105 s., Edirne.
- Çelen, İ.H. (2013). Tarımsal Mücadelede Püskürtme Memeleri. Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü.
- Degro, A., Mostade, V.O., Huyghebaert, B., Tisot, S. and Debouche, C. (2001). Comparison by image processing of target supports of spray droplets. *Transactions of the ASAE* 44, (2); 217-222.
- Duran, H. (2002). Samsun İli'nde Mısır Ekim Alanlarında Yabancı Ot İlaçlama Tekniklerinin İyileştirilmesi Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 67, Samsun.
- Duran, H. (2012). Fındık kurdu [*Curculio nucum* (L.)]'nda ilaç uygulama etkinliğinin iyileştirilmesi. Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Doktora Tezi, 130, Ankara.
- Duran, H., Çilingir, İ. ve Yurtlu, Y.B. (2013). Pülverizasyonda lazer ve leke yönteminde damla çap değerlerinin karşılaştırılması. 1. Bitki Koruma Ürünleri ve Makinaları Kongresi. 2-5 Nisan 2013. Antalya.
- FAO. (2022). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü. <http://www.fao.org/home/en/> Erişim Tarihi: 10.10.2022.
- Fox, R.D., Derksen, R.C., Krause, C.R., Cooper, J.A. and Ozkan, H.E. (2001). Visual and image system measurement of spray deposits using water sensitive Paper. <http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/data/000012/62/0000126219.html>.
- Glenda, G. S., Dominik, S., and Claudia, R. B. (2011). The weight method: A new screening method for estimating pesticide deposition from knapsack sprayers in developing countries. *Chemosphere*. Volume 82, Issue 11, March 2011, Pages 1571-1577.

- Illyassou, K.M., Adamou, R. and Schiffers, B. (2019). Exposure assessment of operators to pesticides in kongou, a sub-watershed of Niger. *River Valley. J. Environ. Sci. Health Part B -Pestic. Food Contam. Agric. Wastes* 2019, 54, 176–186.
- Klotchkov, A., Markevich, A. and Straksiene, J. (1998). Field technologies and environment. *Proceeding of the International Conference. Raudondvaris, Lithuania. 24-25 September 1998.* 1998, 81-85.
- Konthonbut, P., Kongtip, P., Nankongnab, N., Tipayamongkhogul, M., Yoosook, W. and Woskie, S. (2020). Paraquat exposure of backpack sprayers in agricultural area in Thailand. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 26(10), 2798-2811.
- Mahasin, M.M.A., Arulselvan, S., Shankar, S.G., Gowtham, P. and Kannan, P. (2021). Design and fabrication of pesticides sprayer for agricultural. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, Volume 9 Issue II.
- Machado-Neto, J.G., Matuo, T. and Matuo, Y.K. (1998). Efficiency of safety measures applied to a manual knapsack sprayer for paraquat application to maize (*Zea mays* L.). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 35, 698–701.
- Nurulain, M.U., Syed Ismail, S.N., Emilia, Z.A. and Vivien, H. (2017). Pesticide application, dermal exposure risk and factors influenced distribution on different body parts among agriculture workers. *Malaysian Journal of Public Health Medicine*, 1, pp.123-132.
- Özyurt, B. H., Duran, H., Çelen. (2022). Fındık Bahçelerinde Bitki Koruma Uygulamalarında İlaçlama İçin Kullanılan İnsansız Hava Araçlarının Uygulama Parametrelerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 19 (4). 819-828.
- Sehsah, E.M.E. and Kleisinger, S. (2009). Study of some parameters affecting spray distribution uniformity pattern. *Misr J. Ag. Eng.*, 26 (1), 69-93.
- Sinha, J. P., Singh, J. K., Kumar, A., and Agarwal, K. N. (2018). Development of solar powered knapsack sprayer. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 88 (4): 590–5.
- Tudi, M., Li, H., Li, H., Wang, L., Lyu, J., Yang, L., Tong, S., Jimmy Y. Q., Ruan, H. D., Atabila, A., Phung, D. T., Sadler, R. and Connell, D. (2022). Exposure routes and health risks associated with pesticide application. *Toxics* 2022, 10, 335
- Urkan, E. (2012). Farklı tip memelerle bağ ilaçlamasında pülverizatör performansının ve sürüklenmenin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Bilim Dalı Kodu:501.08.00.Bornova-İzmir*
- Višacki, V., Sedlar, A., Gil, E., Bugarin, R., Turan, J., Janić, T. and Burg, P. (2016). Effects of sprayer boom height and operating pressure on the spray uniformity and distribution model development. *Applied Engineering in Agriculture*, 32 (3), 341-346.
- Wang, G.; Lan, Y.; Yuan, H.; Qi, H.; Chen, P.; Ouyang, F. and Han, Y. (2019). Comparison of spray deposition, control efficacy on wheat aphids and working efficiency in the wheat field of the unmanned aerial vehicle with boom sprayer and two conventional knapsack sprayers. *Appl. Sci.* 2019, 9, 218.
- Wong, H.L. and Brown, C.D. (2021). Assessment of occupational exposure to pesticides applied in rice fields in developing countries: a critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(2), pp.499-520.
- Xuehua, A., Xinju, L., Jinhua, J., Lu, L., Feidi, W., Shenggan, W., and Xueping., Z. (2020). Exposure risks to pesticide applicators posed by the use of electric backpack sprayers and stretcher-mounted sprayers in orchards. *Human and Ecological Risk Assessment: an International Journal*. Vol. 26, No. 8, 2288–2301.

ÖZ GEÇMİŞ

Mühendislik ve Bilim (Tarım Makinaları Mühendisliği) alanında uzmanlaşmıştır. Yayınlanmış bir araştırma makalesi vardır ve Irak, Türkiye ve Avustralya'da bir konferansa katılmıştır. 4 yıldır öğretmenlik yapıyor. Aynı zamanda Mühendisler Irak'ın tarım üyesidir. Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir. OMÜ- Türkiye'de öğrencidir. Dört dili konuşma ve anlama yeteneğine sahiptir.

16.06.2023

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0009-0003-1546-5900

Yayınlar:

1. Mohammed, R. N. ve Duran, H. (2022). Application Techniques Pesticide in Iraq. XII. International Scientific Agriculture Symposium “AGROSYM 2022”. October 2022, Bosnia and Herzegovina.