



**PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE
PÜSKÜRTME PATERNİ DEĞİŞKENLERİNİN
DOĞRUSAL HAREKETLİ SİMÜLATÖRDE
BELİRLENMESİ**

Mehmet ŞAHİN

Yüksek Lisans Tezi

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Bahadır SAYINCI

2017

Her hakkı saklıdır

**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE PÜSKÜRTME PATERNİ
DEĞİŞKENLERİNİN DOĞRUSAL HAREKETLİ SİMÜLATÖRDE
BELİRLENMESİ**

Mehmet ŞAHİN

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2017**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



TEZ ONAY FORMU

PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE PÜSKÜRTME PATERNİ
DEĞİŞKENLERİNİN DOĞRUSAL HAREKETLİ SİMÜLATÖRDE
BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Bahadır SAYINCI danışmanlığında, **Mehmet ŞAHİN** tarafından hazırlanan bu çalışma **19.10./2017** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Yücel ERKMEN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Murad ÇANAKCI

İmza :

Üye : Doç. Dr. Bahadır SAYINCI

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu **19.10./2017** tarih ve **41 / 69** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE PÜSKÜRTME PATERNİ DEĞİŞKENLERİNİN DOĞRUSAL HAREKETLİ SİMÜLATÖRDE BELİRLENMESİ

Mehmet ŞAHİN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Bahadır SAYINCI

Bu çalışmanın amacı; pülverizatör memelerinin püskürtme paterni özelliklerini belirlemek için deneysel ve istatistiksel bir model ortaya koymaktır. Bu amaçla, pülverizatör memelerinde püskürtme paterni testlerini gerçekleştirmek için geliştirilen hız kontrollü doğrusal hareketli bir simülatör kullanılmış ve yapılan testler paternatör bulgularıyla karşılaştırılmıştır. Püskürtme paterni testlerinde 20 adet içi boş konik hüzmeli meme plakası kullanılmıştır. Püskürtme uygulamaları 4 bar sabit işletme basıncı ve 80 cm sabit püskürtme yüksekliğinde yapılmıştır. Doğrusal hareketli simülatör testlerinde püskürtme paterni için suya duyarlı kartlar kullanılmış ve denemeler 100 lt ha⁻¹, 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹ uygulama hacimlerinde yapılmıştır. Denemelerde püskürtme paterniyle ilgili püskürtme genişliği, meme hüzmeye açısı, çarpıklık katsayısı, basıklık katsayısı, püskürtme paterni düzgünlüğü (patern CV'si) ve 50 cm meme aralığında hacimsel dağılım düzgünlüğü (CV@50 cm) değişkenleri belirlenmiştir. Ayrıca her bir meme plakasında debi, yüzey kaplama oranı ve damla yoğunluğu ölçümleri yapılmıştır. Diskriminant analizi sonuçlarına göre meme plakalarını tanımlayan ayırma fonksiyonlarının meme plakalarını doğru sınıflandırma oranı paternatör testlerinde %85.0; 100 lt ha⁻¹, 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹'da yürütülen simülatör testlerinde sırasıyla %88.3, %91.7 ve %95.0 olarak bulunmuştur. Eşli karşılaştırma testi sonuçlarına göre püskürtme paterni açısından paternatör ve simülatör testleri, patern CV'si ve çarpıklık değişkenleri hariç çok önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Ancak her iki yöntem arasındaki korelasyonun anlamlı olduğu saptanmıştır. Doğrusal hareketli simülatörde yürütülen denemelerde en uygun uygulama hacminin 150 lt ha⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Meme debisi kontrolünde ±%10 debi sınırının dışında 5 adet memenin olduğu saptanmıştır. Paternatör testlerinde 11 adet ve 150 lt ha⁻¹'da yürütülen simülatör testlerinde 14 adet memenin püskürtme paterni açısından farklı olduğu tespit edilmiştir. Simülatör testlerinde tespit edilen meme plakaları, debi sapma sınırı ve paternatör testlerinde tespit edilen meme plakalarını kapsamıştır. Sonuç olarak doğrusal hareketli simülatör testlerinde püskürtme paterni açısından düzgün olmayan memelerin yüksek bir doğrulukla tespit edilebileceği saptanmıştır. Görüntü işleme tekniği açısından yapılan değerlendirmelerde suya duyarlı kart görüntülerinde belirlenen değişkenler arasında önemli ilişkilerin olduğu saptanmıştır. Kart görüntülerinin gri tonlama seviyesi (G_s) ve yüzey kaplama oranı (Y_k , %) değişkenleri arasında eşitliği ($Y_k = -0.00094 \cdot G_s^2 - 0.143 \cdot G_s + 86.03$) olan polinamiyal bir ilişki ($R^2 = 0.941$) bulunmuştur.

2017, 97 sayfa

Anahtar Kelimeler: Konik hüzmeli meme, meme hüzmeye açısı, püskürtme testi, uygulama hacmi

ABSTRACT

MS Thesis

DETERMINATION OF THE SPRAY PATTERN VARIABLES OF THE SPRAYER NOZZLES USING A LINEAR MOVING SIMULATOR

Mehmet ŞAHİN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Bahadır SAYINCI

The aim of this study is to reveal an experimental and statistical model for determining the spray pattern features of the sprayer nozzles. For this aim, a linear moving simulator controlled operating speed was used to carry out the spray pattern tests of sprayer nozzles, and the test results were compared to the patternator outputs. For the spray pattern tests, the hollow cone nozzle discs of 20 in number were tested. The spray application was done at constant spray pressure of 4 bars and spray height of 80 cm. Water sensitive papers were used for the spray pattern trials conducted on the linear moving simulator, and the trials were done at the application volumes of 100 l ha⁻¹, 150 l ha⁻¹ and 200 l ha⁻¹. In the trials relating to the spray pattern, the variables spray actual width, nozzle spray angle, skewness coefficient, kurtosis coefficient, spray pattern uniformity (pattern CV) and volumetric distribution uniformity at the nozzle distances of 50 cm (CV@50 cm) were determined. Besides, the flow rate, spray coverage and droplet density were measured for each of the nozzle discs. In references to the discriminant analysis results, the correctly classification rate of the nozzle discs by the discriminant functions which describes the hollow cone nozzle discs were found as 85.0% for the patternator tests; 88.3%, 91.7% and 95.0% for the simulator tests at the application rates of 100 l ha⁻¹, 150 l ha⁻¹ and 200 l ha⁻¹, respectively. According to the results of the paired-comparing test, the patternator tests and the simulator tests were significantly found different each other excluding the variables of the pattern CV and the skewness from the respect of the spray pattern. But, the correlation between the both of the test methods were determined to be significant. In the trials conducted on the linear moving simulator, the most convenient application volume was found to be 150 l ha⁻¹. In the controlling of the nozzle flow rate, the nozzle discs of 5 in number were confirmed excluding the flow rate limits of ±10%. The nozzle discs of 11 in number in the patternator tests, and 14 in number in the patternator tests in the simulator tests conducted at the application volume of 150 l ha⁻¹ were revealed to be different in the respect of the spray pattern. These nozzle discs fixed by the simulator tests covered the nozzles determined at the tests of the flow rate limit and the patternator. In conclusion, the uneven spray nozzles in terms of the spray pattern were appointed to be confirmed with a high accuracy by the linear moving simulator tests. In terms of the assessments done with regard to the image processing techniques, a significant relationship among of the variables determined on the water sensitive papers was revealed. The among of the gray level (G_s) of the paper images and their spray coverage (Y_k , %) variables was found a polynomial relation with high R^2 (0.941), ($Y_k = -0.00094 \cdot G_s^2 - 0.143 \cdot G_s + 86.03$)

2017, 97 pages

Keywords: Hollow cone nozzle, nozzle spray angle, spray test, application rate

TEŞEKKÜR

Çalışma konumun belirlenmesinde ve çalışmanın hazırlanma sürecinin planlanmasında, araştırılmasında, yürütmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen engin bilgi ve tecrübesinde yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmesiyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren danışman hocam sayın Doç. Dr. Bahadır SAYINCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamı yürüttüğüm sırada yardımlarını esirgemeyen doktora öğrencisi Sayın Ruçhan ÇÖMLEK'e teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarım sırasında gösterdiği sabır ve fedakârlıktan dolayı eşim Hülya ŞAHİN'e teşekkür eder, çocuklarım Zeynep Şule ŞAHİN, Ahmet Akif ŞAHİN ve Ali Hamza ŞAHİN'e sevgilerimi sunarım.

Mehmet ŞAHİN

Ekim, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Püskürtme ünitesi	16
3.1.2. Mekanik paternatör.....	17
3.1.3. Püskürtme simülatörü.....	19
3.1.4. Debi ölçer	23
3.1.5. Suya duyarlı kart	24
3.1.6. Fotoğraf makinası.....	24
3.1.7. Tarayıcı.....	25
3.1.8. Görüntü işleme programları	25
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Deneme alanı	26
3.2.2. Mekanik paternatörde püskürtme paterninin belirlenmesi	26
3.2.3. Meme debisinin belirlenmesi	28
3.2.4. Doğrusal hareketli püskürtme simülatörünün kalibrasyonu.....	28
3.2.5. Doğrusal hareketli püskürtme simülatöründe örnekleme.....	28
3.2.6. Suya duyarlı kartlarda görüntü işleme operasyonu	29
3.2.7. Püskürtme paterni değişkenlerinin belirlenmesi	30
3.2.7.a. Püskürtme genişliği	30
3.2.7.b. Hüzme açısı	31
3.2.7.c. Püskürtme paterninin varyasyon katsayısı	31
3.2.7.d. Püskürtme paterninin çarpıklığı	32

3.2.7.e. Püskürtme paterninin basıklığı	32
3.2.7.f. Sabit meme aralığında hacimsel dağılım düzgünlüğü	33
3.2.7.g. Yüzey kaplama oranı	33
3.2.7.h. Damla yoğunluğu	33
3.2.7.i. Birim alana ulaşan damla hacmi (damla birikimi)	33
3.2.8. İstatistik analiz.....	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	35
4.1. Pülverizatör Memelerinin İşletme Parametreleri	35
4.2. Mekanik Paternatörde Püskürtme Paterni Değişkenleri.....	36
4.3. Suya Duyarlı Kartlarda Görüntü Özellikleri ve Pülverizasyon Değişkenleri	46
4.4. Doğrusal Hareketli Simülatörde Yürütülen Denemeler	57
4.4.1. Püskürtme paternini tanımlayan değişkenler	57
4.4.2. Meme plakaları ve uygulama hacminin püskürtme paternine etkisi.....	65
4.4.3. Paternatör ve doğrusal hareketli simülatör testlerinin karşılaştırılması	68
4.4.4. Doğrusal hareketli simülatörde püskürtme paterni değişkenleri	70
4.4.4.a. 100 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde püskürtme paterni değişkenleri	70
4.4.4.b. 150 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde püskürtme paterni değişkenleri.....	76
4.4.4.c. 200 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde püskürtme paterni değişkenleri	82
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	89
5.1. Pülverizatör Memelerinin İşletme Parametreleri	89
5.2. Paternatörde Belirlenen Püskürtme Paterni Değişkenleri	89
5.3. Suya Duyarlı Kartlarda Görüntü Özellikleri ve Pülverizasyon Değişkenleri	90
5.4. Doğrusal Hareketli Simülatörde Püskürtme Paterni Değişkenleri	91
5.5. Simülatör Testlerinin Kullanım Amacı Yönüyle Değerlendirilmesi	93
KAYNAKLAR	94
ÖZGEÇMİŞ	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Püskürtme donanımları	16
Şekil 3.2.	Mekanik paternatör	17
Şekil 3.3.	Paternatörde hidrolik basınç ve enerji kaynağı.....	18
Şekil 3.4.	Püskürtme simülatörü	19
Şekil 3.5.	ASDA yazılımında haberleşme ayarları	20
Şekil 3.6.	Püskürtme simülatörünün bum kolu	21
Şekil 3.7.	Pülverizatör pompasının redüktörlü elektrik motoruyla çalıştırılması	22
Şekil 3.8.	Püskürtme simülatöründe kullanılan pülverizatör	22
Şekil 3.9.	Püskürtme simülatöründe hareketli kablo taşıyıcısı	23
Şekil 3.10.	Debi ölçer.....	23
Şekil 3.11.	Suya duyarlı kart.....	24
Şekil 3.12.	(a) Fotoğraf makinası (b) Tarayıcı.....	25
Şekil 3.13.	(a) Püskürtme paterni görüntüleri, (b) Püskürtme paterni görüntülerinin alt referans düzlemine göre yeniden düzenlenmesi (c) İşaret toplarının manuel olarak seçilmesi ve y koordinatlarının oluşturulması.....	27
Şekil 3.14.	Çarpıklık değişimi.....	32
Şekil 4.1.	Paternatörde belirlenen püskürtme paterninin meme plakalarına göre değişimleri	39
Şekil 4.2.	Paternatör testlerinde diskriminant skorları ve grup sendroitlerine göre meme plakalarının numaralarına göre dağılımı (a) fonksiyon 1 ve fonksiyon 2, (b) fonksiyon 1 ve fonksiyon 3	44
Şekil 4.3.	Görüntü işlemede değişkenler arasındaki ilişkiler (a) Gri tonlama seviyesi ve yüzey kaplama oranı (%) (b) Yüzey kaplama oranı (%) ve damla birikim hacmi ($\mu\text{l cm}^{-2}$).....	55
Şekil 4.4.	Suya duyarlı kart görüntülerinin gri tonlama seviyesi ve yüzey kaplama oranı arasındaki ilişki	56
Şekil 4.5.	Suya duyarlı kart görüntülerinde yüzey kaplama oranı ve damla birikim hacmi arasındaki ilişki	57

- Şekil 4.6.** Doğrusal hareketli simülatörde farklı uygulama hacimlerinde belirlenen püskürtme paterni görüntüleri (a) her bir uygulama hacmi için (b) ortalama±standart hata 60
- Şekil 4.7.** Doğrusal hareketli simülatör testlerinde 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen diskriminant skorları ve grup sendroitlerine göre meme plakalarının numaralarına göre dağılımı (a) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 2, (b) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 3, (c) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 4 73
- Şekil 4.8.** Doğrusal hareketli simülatör testlerinde 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen diskriminant skorları ve grup sendroitlerine göre meme plakalarının numaralarına göre dağılımı (a) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 2, (b) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 3, (c) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 4 79
- Şekil 4.9.** Doğrusal hareketli simülatör testlerinde 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen diskriminant skorları ve grup sendroitlerine göre meme plakalarının numaralarına göre dağılımı (a) fonksiyon 1 ve fonksiyon 2, (b) fonksiyon 1 ve fonksiyon 3 85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.	İçi boş konik hüzmeli memelerin işletme parametreleri	35
Çizelge 4.2.	Ortalama debiden $\pm\%5$ ve $\pm\%10$ sapma gösteren meme plakaları	36
Çizelge 4.3.	Paternatörde belirlenen püskürtme paterni değişkenleri	40
Çizelge 4.4.	Paternatörde yürütülen testlerde püskürtme paterni değişkenlerine göre meme plakaları arasındaki varyasyonun önem testi (MANOVA) ..	40
Çizelge 4.5.	Paternatör testlerine göre diskriminant analizi sonuçları	42
Çizelge 4.6.	Paternatör testi diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları (%85 düzeyinde doğru sınıflandırma).....	45
Çizelge 4.7.	Ortalama debiden $\pm\%5$ ve $\pm\%10$ sapma gösteren meme plakaları ve diskriminant analiziyle (DA) püskürtme paterni değişkenleri farklı olan meme plakalarının tespiti.....	46
Çizelge 4.8.	Suya duyarlı kart görüntülerinin gri tonlama seviyeleri ve görüntü işlemeden önce belirlenen eşik değerleri.....	47
Çizelge 4.9.	Suya duyarlı kart yüzeylerinde kaplama oranı sonuçları ve hedefe taşınan toplam damla hacminin tahminlenmesi	48
Çizelge 4.10.	Suya duyarlı kart yüzeylerinde damla yoğunluğunun (adet cm^{-2}) uygulama hacmine (lt ha^{-1}) göre değişimi	49
Çizelge 4.11.	Doğrusal hareketli simülatörde belirlenen püskürtme paterni değişkenleri ($\text{Ort}\pm\text{SS}$).....	58
Çizelge 4.12.	Doğrusal hareketli simülatör testlerinde meme plakası ve uygulama hacminin püskürtme paterni değişkenlerine etkisi (Tekrarlı ölçüm düzeninde varyans analizi)	66
Çizelge 4.13.	Doğrusal hareketli simülatör testleriyle belirlenen püskürtme paterni değişkenlerinde ortalamaların düzeltilmiş Bonferroni testine göre karşılaştırılması.....	67
Çizelge 4.14.	Püskürtme paterni değişkenleri açısından paternatör ve doğrusal hareketli simülatör testlerinin eşli karşılaştırma testi sonuçları	69
Çizelge 4.15.	Doğrusal hareketli simülatör testlerine göre 100 lt ha^{-1} uygulama hacminde belirlenen diskriminant analizi sonuçları	72

Çizelge 4.16. 100 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları (%88.3 düzeyinde doğru sınıflandırma)	75
Çizelge 4.17. Ortalama debi, paternatör ölçümü ve 100 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde doğrusal hareketli simülatör testlerinde belirlenen püskürtme paterni değişkenlerine göre grubun dışında kalan meme plakalarının tespiti	76
Çizelge 4.18. Doğrusal hareketli simülatör testlerine göre 150 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde belirlenen diskriminant analizi sonuçları	78
Çizelge 4.19. 150 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları (%91.7 düzeyinde doğru sınıflandırma)	81
Çizelge 4.20. Ortalama debi, paternatör ölçümü ve 100 lt ha ⁻¹ ve 150 lt ha ⁻¹ uygulama hacimlerinde doğrusal hareketli simülatör testlerinde belirlenen püskürtme paterni değişkenlerine göre grubun dışında kalan meme plakalarının tespiti	82
Çizelge 4.21. Doğrusal hareketli simülatör testlerine göre 200 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde belirlenen diskriminant analizi sonuçları	84
Çizelge 4.22. 200 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları (%95.0 düzeyinde doğru sınıflandırma)	87
Çizelge 4.23. Ortalama debi, paternatör ölçümü ve 100 lt ha ⁻¹ , 150 lt ha ⁻¹ ve 200 lt ha ⁻¹ uygulama hacimlerinde doğrusal hareketli simülatör testlerinde belirlenen püskürtme paterni değişkenlerine göre grubun dışında kalan meme plakalarının tespiti	88

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimde kültür bitkilerine zarar veren etmenlere karşı kimyasal mücadelenin yanı sıra entegre mücadele, karantinaya alma, kültürel, biyolojik, mekaniksel, biyoteknik ve fiziksel mücadele yöntemleri uygulanmaktadır. Bunlar içerisinde yaygın olarak kullanılan yöntem, kimyasal mücadele yöntemi olup etki süresi hızlı ve kolay uygulanabilir olduğundan daha fazla tercih edilmektedir (Yıldırım 2008). Günümüz tarımında kaliteli ve verimli çeşitlerin elde edilmesi için çoğu zaman kimyasal mücadele kaçınılmaz görünmektedir. Bu yöntem pestisit kullanımını gerektirmekte olup uygulamalar çoğu zaman pülverizatörler yardımıyla püskürtülerek yapılmaktadır. FAO istatistiklerine göre Türkiye’de 1995 yılında etken madde olarak yıllık tüketilen ortalama pestisit miktarı 28.328 ton iken, 2015 yılında bu miktar %37.8 oranında artarak 39.026 tona ulaşmıştır (FAO Statistics 2017).

Hastalık ve zararlılarla mücadelede pestisit uygulamalarının her ne kadar önemi büyük olsa da insan sağlığı ve ekosisteme verdikleri zararlı etkiler yönünden incelendiğinde uygulanacak pestisitlerin hassas ve dikkatli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Zararlı etmenin teşhisi, ekipman seçimi, kullanımı ve kalibrasyonu, pestisit seçimi, operatör deneyimi ve ilaçlama zamanı kimyasal mücadelenin vazgeçilmez unsurlarıdır. Kimyasal ilaç uygulamalarının doğru işletme parametrelerinde önerilen dozda yapılması zararlı etmen üzerinde biyolojik etkinliği arttırdığından ilaçlama sayısının azalması mümkün olmakta ve girdi azalarak işletme maliyetleri düşmektedir. Bu da pestisit uygulamalarında bitki koruma makinalarının doğru seçilmesine ve kalibrasyonun doğru yapılmasına bağlı olmaktadır (Grisso *et al.* 1989; Dursun vd 2000).

Pestisit uygulamaları sırasında pülverize olan damlaların belirli bir yörüngede hedefe taşınma enerjisinin düşük olması ve sürüklenme sebebiyle hedef dışına taşınması ilaç kayıplarını arttırdığından uygulama etkinliği azalmaktadır. Bunun sonucu olarak daha fazla ilaçlamaya gereksinim duyularak bilinçsizce aşırı dozda pestisit tüketimine neden olmaktadır (Dursun vd 2005). Bu durumda üretim maliyeti artmakta, bitkide fitotoksitite riski oluşmakta, çevre, toprak ve yeraltı su kaynaklarında kirlenme sorununa yol

açmaktadır. Tüm bunların nedeni olarak hedef alınan zararlılarda direnç oluşmakta, yararlılar öldürülerek doğal denge bozulmakta, ürünlerde pestisit kalıntısına yol açarak tarım ürünlerinin ihracatı sınırlandırılmakta ve insan sağlığına karşı tehdit unsuru haline gelmektedir (Coates 1996; Coates and Palumbo 1997; Yıldırım 2008; Sidahmed *et al.* 2004).

Pülverizasyonda damla oluşumu, karışımın hedefe ulaşması ve kimyasalın içindeki etken maddenin yüzeyde tutunmasını etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Bu etkenler (Azimi *et al.* 1985; Hoffmann and Salyani 1996; Panneton *et al.* 2000; Smith *et al.* 2000; Womac *et al.* 2001; Zhu *et al.* 2002; Delevan 2003; Zhu *et al.* 2004; Bayat and Bozdoğan 2005);

- Pülverizasyon ünitesinin tipi ve çalışma şekli: Püskürtme ünitesinin tasarım özellikleri, hidrolik basınç, pnömatik sistem ya da yardımcı hava akımının etkisi, elektrostatik yüklemeli uygulamada yük/kütle oranı
- Püskürtme ünitelerinin işletme özellikleri: Orifis ölçüsü, hüzme açısı, konum açısı, püskürtme yüksekliği, meme arası mesafe, hava akımlı ünitelerde fan tipi, şeritsel ilaçlamada meme diziliş şekli
- Pülverizatör çalışma parametreleri: Püskürtme basıncı, uygulama hacmi, ilaçlama hızı, hava akımlı uygulamalarda hava hızı
- Meteorolojik faktörler: Hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü, çiğ oluşumu
- Bitkisel özellikler: Bitki boyu, bitki kanopi çapı, yaprak yüzey özellikleri, yaprak alan indeksi
- Akışkanın fiziksel özellikleri: Akışkanın viskozitesi, yüzey gerilimi, sıcaklığı ve yoğunluğu
- İlaçlama zamanı: Sabah ilaçlaması, akşam ilaçlaması, gece ilaçlaması şeklinde açıklanabilir.

Pülverizasyonla hedefe taşınan damlaların yüzeyde tutunabilmesi, penetrasyonu, hedef yüzeyi kaplayabilmesi ve sürüklenmeye olan direnci damla boyutuna bağlı olarak değişmektedir (Nuyttens *et al.* 2007). Pülverizasyonda çok büyük ya da çok küçük ölçülü

damlalarla ilaçlama yapılması uygulamaların başarısını sınırlandırabilmektedir. Büyük çaplı damlalarla yapılan uygulamalarda sürüklenme sorunu minimize edilebilmekte (Bode *et al.* 1983), ancak hedef yüzeyde tutunma ve örtme sorunu olabilmektedir (Smith *et al.* 2000). Küçük çaplı damlalarla yapılan uygulamalarda damla taşınma enerjisi düşük olduğundan havada asılı kalabilmekte, hedefe ulaşmadan buharlaşabilmekte (Bozdoğan and Bayat 2005) veya rüzgar nedeniyle hedef dışına taşınabilmektedir (Bode *et al.* 1983).

Pülverizasyonu şekillendiren ana ünite, püskürtme memesi olduğu kadar akışkanın memeye taşınma sürecinde pülverizatörü oluşturan ana makine donanımlarının da beklentilere cevap vermesi gerekmektedir. Depo içerisindeki akışkanın homojen bir şekilde karışması, tarla koşullarında püskürtme basıncının sabit kalması, ilerleme hızıyla doğru orantılı konsantrasyon sağlayan sistemlerin kullanılması, bum kolundaki titreşimlerin sönümlenmesi, geniş bum kolunun arazi eğimine duyarlı olması ve püskürtme yüksekliğinin yol boyunca sabit kalması aranan unsurlar arasındadır. Yeni gelişmelere paralel olarak bu kapsamda üretilen pülverizatörlerde elektronik denetleyicilerin başarılı bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. İlerleme hızının operatör kontrolünde olduğu makinalarda hedef yüzeyde homojen bir dağılım sağlanamamaktadır. Bu amaçla kullanılan denetleyiciler operatör hatalarını azalttığı gibi arazi şartlarına uyum sağlayarak etkili maddenin birim alana sürekli olarak sabit dozda taşınmasını sağlamaktadır (Atçioğlu 2006).

Bu alanda yürütülen pek çok araştırmadan edinilen sonuçlara göre bahsedilen bu değişkenler arasında önemli korelasyonların olduğu görülmektedir. Faktörler arasındaki interaksiyonların varlığı pestisit uygulamalarını oldukça karmaşık kılmaktadır. Bu nedenle pestisit uygulamaları yüksek seviyede deneyimi, kaliteli bir yönetimi ve büyük ölçüde duyarlılığı gerektirmekte olup ilaç uygulama tekniğinin geniş bir yelpazede incelenmesini zorunlu kılmaktadır (Hoffmann and Salyani 1996).

Tarla ilaçlamalarında yaygın olarak kullanılan tarla pülverizatörlerinde ilaç karışımını hedefe taşıyan en önemli organ püskürtme memeleridir (Ozkan and Ackerman 1992). Hidrolik basınç enerjisi ile çalışan pülverizatör memelerinin pülverizasyon karakteristiği,

püskürtme paterni ve damla hızı onun tasarım özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Tarımsal ilaç uygulamalarında ise homojen bir dağılım deseninin oluşması, sürüklenme potansiyeli düşük damlaların üretilmesi, hedef yüzeyde homojen bir kaplamanın oluşması ve damlanın bitki kanopisine penetrasyonunun yüksek olması beklenmektedir. Bu beklentilere yanıt verebilmek ve pestisitlerin ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için tasarım özellikleri farklı meme tipleri üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmektedir.

Konvansiyonel tarla ilaçlamasında yaygın olarak standart yelpaze hüzmeli memeler kullanılmaktadır. Bun koluna 50 cm aralıklarla yerleştirilen bu memelerde hüzmeye açısı 65° - 120° aralığında değişmekte ve ilaçlama yüksekliği hüzmeye açısına göre değişen aralıklarda önerilmektedir. Günümüzde herbisit ilaçlaması için önerilen bu standart tip memelerin insektisit ve fungusit ilaçlamasında da yaygın olarak kullanıldığı dikkat çekmektedir.

Yeni nesil olarak adlandırılan yelpaze hüzmeli meme tiplerinin düşük sürüklenme potansiyelli, hava emişli, çift akışlı ve saptırmalı olarak üretimlerinin yapıldığı bilinmektedir. Uygulamada her bir meme tipi için farklı uygulama alanı tanımlaması yapılmış olsa da temelde hedef, insan ve çevre üzerindeki potansiyel riskleri minimize etmek ve ilaçlamanın daha etkili bir şekilde yapılmasını sağlamaktır.

Sürüklenmeyi azaltma potansiyelli memelerde sıvı akış dinamiğini değiştirmek için bir ön orifis odası ve/veya türbülans odası tasarlanmış ve kaba yapılı damlalar oluşturarak sürüklenmeye bağlı ilaç kayıplarının azaltılması amaçlanmıştır. Düşük sürüklenme potansiyelli ön orifis odalı memeler aynı işletme basıncında standart memelere nazaran daha büyük çaplı damlalar üretmektedir. Bu memelerde bulunan ön orifis odası sıvının giriş basıncını azaltmaktır. Orta ve kaba yapılı damlalar üreten bu memelerde sürüklenme düzeyi, aynı işletme koşullarında standart memelere nazaran %50 oranında azalmaktadır. Orifis odasında meydana gelen basınç düşmesinden dolayı işletme basıncı minimum 2 bar, optimum 3 bar olarak bildirilmiştir (Hofman and Wilson 2003).

Konvansiyonel ilaçlamada diğer yaygın kullanılan meme tipi, konik hüzmeli meme plakaları olup gerek püskürtme paterni, gerekse ince yapılı pülverizasyondan dolayı yaprak ilaçlamasında kullanılmakta ve hedef yüzeyde yüksek düzeyde kaplama sağlamaktadırlar. Yüzeysel ilaçlamada kullanımı geniş yer bulan konik hüzmeli memeler şeritsel ilaçlamada da tavsiye edilmesine karşın bu şekilde kullanımı yaygınlaşmamıştır. Girdap plaketiyle birlikte kullanılan konik hüzmeli memelerde püskürtülen sıvıya önce dönü hareketi kazandırılmaktadır. Bu dönü hareketi, teğetsel olarak meme plakasının ortasındaki orifise gönderilen basınçlı sıvının açısız bir hız kazanarak momentumun etkisiyle oluşmaktadır. Meme orifisinden başlayarak konik bir huni şeklinde genişleyen sıvı giderek incelmekte ve parçalanarak damla oluşumu gerçekleştirmektedir (Sayıncı vd 2013). Kolay üretilmeleri ve ucuz olmaları nedeniyle Türkiye’de konvansiyonel ilaçlamada hala kullanılan bir meme tipidir.

Püskürtmede hacimsel dağılım düzgünlüğünün meme performansının en önemli göstergelerinden biri olduğu bilinmektedir (Wang *et al.* 1995). Prairie Tarım Makineleri Enstitüsü (PAMI, Kanada) tarafından laboratuvar koşullarında stabil konumda paternatörde yapılan ölçümlerde %15 düzeydeki varyasyon için sıvı dağılımının “kabul edilebilir” olduğu bildirilmiş (Bode *et al.* 1983; Azimi *et al.* 1985) %10 düzeyindeki varyasyon için dağılım “oldukça homojen” olarak tanımlanmıştır (Azimi *et al.* 1985; Krishnan *et al.* 1988).

Günümüzde püskürtme testleri için geliştirilen ölçüm ekipmanlarının sayısı çok fazla değildir. Mevcut sistemler zaman içerisinde sensör ve valf teknolojisinin elektronik temelinde birleşmesiyle gelişmiş ve yöntem olarak iyileştirilmiştir (Biocca and Gallo 2014; Zai *et al.* 2015; Luck *et al.* 2016). Bu ekipmanlar meme debisini ölçen sensörlü tip debimetreler, direk meme orifis çıkışında püskürtme basıncını ölçen manometreler, püskürtme paterni ölçümü yapan tek noktadan püskürtmeli stabil paternatörler ve çok noktadan püskürtmede hacimsel dağılım düzgünlüğünü belirleyen stabil ya da ray üzerinde yeri değiştirilebilir tip paternatörlerdir (Agnew *et al.* 1999; Salvarani 2016). Yüzeysel uygulamalarda püskürtme testleri için yatay paternatörler, yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörleri için dikey paternatörler kullanılmaktadır. Dikey paternatörde

yapılan testler pülverizatörün sabit ya da hareketli konumunda yapılabilir. Ancak yüzeysel uygulamalarda yatay paternatöre alternatif olarak memenin hareketli konumunda ölçümleri yapan standart bir test metodolojisi geliştirilmiş değildir. Buna yönelik olarak Womac *et al.* (2001) tarafından açık alanda bum kolu uzunluğu boyunca zemine yerleştirilen suya duyarlı kartlarda püskürtme sonucu yüzeyde dağılım düzgünlüğüne ilişkin çalışmalar yürütülmüştür. Sayıncı ve Bastaban (2011), farklı tip pülverizatör memelerinde damla taşınma etkinliklerinin belirlenmesi üzerinde yürüttükleri çalışmalar sabit uygulama hacminde açık hava koşullarında yürütülmüş ve zemine yerleştirilen iki farklı örnekleme yüzeyinde damla birikimi ve yüzey kaplama oranı ölçümleri yapılmıştır. Sama *et al.* (2016) tarafından yürütülen araştırma, suya duyarlı kartlarla meme debisinin tahminlenmesine yönelik bir yöntem geliştirme çalışmasıdır.

Bu çalışmanın amacı; pülverizasyon testleri için geliştirilen hız-kontrollü doğrusal hareketli bir püskürtme simülatöründe pülverizatör memelerinin püskürtme paterni testlerini gerçekleştirerek yeni bir metot ortaya koymak, pülverizatör memelerini tanımlayan püskürtme paterni değişkenlerine göre deney esaslı istatistiksel bir model ortaya koymak ve ar-ge kapsamında pülverizasyon test yöntemleri alanına yeni bir yaklaşım getirmektir. Bu amaç doğrultusunda yapılan testler, standart paternatör testi sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Azimi *et al.* (1985)'un araştırmalarında yüzeysel ilaçlama yapan bazı hidrolik memelerde bağlantı açısı, püskürtme yüksekliği, işletme basıncı ve meme kapasitesinin hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkileri incelenmiştir. Hacimsel dağılım düzgünlüğünü belirlemede 3 cm aralıklı 80 kanallı galvanizli saçtan imal edilmiş paternatör kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre hacimsel dağılım düzgünlüğünün püskürtme yüksekliği ve işletme basıncındaki artışla iyileştiği saptanmıştır. Sabit püskürtme yüksekliğinde (51 cm) meme konum açısının 0°'den 30°'ye arttırılması hacimsel dağılım düzgünlüğünü iyileştirmiştir. Ayrıca meme orifis ölçüsü arttığında hacimsel dağılım düzgünlüğünün de arttığı belirlenmiştir. Yelpaze hüzmeli memeler için 207 kPa işletme basıncının altında yapılan denemelerde 51 cm sabit meme aralığında hacimsel dağılım düzgünlüğü %10'dan daha büyük bulunmuştur. Buna göre meme aralığının 51 cm'den daha düşük olması durumunda püskürtme yüksekliği ve basınçtaki olası iniş-çıkışlara karşı daha az duyarlılık göstererek hacimsel dağılımın daha düzgün olabileceği sonucuna varılmıştır.

Richardson (1986)'nın yürüttüğü bir çalışmada tarımsal mücadelede uygulanan ilacın hacimsel dağılım düzgünlüğünü veren tek meme paternatöründen elde edilen veriler işlenerek memelerin düzgünlük katsayısı olan %CV değeri belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler karşılaştırılarak memelerin akış karakteristiğine ait veriler ortaya çıkarılmıştır. Çalışmada yedi farklı memeye ait dağılım düzgünlükleri sırasıyla tek meme paternatöründe incelenmiş ve %CV değerlerinin %3 ile %9 arasında değiştiği saptanmıştır. Deneme sonucunda alüminyum malzemedен üretilen memelerin %CV değerlerinin pirinç memelere göre daha iyi olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Zeren ve Moser (1987) çalışmalarında elektrostatik ve yardımcı hava akımlı ilaçlama ünitelerinde etkin maddenin yüzeye taşınmasındaki etkinlikleri incelenmiştir. Bu araştırma pamuk bitkisi üzerinde uygulanmış ve püskürtme memesi olarak orifis çapı 1.5 mm olan konik hüzmeli, ST11001 yarıklı tip yelpaze hüzmeli ve döner diskli meme olmak üzere üç farklı püskürtme memesi kullanılmıştır. Kompresörden sağlanan hava,

ilaçlama ünitelerine iletilmiş ve meme çıkışında hava hızı 4 m s^{-1} olarak ölçülmüştür. Elektrostatik yüklemeli uygulama 12 Voltluk besleme ünitesi kullanılarak 25 kW'lık çıkış gerilimi ile elektrotlarla meme çıkışına verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yaprak yüzeyine taşınan en yüksek madde miktarı döner diskli meme ile sağlanmıştır. Elektrostatik yüklemeli tüm uygulamalarda ilaç tutunma miktarının da arttığı gözlemlenmiştir.

Grisso *et al.* (1989)'ın yürüttüğü bir çalışmada tarımsal mücadelede uygulanan ilacın %50-80'lik kısmının hedefe ulaşmadığı, sürüklenme ve hava koşullarının etkisiyle hedef dışına taşındığı ortaya konmuştur. Sürüklenen pestisitlerin bir kısmının tarla sınırları içinde, bir kısmının da çok uzak mesafelere taşındığı belirtilmiştir. İlaç sürüklenmelerinin sağlık problemlerinin yanı sıra işletme maliyetlerini de artırdığı gözlemlenmiştir. Bu gibi sürüklenmelerin önüne geçmek için püskürtme uygulamalarında yeni tip memelerin (düşük sürüklenme sağlayan memeler, pnömatik memeler, döner diskli memeler, CP memeler, çift yarık ve yanal hüzmeli memeler ve çok başlıklı memeler) kullanılması ve bitkinin yaprak fenotipine uygun biçimde ilaçlama yapan yeni teknolojilerin kullanılmasına dikkat çekmektedir. Bahsedilen şekilde kullanılmayan meme tipleri veya bitkiye göre ilaçlama yapan teknolojiler kullanılmadığı takdirde ilaçlama maliyetlerinin çok yüksek olduğuna değinilmiştir. 103 farklı herbisit uygulayıcısı üzerinde yürütülen bir çalışmada uygulanan ilacın sadece %30'luk kısmının istenen hedefe ulaştığı, geriye kalan kısmının ise farklı nedenlerle hedef dışına sürüklendiği tespit edilmiştir. Bu hatalı uygulamalarda yıllık maliyetin 4.3 milyon dolar olduğu belirtilmiştir.

Krishnan *et al.* (1993) tarafından yürütülen bir çalışmada TJ60-8004 ölçülü çift yarık püskürtme memesinde rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve titreşim parametrelerinin hacimsel yer değişmeye olan etkileri incelenmiştir. Tarla şartlarında titreşimi belirlemek için ön denemeler yapılmış ve titreşimin genlik aralığı 0.1-0.2 m ve frekans aralığı 0.8-1.0 Hz arasında saptanmıştır. Hacimsel yer değiştirmeye ilişkin denemeler laboratuvar ortamında yürütülmüştür. Çalışma 3.84 cm aralıklı 111 kanala sahip 1.02 m genişliğindeki paternatörde yürütülmüştür. Çalışmada 4 farklı basınç seviyesi (139, 209, 313 ve 382 kPa) kullanılmıştır. Hacimsel yer değiştirmede rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve her

ikisinin interaksyonu tüm basınçlarda önemli bulunmuştur. Titreşim ve rüzgâr hızının interaksyonu ise sadece yüksek basınçta (382 kPa) önemli bulunmuş ve bu durum yüksek basınçlarda damla boyutunun küçülmesi olarak açıklanmıştır.

Dursun vd (1994), tarla pülverizatörlerinde pnömatik ve mekanik koruyucu bum perdelerinin hem ilaç kayıplarını azaltma hem de hacimsel dağılım düzgünlüğündeki iyileştirme etkilerini araştırmıştır. Bu araştırmada konik hüzmeli hidrolik meme ($\text{Ø}1 \text{ mm}$, 800 kPa , 0.55 lt dk^{-1} , $D_{v0.5}: 155 \text{ }\mu\text{m}$) ve yelpaze hüzmeli standart tip hidrolik meme (11001 kPa , 400 kPa , 0.48 lt dk^{-1} , $D_{v0.5}: 136 \text{ }\mu\text{m}$) kullanılmıştır. Laboratuvar koşullarında simülâtörde yürütölen denemelerde ilerleme hızı sabit alınmış (4.9 km h^{-1}) ve bir fan yardımıyla 2 m s^{-1} , 3 m s^{-1} ve 4 m s^{-1} hızlarla yapay rüzgâr oluşturulmuştur. Denemede kullanılan mekanik koruma perdesi ($70 \times 85 \text{ cm}$ ölçülerinde levha; pnömatik koruma perdesi olarak santrifüj fanın meme üzerinde oluşturduğu hava perdesi (15 m s^{-1}) kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek rüzgâr hızında (4 m s^{-1}) ilaç kayıpları oranı konik ve yelpaze hüzmeli memelerde sırasıyla %51 ve %58 olarak bulunmuştur. Mekanik koruma perdesi ile bu oran çok daha düşük olarak bulunmuş, konik hüzmeli memede %16 yelpaze hüzmeli %15'e, pnömatik koruma perdesi konik hüzmeli memede %43, yelpaze hüzmeli memede %50'ye düşürölmüştür. En yüksek rüzgâr hızında hacimsel dağılım düzgünlüğü konik ve yelpaze hüzmeli memelerde sırasıyla %74 ve %78 iken, bu oran mekanik koruma perdesi kullanıldığında konik hüzmeli memede %37, yelpaze hüzmeli memede %30'a düşürölmüştür. Pnömatik koruma perdesi ile konik hüzmeli memede %63, yelpaze hüzmeli memede %68'e düşürölmüştür.

Tüncer ve Güler (1998), tarımsal mücadelede hedef dışı taşınmayı önlemek ve pülverizasyondaki etkinliğı artırmak için yaptığı çalışmada ilaçlama zamanının uygunluğu, uygulama yapacak makinenin seçimi (maksimum ilaçlama etkinliğı sağlayacak, en düşük seviyede çevre kirliliğı oluşturacak, işçilik ve uygulama giderlerini azaltacak makine seçimi) ve uygulama yapacak makinenin doğru kullanılması gibi konulara değinmektedir. Uygulanacak sıvının damla çaplarının çeşitli yöntemlerle (damlaları bir yüzeyde toplamak, dondurulmuş damlalar, elektriksel yöntemler, optik yöntemler ve lazer ışını yardımıyla damlaları saptamak) hesaplanarak elde edilen %10,

%50 ve %90 kümülatif hacme karşılık gelen çap değerlerine göre sürüklenme potansiyeli yüksek olan uygulamaların belirlenebileceği belirtilmiştir.

Dursun vd (2000) araştırmalarında paslanmaz çelikten imal edilmiş farklı firmalara ait içi boş konik hüzmeli meme plakalarında (orifis çapı 1.0 mm, 1.2 mm ve 1.5 mm) delik çapı, meme debisi ve hacimsel dağılım düzgünlüğündeki farklılıkları belirlemişlerdir. Bir tarayıcı aracılığıyla meme plakalarına ait görüntüleri bilgisayara aktararak boyut analizine tabi tutulmuş ve beş ayrı noktadan çap ölçümü yapılmıştır. Hacimsel dağılım düzgünlüğü ölçümünde bir paternatör kullanılmış ve 800 kPa sabit basınç, 50 cm sabit püskürtme yüksekliğinde ölçümler yapılmıştır. Firmaya göre sırasıyla ölçülen çap ve hacimsel dağılım düzgünlüğü (%CV), orifis ölçüsü 1 mm olarak belirlenen meme plakalarında 0.904-0.973 mm (%31.9-%44.1) ve 0.989-1.047 mm (%29.4 -%45.3) arasında; orifis ölçüsü 1.2 mm olarak belirlenen meme plakalarında 1.133-1.169 mm (%33.2-%38.4) ve 1.193-1.238 mm (%25.7-%44.4) arasında; orifis ölçüsü 1.5 mm olarak belirlenen meme plakalarında 1.444-1.605 mm (%31.3-%40.4) ve 1.504-1.603 mm (%27.0 -%47.0) arasında değişiklik göstermiştir. 600 ve 800 kPa çalışma basınçlarında meme debisi sırasıyla orifis ölçüsü 1.0 mm olan meme plakalarında 0.690-0.710 lt dk⁻¹ ve 0.804-0,815 lt dk⁻¹; 1.2 mm olan meme plakalarında 0.800-0.947 lt dk⁻¹ ve 0.921-1.070 lt dk⁻¹; 1.5 mm olan meme plakalarında 1.119-1.210 lt dk⁻¹ ve 1.361-1.405 lt dk⁻¹ olarak ölçülmüştür. Firmaların belirttiği delik çapları arasında önemli farklılıkların olduğu saptanmış, plaka deliklerinin yeterli düzgünlükte olmadığı, kenarlarında çapak ve havşaların olduğu tespit edilmiştir. Meme deliklerine ait varyasyon katsayıları plaka grupları ve basınca bağlı olarak %1.1-%3.8 arasında değişkenlik göstermiştir.

Zhu *et al.* (2002) yarfıstığı ilaçlamasında kullandıkları yelpaze hüzmeli memede püskürtme yön açısı (0°-15°), ekim yöntemi (tek ve çift sıralı ocağa ekim), meme orifis ölçüsü (Teejet 8001VS; 0.39 lt dk⁻¹, Teejet 8003VS; 1.16 lt dk⁻¹, Teejet 8005VS; 1.94 lt dk⁻¹; Spraying Systems Wheaton, III), ilaçlama dönemi (ekimden 48, 68 ve 109 gün sonra), bitki yüksekliği (üst, orta ve alt bölge), yaprak alan indeksi (her ilaçlama dönemi öncesi) ve yaprak yoğunluğunun (her ilaçlama dönemi öncesi) ilaç penetrasyonuna olan etkilerini araştırmışlardır. Deneme boyunca tüm uygulamalarda işletme basıncı (276 kPa)

ve traktör ilerleme hızı (6.4 km h^{-1}) sabit tutulmuş ve toprak yüzeyi referans alınarak 50 cm yükseklikten uygulama yapılmıştır. Tek sıralı ekimde her sırada bir adet; çift sıralı ekimde ise her sırada iki meme olacak şekilde (meme arası mesafe 45 cm) konumlandırma yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre meme konum açısı ve ekim yönteminin ilaç penetrasyonuna etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ekimden 48 gün sonra yapılan uygulamada bitkinin orta ve alt bölgelerinde tutunan ilaç miktarı meme orifis ölçüsüyle birlikte artmış, ancak geç dönemde bu artış önemsiz bulunmuştur. 8003 nolu meme yerine orifis ölçüsü daha büyük olan 8005 nolu memenin kullanılması bitkinin alt bölgelerinde ilaç penetrasyonunu arttırmadığı saptanmıştır. Hatta 8005 nolu memede bitkinin orta ve alt bölgelerinde ilaç dağılımındaki varyasyonun daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ekimden 109 gün sonra yapılan ilaçlamada bitkinin üst bölgesine taşınan sıvı hacmi daha az bulunmuştur. 8003 nolu meme ile yapılan geç dönem ilaçlamasında bitkinin üst bölgesine taşınan ilaç miktarı orta bölgeye göre 10.5 kat, alt bölgeye göre 62 kat artmıştır. Araştırmada ilaç penetrasyonuna etkisi bakımından yaprak alan indeksi ve bitki yüksekliğinin yaprak yoğunluğuna nazaran daha önemli olduğu saptanmıştır.

Bayat ve Bozdoğan (2003) tarafından yürütülen bir çalışmada tarımsal uygulamalarda kullanılan ilacın rüzgardan kaynaklı taşınmasında küçük hacimli damlaların büyük hacimli damlalara oranla daha fazla maruz kaldığı bildirilmektedir. Yürütülen çalışmada taşınmanın azaltılabildiği, ancak tamamen yok edilemediği vurgulanmıştır. Taşınmanın azaltılmasında pülverizasyonun uygun hava koşullarında yapılmasının öneminin büyük olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada sürüklenmeyi azaltmada çeşitli mekanik yöntemlerin öneminden bahsedilmiştir. Son yıllarda üreticilerin bu konu üzerine yoğunlaşarak düşük sürüklenme potansiyeline sahip meme ürettiği belirtilmektedir. Bazı ticari firmaların ürettiği DG (Drift Guard) ve AI (Air Induction) tip memeler ile sürüklenen sıvı hacminin %12'ye kadar düştüğü dikkat çekilmiştir.

Ergül ve Dursun (2003b), ilaçlama etkinliğini arttırmak için memelerin orifis açıklığındaki düzgünlüğün kontrol edilmesi gerektiğini öngörmektedirler. Orifis geometrisi bozuk olduğunda uygulama dozunun değiştiği, damla çapının arttığı ve

püskürtülen sıvının dağılım paterninin bozulduğuna dikkat çekilmiştir. Pülverizatör memelerinin uzun süre kullanımı ve kimyasal ilaçların aşındırma etkisiyle zamanla orifis geometrisinin bozulduğu ve hüzme açısının değiştiği belirtilmiştir. Pülverizatör memelerinde püskürtme paterni kontrollerinin yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Sayıncı ve Bastaban (2008)'nın biyopreparat olarak biyolojik mücadele etmenlerinin incelendiği çalışmada kimyasal mücadelenin olumsuz etkileri en aza indirilerek kimyasal ilaç yerine doğal yollarla üretilen biyoperapatların ilaçlama ekipmanları ile hedef yüzeye uygulandığını belirtmektedirler. Çalışmada kimyasal ilaç yerine kullanılacak bu biyopreparatların hedef yüzeye uygulanmasında kullanılacak ekipmanın ve ortamın bazı özellikler taşıması (ilaçlama sonucu üretilen damla boyutu, ortamın nemi ve sıcaklığı, kullanılacak ekipmanın tasarımı ve rüzgâr hızı) gerektiğine vurgu yapılmıştır.

Sehsah and Kleisinger (2009)'un çalışması incelendiğinde tarımsal ilaçların hedef dışı taşınmasına neden olarak bum yüksekliği, rüzgâr hızı ve püskürtme basıncı gösterilmektedir. Bu çalışmada çapraz rüzgarların ilaç taşınmasındaki etkisini araştırarak, rüzgâr hızının püskürtme modeli üzerindeki etkileri incelenmiştir. Rüzgar hızı için 2.2 kW'lık elektrik motorlu aksel fan ve püskürtme desenini incelemek içinde farklı tipte (IDKN 120-04, AD 110-03, TT 11003 Turbo Jet ve ATR 208 (Albuz)) püskürtme memeleri kullanmıştır. Çalışmada 3 farklı basınçta (3, 4 ve 5 bar) uygulanan sıvı, rüzgar tünelinin sonunda 3 metre genişliğindeki 150 adet toplama silindirinde toplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde IDKN 120-04 numaralı memenin diğerlerine oranla daha az rüzgardan etkilendiği gözlemlenmiştir. Ayrıca bum yüksekliğinin hacimsel dağılım düzgünlüğü üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Sayıncı ve Bastaban (2011) araştırmalarında standart, konik hüzmeli, hava emişli ve çift akışlı hidrolik memeler, döner diskli meme ve yardımcı hava akımlı püskürtme başlığı olmak üzere 6 farklı ilaç uygulama ekipmanı kullanılmış ve damla taşınma etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Araştırma hem beton zemin koşullarında hem de patates yetiştirilen bir tarla alanına yürütülmüştür. Zeminde yürütülen denemelerde hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelerde uygulanan sıvı hacminin %80.0-%99.5 aralığında hedefe taşındığı

saptanmıştır. Bu oranlar, standart yelpaze ve konik hüzmeli memelerde %66-%78 aralığında değişirken, döner diskli memede %44-%51, yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında %63-%64 aralığında belirlenmiştir. Patates bitkisinde yaprak üstüne taşınan damlalar en yüksek hava emişli (%50) ve çift akışlı (%48) hidrolik memelerle sağlanmıştır. Yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında damla taşınma etkinliği (%23), diğer uygulamalara göre daha düşük bulunmuştur. Damlaların yaprak altına taşınma etkinliği en yüksek yardımcı hava akımlı uygulamayla (%14) sağlanmıştır.

Sayınacı vd (2013) tarafından yürütülen bir çalışmada, püskürtülen sıvıya dönme hareketi kazandırarak belirli bir açıda püskürtme yapılmasını sağlayan girdap plakalarının da sıvı dağılım düzgünlüklerini ve debiyi değiştirdikleri saptanmıştır. Çalışmada farklı meme ve girdap plakası kombinasyonlarının uygulama hacminde ve damla büyüklüğünde farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmada 27 farklı girdap-meme kombinasyonu oluşturulurken her bir meme 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 ve 12 bar işletme basınçta debi ölçümüne tabi tutulmuştur. Farklı renkte üretilen plastik girdap plakaları farklı işletme özellikleri göstererek memenin karakteristiğini değiştirmiştir. Farklı girdap plakalarının kullanıldığı sabit debili bir memeden ölçülen debi ortalamalarının da farklılık gösterdiği saptanmıştır. Aynı renk girdap plakaları arasındaki karakteristik farkların ise girdap deliğindeki boyutsal farklılıktan dolayı olduğu anlaşılmaktadır. Memeler damla boyutu yönünden incelendiğinde aynı işletme koşullarında konik hüzmeli memelerin yelpaze hüzmeli memelere göre daha küçük çaplı damlalar ürettiği tespit edilmiştir. Orifis çapı küçük olan memelerde dağılım düzgünlüğünün tam anlamıyla gerçekleşebilmesi için gereken işletme basıncının büyük orifis çaplı memelere oranla daha büyük olduğu saptanmıştır.

Minov *et al.* (2014) gelişmiş bir görüntü işleme tekniği kullanarak yaptığı çalışmada değişik işletme özelliklerine sahip 5 farklı hidrolik memenin (Albuz ATR turuncu ve kırmızı, Teejet XR 11001, XR 11004 ve Al 11004) dağılım düzgünlüğünü 3 cm aralıklı ve %5 eğimi olan bir paternatör kullanarak belirlemiştir. Çalışmada kullanılan 5 farklı memenin püskürtme yüksekliği 15 cm, 30 cm ve 50 cm olarak ayarlanmış ve uygulamalar 4, 6 ve 8 bar basınçta yapılmıştır. Çalışma anında paternatör kanallarından ölçü silindirlerine aktarılan sıvı %90 oranında dolduğunda uygulama sonlandırılmıştır.

Püskürtme genişliği belirlenirken en son dolan tüplerin merkezi arasındaki mesafeler ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre en geniş püskürtme paterninin 50 cm'de gerçekleştiği, en dar püskürtme genişliğinin ise 15 cm'lik bum yüksekliğinden elde edildiği saptanmıştır. Analizler sonucunda bum yüksekliğinin memelerin püskürtme paternini önemli derecede etkilediği saptanmıştır. Ayrıca yerçekiminin etkisiyle püskürtme geometrisinin parabolik olduğu gözlemlenmiştir. Bu ölçümlere ek olarak 5 farklı meme ayrıca 5 cm, 10 cm, 15 cm ve 20 cm bum yüksekliğinden sabit basınçta uygulanmıştır. Uygulama sonunda sonuçlar karşılaştırıldığında en geniş püskürtme genişliği 15 cm bum yüksekliğinde 65 cm olarak standart yelpaze hüzmeli memeden elde edilmiştir. Aynı ölçüm gelişmiş görüntü işleme metoduyla yapıldığında bu genişliğin 63.8 cm olarak ölçüldüğü belirtilmiştir.

Sayınacı ve Kara (2015) tarafından yürütülen araştırmada dört farklı süzgecin (yarıklı süzgeç, çek valfli silindirik süzgeç, yuvarlak ve silindirik) pülverizatör memelerinin bazı işletme karakteristikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Kullanılan memeler süzgeçli ve süzgeçsiz olarak değişik kombinasyonlarla 5 farklı basınçta (1.5, 3.0, 4.0, 6.0 ve 8.0 bar) test edilmiştir. Süzgeç, meme ve basınç kombinasyonları ile debi arasındaki ilişki üssel regresyon eşitliği (P) olarak verilmiştir. Meme debisi ile basınç arasındaki ilişki ise orifis katsayısıyla (k) birlikte verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında çek valfli silindirik süzgecin akış katsayısının diğer süzgeçlere ve süzgeçsiz kullanıma göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Sabit işletme basıncında püskürtülen meme ve süzgeç kombinasyonları birbirinden farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca çek valfli süzgeçlerin memelerde $\pm\%10$ 'luk olan nominal debiden sapma oranı limitini aştığı belirtilmektedir.

Çelen (2016) hava emişli yelpaze hüzmeli memelerle (AIXR110, 015-02-04-05) sabit konumda paternatörde yapılan ölçümlerde en düşük varyasyon katsayısının (%CV) 70 cm püskürtme yüksekliğinde elde edildiğini ve varyasyonun %5.1-%7.9 aralığında değiştiğini saptamıştır. Hüzme açısı 110° olan standart yelpaze hüzmeli memede (XR, 04) en uygun püskürtme mesafesinin 40 cm olduğu bildirmektedir. Hava emişli ve standart yelpaze hüzmeli memelerle farklı ilerleme hızlarında (12.9, 19.3 ve 25.7 km h⁻¹)

yürütülen denemelerde yüzey kaplama oranının değişmediği belirlenmiştir.

Višacki *et al.* (2016) tarafından yürütülen çalışmada meme orifis ölçüsü 120-04 olan standart, hava emişli ve çift akışlı yelpaze hüzmeli memelerin farklı püskürtme yüksekliği (40, 50 ve 60 cm) ve işletme basınçlarında (200, 250, 300, 350, 400 ve 450 kPa) hacimsel dağılım (%CV) düzgünlüğü belirlenmiştir. Tüm denemelerde %CV ortalamalarının %10 sınırının altında olduğu ve en düşük %CV'nin hava emişli yelpaze hüzmeli memeye sağlandığı belirlenmiştir. En yüksek %CV, %8.545-%7.226 aralığında standart memede elde edilmiştir. Püskürtme yüksekliği arttıkça hacimsel dağılımın iyileştiği belirlenirken, hava emişli memede işletme basıncı arttıkça %CV'nin artma eğiliminde olduğu saptanmıştır. Bu nedenle hava emişli memelerde işletme basıncının orta seviyede seçilmesi gerektiği bildirilmiştir.

Sayınacı (2016a; 2016b), meme orifisinin düzgün olmaması durumunda hacimsel dağılım düzgünlüğünün bozulduğunu ve eliptik Fourier analiziyle orifisteki hataların tespit edilebileceğini belirtmektedir. Kapalı kontura sahip bir meme orifisinin şeklinin matematiksel bir modelle tanımlandığı ve elde edilen katsayıların temel bileşenler analizine tabi tutularak bileşen skorlarının oluşturulduğu ve ortaya çıkarılan bu skorların görselleştirilerek orifis geometrisi farklı olan memelerin saptanabileceği belirtilmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Püskürtme ünitesi

Denemelerde 20 adet paslanmaz çelikten üretilmiş orifis çapı 1.0 mm olan içi boş konik hüzmeli meme plakaları kullanılmıştır. Ülkemizde konvansiyonel ilaçlamada standart yelpaze hüzmeli memelerin de kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu araştırmanın kapsamı içinde kullanılan yöntemler uygunluk açısından da değerlendirildiğinden, denemelerde önceki araştırmalarda orifis geometrisinin düzgün olmadığı saptanan içi boş konik hüzmeli memelerin kullanılması tercih edilmiştir. Meme plakasıyla birlikte kullanılan girdap plakeleri, paslanmaz çelikten üretilmiş olup yaygın kullanılan tipte iki adet girdap açıklığına sahiptir. Meme orifisinde tıkanmayı önlemek için 50 mesh ölçüsüne sahip yuvarlak tip meme süzgeci kullanılmıştır. Akış denemelerinde varyasyona neden olmaması için tüm meme plakalarında aynı girdap plaketi ve meme süzgeci kullanılmıştır (Sayıncı vd 2013; Sayıncı 2014; Sayıncı 2015; Sayıncı and Kara 2015; Sayıncı 2016c). Meme plakası, girdap plaketi ve meme süzgecinden oluşan püskürtme donanımlarının tümü üç çıkışlı membranlı meme gövdesine (Arag SRL 40642W7 Model, IT) monte edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Püskürtme donanımları

3.1.2. Mekanik paternatör

Pülverizatör memelerinin akış özelliklerini belirlemek için 120 cm genişliğe sahip 60 kanallı tek noktadan püskürtme yapan mekanik özellikte bir paternatör kullanılmıştır (Şekil 3.2). Krom sactan imal edilmiş olan paternatörün kanalları 20.5 mm aralıklarla konumlandırılmıştır. Paternatörün kanalları 100 cm derinlik ve 80 mm yüksekliğe sahip olup komple mobil (yeri değiştirilebilir) özellikte üretilmiştir. Paternatörün püskürtme yüksekliği 20-90 cm aralığında mekanik olarak ayarlanabilmektedir. Paternatör kanalları ana çatıya %5 eğimle yerleştirilmiş olup pülverizasyon sonrası kanallarda toplanan sıvı, akışkan iletim hattına aktarılmaktadır. Bu hatta kauçuk borular bağlanarak sıvının 25 ml hacimli ölçü tüplerine (polistren) aktarılması sağlanmaktadır. Ölçü tüplerinin içindeki işaret topları, püskürtme paterninin belirlenmesi için gerekli dataları toplamak amacıyla kullanılmaktadır. Her ölçümden sonra tüp standı çatısı iki parça halinde bir kolla açılarak tüplerde biriken sıvının komple dış ortama tahliyesi sağlanmaktadır.



Şekil 3.2. Mekanik paternatör

Mekanik paternatörün akış hattında maksimum 10 bar göstergeli gliserin dolgulı bir manometre (Pakkens® Model, TR) bulunmaktadır. Akış hattı hidrolik boruyla pülverizatör pompasına (TAR30 piston-membranlı, çift pistonlu, 40 kg cm⁻² anma basıncı, 30 lt dk⁻¹ anma debisi, %67 verim, Taral®, TR) bağlanmış olup akışkanın basıncı kademesiz ayarlanabilir bir regülatörle (maksimum 40 bar, 90 lt dk⁻¹, RG-7 Model) ayarlanmaktadır. Regülatörün basınç hattında bulunan maksimum 25 bar göstergeli manometreyle (Pakkens® Model, TR) işletme basıncı kontrol edilmektedir. Püskürtme sıvısı için 200 litrelik polietilen bir depo kullanılmakta olup depo içinde karıştırma işlevi hidrolik olarak gerçekleşmektedir. Kayış-kasnak tertibatlı pülverizatör pompasının mili bir elektrik motoruna (2.2 kW, 1405 dk⁻¹, AGM 100L 4a tip, Gamak, TR) bağlı bulunmaktadır (Şekil 3.3). Pompa milinin devri optik bir takometreyle (Testo 465, KGaA) 500 dk⁻¹ olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.3. Paternatörde hidrolik basınç ve enerji kaynağı

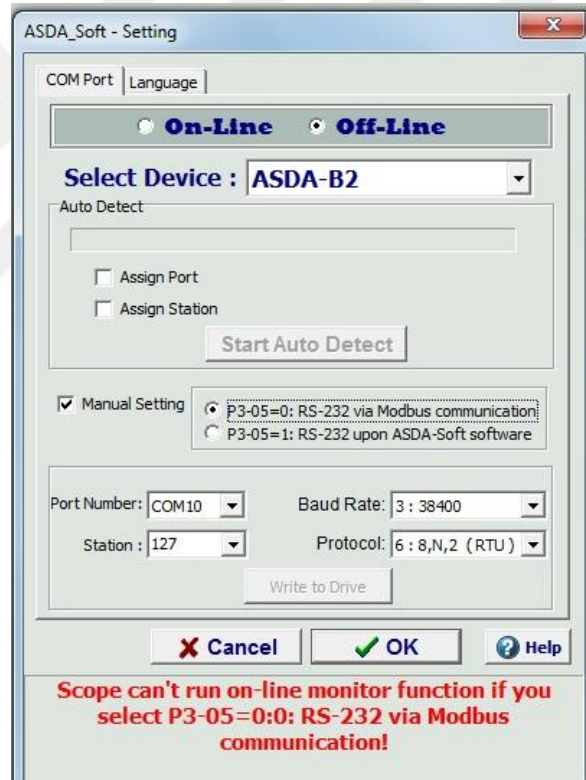
3.1.3. Püskürtme simülatörü

Hareketli konumda pülverizatör memelerinin enine düzlemde püskürtme paternini belirlemek için doğrusal hareketli bir püskürtme simülatörü kullanılmıştır (Şekil 3.4). Genişliği 50 cm ve uzunluğu 12 metre olan ray üzerinde doğrusal hareket eden püskürtme simülatörünün çatısı stabil (hareketsiz) olup, üzerine 90×180 mm ölçülerinde iki adet ağır tip sigma profil bulunmaktadır. Profil kanallarında karşılıklı olarak bulunan 4 adet 20 mm çapındaki indüksiyonlu miller, simülatörün ray aksamını oluşturmaktadır. Ray üzerindeki arabanın hareketi, 8 adet 58 mm çaplı V-kesitli rulmanlı tekerleklerle sağlanmakta ve indüksiyonlu millerin üzerinde doğrusal hareket kazanmaktadır. Arabada güç kaynağı olarak 1000 W'lık servo motor (Delta ASDA-B2, Tayvan, TW) bulunmakta olup hareket iletimi, transmisyon oranı 1/2.5 olan kayış-kasnak mekanizmasıyla sağlanmaktadır. Servo motordan alınan dönme hareketi arabanın tahrik tekeri miline aktarılmaktadır. Tahrik tekerlekleri 125 mm çapında jantlı kauçuk dolgulu hafif sanayi tipi olup, sigma profil üzerinde hareket etmektedir.



Şekil 3.4. Püskürtme simülatörü

Arabanın hareketi ve ilerleme hızı servo motor sürücüsüne bağlı kişisel bir bilgisayardan kontrol edilmektedir. Bu kontrolü sağlamak için “ASDA Soft V5.02.46” yazılımı kullanılmakta olup sürücü ve servo motor arasında Modbus ile haberleşme sağlanmakta ve Şekil 3.5’de gösterilen ayarlar yapılmaktadır. Arabanın ilerleme hızı servo motor milinin devri değiştirilerek ayarlanmaktadır. Motor mili devri 1-5000 dk⁻¹ aralığında değişmekte olup araba hızı (V , km h⁻¹) ve motor devri (n , dk⁻¹) arasında $n = 120.37 \cdot V$ ($R^2 = 1$) doğrusal eşitliği geliştirilmiştir. Bu eşitliğe göre püskürtme simülatörünün ilerleme hızının 0.0083-41.54 km h⁻¹ (0.0023-11.54 m s⁻¹) aralığında değiştiği saptanmıştır.



Şekil 3.5. ASDA yazılımında haberleşme ayarları

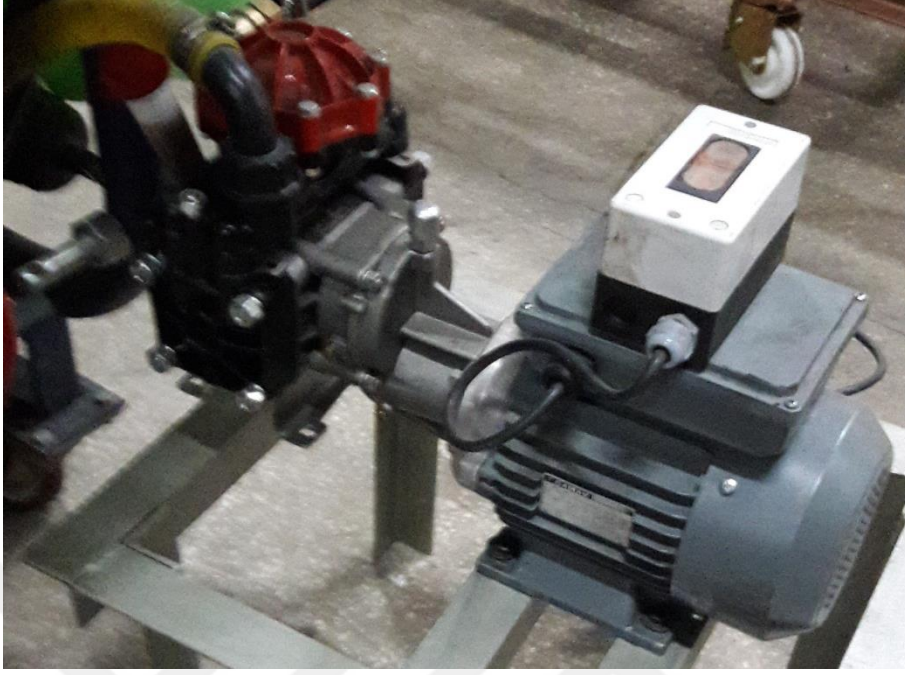
Püskürtme simülatörünün bum kolu 2.2 m uzunluğunda arabanın tek tarafında bulunmakta olup püskürtme yüksekliği ayarlanabilmektedir. Bum kolu üzerinde 50 cm aralıklarla 5 adet membranlı üç çıkışlı meme gövdesi bulunmaktadır. Denemelerde bum kolunun sadece ortada bulunan memenin akış hattı açık bırakılarak tek noktadan püskürtme gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Püskürtme simülatörünün bum kolu

Akışkana hidrolik basınç kazandırmak için 600 litre kapasiteli polietilen depolu bir tarla pülverizatörü (TP600 Piton Taral®, TR) kullanılmıştır. Üzerindeki pompa TAR90 tipi piston-membranlı tip ($0-20 \text{ kg cm}^{-2}$ basınç aralığında maksimum 80 lt dk^{-1} debi, Taral®, TR) olmasına rağmen düşük debi gereksiniminden dolayı TAR30 tip piston-membranlı pompa (çift pistonlu, 40 kg cm^{-2} anma basıncı, 30 lt dk^{-1} anma debisi, %67 verim, Taral®, TR) kullanılmıştır. Pülverizatörün pompa mili redüktörlü bir elektrik motoruyla (MSD 90L2, 2780 dk^{-1} , Gamak, TR) 600 dk^{-1} hızda çalıştırılmıştır (Şekil 3.7.).

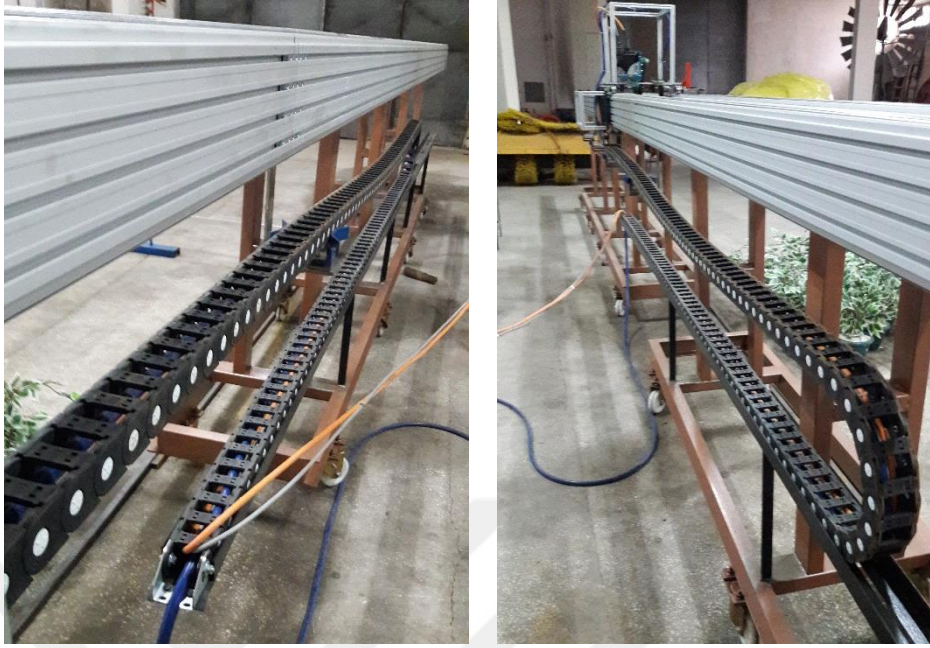
Pülverizatörde püskürtme kolunun akış hattı, 3-yollu elektrovalf kontrol ünitesine (20 bar , 140 lt dk^{-1} , Arag®, Rubiera IT) bağlı bulunmaktadır. Akışkanın işletme basıncı maksimum 25 bar göstergeli otomatik valf kontrollü gliserin dolgulu bir manometre panelinden kontrol edilmektedir (Şekil 3.8). Püskürtme simülatöründe hidrolik hortum, servo motor haberleşme ve enerji hattı kablolarının 12 metre uzunluk boyunca hareket edebilmesi için $35 \times 50 \text{ mm}$ ölçülerinde 150 mm dönme yarıçaplı hareketli kablo taşıyıcısı kullanılmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.7. Pülverizatör pompasının redüktörlü elektrik motoruyla çalıştırılması



Şekil 3.8. Püskürtme simülöründe kullanılan pülverizatör



Şekil 3.9. Püskürtme simülöründe hareketli kablo taşıyıcısı

3.1.4. Debi ölçer

Meme debisi ölçümleri dijital göstergeli sensörlü tip bir debi ölçerle (Sprayer Calibrator, SpotOn®, Model: SC-1, IL, ölçüm hassasiyeti: $\pm\%2.5$; ölçüm aralığı: $0.08-3.79 \text{ lt dk}^{-1}$) yapılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Debi ölçer

3.1.5. Suya duyarlı kart

Pülverizatör memelerinin püskürtme paternini yüzey kaplama oranına göre belirlemek için 26×38 mm ölçülerinde kesilmiş suya duyarlı kart (Novartis, Syngenta Crop Protection, Basel, CH) örnekleri kullanılmıştır (Şekil 3.11.). Kartlar, sarı renkli özel bir kaplama yüzeyine sahip olup püskürtmeyle oluşan damlalar temas ettiğinde belirli bir yayılma oranıyla mavi renge dönüşmektedir. Kart üreticisi Syngenta (2002) firması 20°C sıcaklık ve %40 nispi nem koşullarında kart yüzeyinde oluşan farklı leke çapı (D_s) değerleri için damlanın küre çaplarını (D_g) bildirmiştir. Leke çapı ve damla çapı arasındaki ilişki Franz (1993) tarafından $D_g = 1,033 \cdot D_s^{0,879}$ eşitliğiyle açıklanmıştır.



Şekil 3.11. Suya duyarlı kart

3.1.6. Fotoğraf makinası

Mekanik paternatörün ölçüm tablası üzerinde pülverizasyondan sonra oluşan püskürtme paternini görüntülemek için dijital bir fotoğraf makinası (Panasonic Lumix DMC-FZ50, JP) kullanılmıştır (Şekil 3.12a).

3.1.7. Tarayıcı

Suya duyarlı kart görüntülerini resim dosyası formatında bilgisayara aktarmak için tarayıcı (HP Scanjet 4850, optik çözünürlük: 4800×9600 dpi, Hewlett-Packard Development Company, US) kullanılmıştır (Şekil 3.12b).



Şekil 3.12. (a) Fotoğraf makinası (b) Tarayıcı

3.1.8. Görüntü işleme programları

Mekanik patematörde püskürtme paterniyle ilgili görüntülerin analizi için UTHSCSA Image Tool (version 1.28 CMEIAS Upgrade, The University of Texas Health Science, US) yazılımı kullanılmıştır. Suya duyarlı kart yüzeylerinde damlaların kaplama oranı ve damla yoğunluğu verileri Image-Pro Plus (version 5.1.0.20, Media Cybernetics Inc., US) yazılımıyla belirlenmiştir. Suya duyarlı kartların yüzey alanı ImageJ (version 1.38x, Wayne Rasband, National Institutes of Health, US) yazılımında makro modül oluşturularak hesaplanmıştır.

3.2. Yöntem

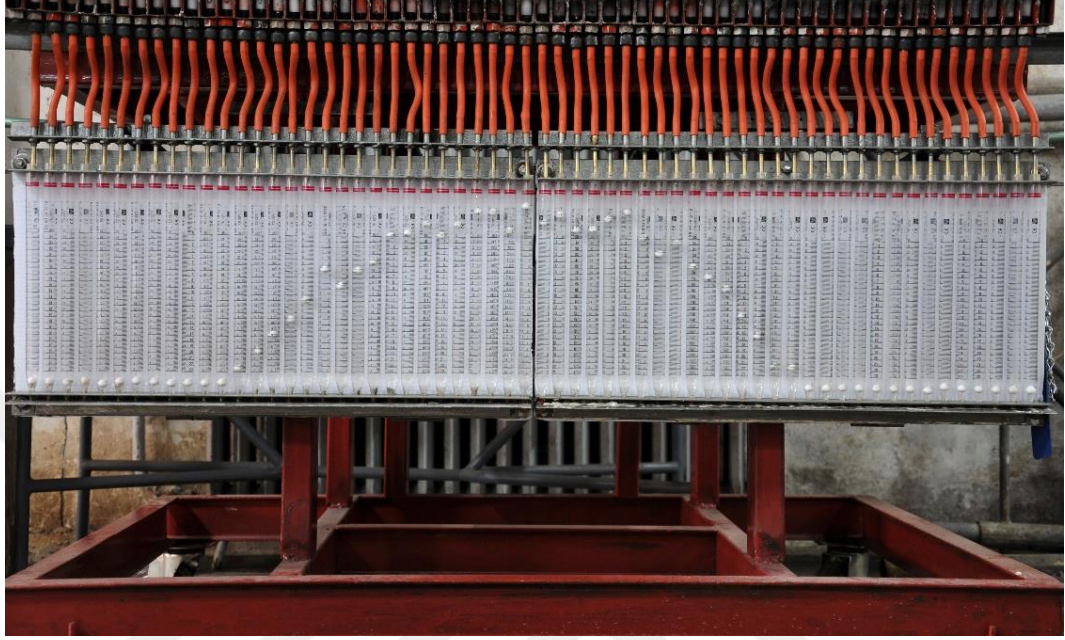
3.2.1. Deneme alanı

Araştırma, rüzgarsız bir ortamda kapalı atölye koşullarında yürütülmüştür. Dijital bir termo-higrometre (TFA 30.5013 Dostmann GmbH & Co.KG, DE) kullanılarak deneme süresince ortam sıcaklığı 11.2 °C (min-mak: 9.2-11.7 °C) ve bağıl nemi %26.0 (min-mak: %25.0-%27.0) olarak belirlenmiştir. Kapalı ortamda yürütülen çalışmalar; paternatör deneylerini, debi ölçümlerini ve doğrusal hareketli simülatörde püskürtme denemelerini kapsamıştır.

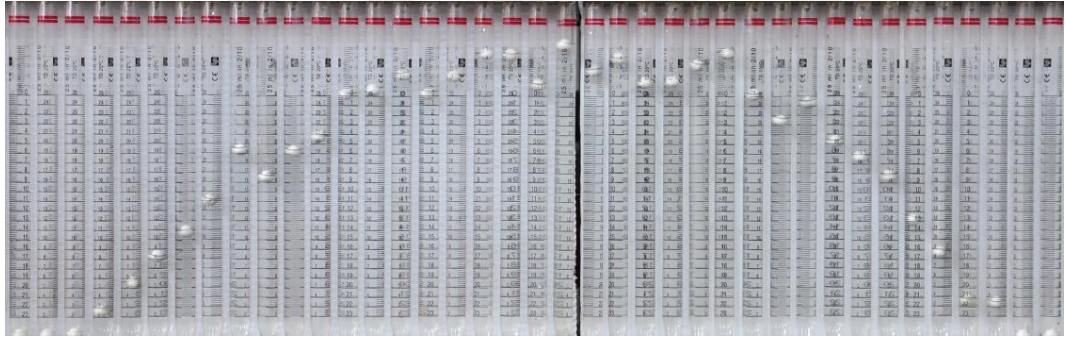
3.2.2. Mekanik paternatörde püskürtme paterninin belirlenmesi

Sabit konumda 20 adet içi boş konik hüzmeli memenin püskürtme paternini belirlemek için 1200×1000×20.5 mm ölçülerine sahip 60 kanallı mekanik bir paternatör kullanılmıştır. Püskürtme yüksekliği 80 cm olarak ayarlanmış ve sabit 4 bar işletme basıncında püskürtme yapılmıştır. Her bir meme için denemeler 3 tekerrürlü yürütülmüştür. Paternatördeki ölçü tüplerinin kapasitesi %90'a ulaştığında püskürtme sonlandırılmış ve tüplerin içinde bulunan işaret topları paterni oluşturmuştur. Bir tripoda sabit konumda yerleştirilen dijital bir fotoğraf makinasıyla (Panasonic Lumix DMC-FZ50, JP) yaklaşık 2.5 metre uzaklıktan püskürtme paterni görüntüleri (*.jpeg) alınmıştır (Şekil 3.13a). Bu görüntüler üzerinden paterni gösteren işaret toplarının düşey düzlemdeki (y) koordinatlarını belirlemek için UTHSCSA Image Tool (version 1.28 CMEIAS Upgrade, The University of Texas Health Science, US) yazılımı kullanılmış ve her bir işaret noktası manuel olarak seçilmiştir. İşaret topları, paternatör kanalında birikerek ölçü silindirine transfer olan sıvının yüksekliğini ya da hacmini göstermektedir. Ölçü silindirlerinin dip noktasını sıfır (0) referansı olarak belirlemek için görüntüler enine paralel olacak şekilde Photoshop CS6 yazılımında kırılarak (crop) yeniden düzenlenmiştir (Şekil 3.13b). Düşey düzlemde piksel olarak kaydedilen y koordinatları (Şekil 3.13c), ölçü silindiri üzerinde bilinen bir mesafeye kalibre edilerek püskürtme paterninin düşey yüksekliğe (cm) göre oluşması sağlanmıştır. Püskürtme paternini

oluşturan tüm koordinatlar 60 kanal için -61.5 ve +61.5 cm aralığında kaydedilmiştir.



(a)



(b)

	Y
Mean	467,76
Std. Dev.	207,00
1	52
2	132
3	192
4	260
5	344
6	468
7	396
8	460
9	496
10	604
11	620
12	648
13	604

(c)

Şekil 3.13. (a) Püskürtme paterni görüntüleri, (b) Püskürtme paterni görüntülerinin alt referans düzlemine göre yeniden düzenlenmesi (c) İşaret toplarının manuel olarak seçilmesi ve y koordinatlarının oluşturulması

3.2.3. Meme debisinin belirlenmesi

Meme debisi ölçümleri, doğrusal hareketli püskürtme simülatöründe her bir meme için 4 bar sabit işletme basıncı koşullarında 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Debi ölçümü için dijital göstergeli bir debi ölçer (Sprayer Calibrator, SpotOn®, Model: SC-1, IL, ölçüm hassasiyeti: $\pm\%2.5$; ölçüm aralığı: 0.08-3.79 lt dk⁻¹) kullanılmıştır.

3.2.4. Doğrusal hareketli püskürtme simülatörünün kalibrasyonu

Debileri (q , lt dk⁻¹) ölçülen içi boş konik hüzmeli memeler doğrusal hareketli bir püskürtme simülatöründe çalıştırılarak her birinin farklı uygulama hacmi değerlerinde püskürtme paterni belirlenmiştir. Paternatör ölçümleriyle aynı işletme koşullarında (örnekleme yüzeyinden itibaren 80 cm püskürtme yüksekliği ve 4 bar işletme basıncı) çalıştırılan memeler 100 lt ha⁻¹, 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹ uygulama hacmi (N , lt dk⁻¹) değerlerinde püskürtme yapmak için kalibre edilmiştir. Bunun için Eşitlik 3.1 kullanılarak her bir memede farklı uygulama hacmi değişkenlerine karşılık ilerleme hızı (V , km h⁻¹) hesaplanmıştır. Hesaplama memeler arası mesafe (B , m) standart aralık olan 50 cm alınmıştır. Püskürtme simülatöründe istenen ilerleme hızının (V , km h⁻¹) elde edilebilmesi için doğrusal hareketli mekanizmada kullanılan servo motorun mil devri (n , dk⁻¹) Eşitlik 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm hesaplamalar için MS Excel'de bir modül hazırlanmış ve gereken ayarların deneme sırasında anlık olarak yapılması sağlanmıştır.

$$V = \frac{q \cdot 600}{B \cdot N} \quad (3.1)$$

$$n = 120.37 \cdot V \quad (3.2)$$

3.2.5. Doğrusal hareketli püskürtme simülatöründe örnekleme

Pülverizatör memelerinin hareketli konumda püskürtme paternini belirlemek için örnekleme yüzeyi olarak 26×38 mm ölçülerinde 40 adet suya duyarlı kart kullanılmıştır.

Bu aşamadaki tüm denemeler her bir meme için üç tekerrürlü yürütülmüştür. Alüminyum L köşebent üzerinde her bir suya duyarlı kart, enine düzlemde yan yana yerleştirilerek (boşluk bırakmadan) bir klipsle sabitlenmiş ve her bir tekerrürde tek sıralı bir şerit hazırlanmıştır. Her bir örnekleme şeridi püskürtme alanının ortasında 20 cm yüksekliğinde hazırlanan sabitleme çubuklarına yerleştirilmiştir. İlerleme hızı simülatörle haberleşen kişisel bir bilgisayardan ayarlanarak püskürtme uygulaması yapılmıştır. Suya duyarlı kart örnekleri püskürtmeden kısa bir süre sonra toplanmıştır.

Püskürtme simülatöründe yürütülen denemeler, 20 adet içi boş konik hüzmeli memelerle 3 farklı uygulama hacminde 3 tekerrürlü yapılmış ve her tekerrürde 40 adet kart örneği kullanılmıştır. Deneme sonunda toplam 7200 adet kart örneği toplanmıştır. Konularına göre kategorize edilen kartlar fotoğraf kılıflarına (6×8 cm) konularak (her birinde 40 adet) muhafaza edilmiştir.

3.2.6. Suya duyarlı kartlarda görüntü işleme operasyonu

Suya duyarlı kart yüzeylerinde leke görüntülerinin analizi için yürütülen işlem basamakları:

- Kart örnekleri bir tarayıcıyla (HP Scanjet 4850, US) 600 dpi çözünürlükte gri tonlamalı ve *.jpeg formatında taranmış ve kişisel bir bilgisayara aktarılmıştır.
- Adobe Photoshop CS6 yazılımı kullanılarak her bir kart, görüntü sınırları referans alınarak kırılmıştır.
- Görüntü dosyaları meme numarası, uygulama hacmi ve tekerrüre göre farklı klasörlere yerleştirilmiştir. Her tekerrürde bulunan 40 adet görüntü dosyasının adı sırasıyla 1-40 numara aralığında isimlendirilerek kaydedilmiştir.
- Kart görüntülerinin örnekleme alanı (cm²) ImageJ (version 1.38x, Wayne Rasband, National Institutes of Health, US) yazılımıyla belirlenmiştir. Görüntü alanı hesaplama otomasyonu için yazılımın makro modülü kullanılmıştır.
- Gri tonlamalı görüntüleri siyah-beyaz (binary image, ikili görüntü) görüntüye dönüştürmek için 0-255 aralığında uygulanacak eşik değeri (t , threshold),

Sanchez-Hermosilla and Medina (2004) tarafından belirlenen doğrusal eşitliğe (Eşitlik 3.3) göre belirlenmiştir. Görüntülerin ortalama gri düzeyi (g , mean gray level) Image-Pro Plus (version 5.1.0.20, Media Cybernetics Inc., US) yazılımında hazırlanan makro modülle belirlenmiştir. Modülde gri düzeyini belirlemeden önce her bir görüntüye filtre uygulanmış ve kart yüzeyindeki leke görüntülerinin ayrıştırılması sağlanmıştır. Filtre uygulaması için yazılımın “enhancement-sharpen” modülü kullanılmış ve maske matrisinin boyutu 3×3 olarak ayarlanmıştır.

$$t = 0.38g + 78.75 (R^2 = 0.91) \quad (3.3)$$

- Kart görüntülerinin her birine ayrı eşikleme yapılarak siyah-beyaz (monochrome) görüntüye dönüştürülmüş ve Image-Pro Plus (version 5.1.0.20, Media Cybernetics Inc., US) yazılımında hazırlanan makro modülle lekelerin yüzeyi kaplama oranı (%) ve leke sayısı (adet) belirlenmiştir.

3.2.7. Püskürtme paterni değişkenlerinin belirlenmesi

3.2.7.a. Püskürtme genişliği

Püskürtme genişliği, belirli bir uygulama yüksekliği ve meme püskürtme açısında hedef yüzeyde ölçülen ıslatma veya kaplama genişliği olup Eşitlik 3.4 kullanılarak hesaplanmıştır. Sabit konumda yapılan paternatör ölçümlerinde püskürtme genişliği, kanallar arası mesafe (2.05 cm) ile paterni oluşturan ölçü kaplarının sayısı çarpılarak bulunmuştur. Püskürtme simülatörüyle hareketli konumda yapılan ölçümlerde püskürtme genişliği örnekleme yüzeyleri arasındaki mesafe (2.6 cm) ile kart örnekleri arasındaki mesafenin çarpımına eşit kabul edilmiştir. Paternatör ve püskürtme simülatörü ölçümlerinin ortalamasından %20 küçük olan veriler uç değer olarak kabul edilmiş ve analize dahil edilmemiştir.

$$b = m \cdot n \quad (3.4)$$

- b : püskürtme genişliği (cm)
 m : kanallar arası mesafe (2.05 cm) veya kartlar arası mesafe (2.6 cm)
 n : kanal sayısı veya kart sayısı

3.2.7.b. Hüzme açısı

Belirli bir püskürtme yüksekliğinde (80 cm) hedef yüzeyde ölçülen püskürtme genişliğine göre Eşitlik 3.5 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\alpha = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b}{2 \cdot h} \right) \quad (3.5)$$

- α : hüzme açısı (°)
 b : püskürtme genişliği (cm)
 h : püskürtme yüksekliği (cm)

3.2.7.c. Püskürtme paterninin varyasyon katsayısı

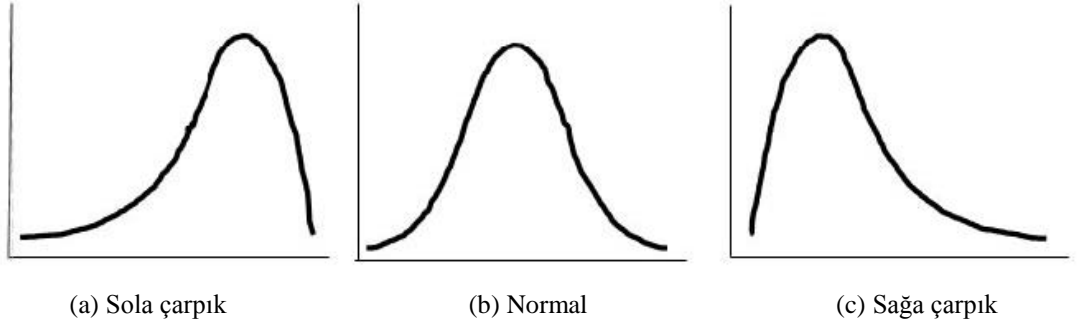
Püskürtme paternini oluşturan datalardaki standart sapmanın ortalamadan ayrılışının bir ölçüsünü ifade eden varyasyon katsayısı Eşitlik 3.6 kullanılarak hesaplanmıştır. Teorikte püskürtme genişliği boyunca eşit dağılım gösteren bir püskürtme paterninin varyasyon katsayısı %0 olup, şekilsel olarak dikdörtgen biçiminde olması gerekmektedir. Püskürtme paterninin şekil olarak değişmesi ya da püskürtme genişliği boyunca düzgün olmayan bir püskürtmenin gerçekleşmesi, varyasyon katsayısının artmasına neden olmaktadır.

$$CV = \frac{SS}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (3.6)$$

- CV : varyasyon katsayısı (%)
 SS : standart sapma
 x : ortalama

3.2.7.d. Püskürtme paterninin çarpıklığı

Normal dağılım gösteren bir püskürtme paterni çan eğrisi görünümünde oluşmaktadır (Şekil 3.14b). Bu durumda paterni oluşturan dataların mod, medyan ve ortalama değerleri birbirine eşit olup simetrik bir dağılım göstermekte ve çarpıklık katsayısı sıfıra (0) eşit olmaktadır. Çarpıklık katsayısının büyüklüğü püskürtme paterninin normalden uzaklaştığını ve sağa ya da sola yığılmalı simetrik olmayan bir dağılıma işaret etmektedir. Sola çarpık dağılımda çarpıklık katsayısı negatif (-) olup ortalama medyandan daha küçük olmaktadır (Şekil 3.14a). Tersisi durumda yani, ortalama medyandan büyük olduğunda sağa çarpık bir dağılım oluşmakta ve çarpıklık katsayısı pozitif (+) değer almaktadır (Şekil 3.14c). Bu çalışmada çarpıklık katsayısı her bir tekerrürde “çarpıklık” fonksiyonu kullanılarak MS Excel’de belirlenmiştir.



Şekil 3.14. Çarpıklık değişimi

3.2.7.e. Püskürtme paterninin basıklığı

Basıklık, normal dağılım eğrisinin dikliği ya da basıklığı hakkında bilgi vermektedir. Normal dağılımda çan eğrisi biçimindeki püskürtme paterninin basıklık katsayısı sıfır (0) değerini almaktadır. Basıklık katsayısı pozitif (+) olduğunda püskürtme paterni normalden daha dik; negatif (-) olduğunda daha basık olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada basıklık katsayısı her bir tekerrürde “basıklık” fonksiyonu kullanılarak MS Excel’de belirlenmiştir.

3.2.7.f. Sabit meme aralığında hacimsel dağılım düzgünlüğü

Pülverizatör memeleri bum kolu üzerinde yaygın olarak 50 cm aralıklarla monte edilmektedir. Bu çalışmada MS Excel’de makro modül hazırlanarak her bir memeden elde edilen püskürtme paterni dataları yan yana 50 cm aralıklarla bindirmeli olarak yerleştirilmiş ve enine düzlemde hacimsel dağılım düzgünlüğü Eşitlik 3.6 kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.7.g. Yüzey kaplama oranı

Leke analizi Image-Pro Plus (version 5.1.0.20, Media Cybernetics Inc., US) yazılımında yapılmış ve tüm veriler programın data transfer modülüyle MS Excel’e aktarılmıştır. Yazılımda suya duyarlı kart yüzeyinde lekelerin toplam kaplama alanı (A_s), örnekleme yüzeyi alanına (A_{WSP}) oranlanmış ve tüm lekelerin toplamda kapladığı oran yüzey kaplama oranı (YKO , %) olarak kaydedilmiştir.

$$YKO = (A_s / A_{WSP}) \cdot 100 \quad (3.7)$$

3.2.7.h. Damla yoğunluğu

Suya duyarlı kart yüzeyinde Image-Pro Plus (version 5.1.0.20, Media Cybernetics Inc., US) yazılımıyla tespit edilen toplam leke sayısı (adet), örnekleme yüzeyinin toplam alanına (cm^2) oranlanarak damla yoğunluğu (adet cm^{-2}) hesaplanmıştır.

3.2.7.i. Birim alana ulaşan damla hacmi (damla birikimi)

Suya duyarlı kart yüzeyinde her bir lekenin ortalama çapı (D_s) Image-Pro Plus (version 5.1.0.20, Media Cybernetics Inc., US) yazılımıyla belirlenmiş ve Eşitlik 3.7 (Franz 1993) kullanılarak gerçek damla çapına (D_g) dönüştürülmüştür. Küre şeklindeki her bir damlanın hacmi Eşitlik 3.8 kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm damla hacimleri toplanarak

örnekleme yüzeyine ulaşan toplam sıvı hacmi (μl) tahminlenmiş ve örnekleme alanına (cm^2) oranlanarak birim alana ulaşan sıvı hacmi ($\mu\text{l cm}^{-2}$) hesaplanmıştır. Bu çalışmada birim alana ulaşan sıvı hacmi “damla birikimi” olarak adlandırılmıştır.

$$D_g = 1,033 \cdot D_s^{0,879} \quad (3.8)$$

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (3.9)$$

D_g : damla küresel çapı

D_s : leke çapı

V : damla hacmi

r : damlanın küresel yarıçapı

3.2.8. İstatistik analiz

Paternatör testlerinde her bir meme plakasının püskürtme paterni grafik halinde gösterilmiş ve değişkenler çizelge halinde verilmiştir. Meme plakaları arasındaki farklılığın önem testi için çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) kullanılmıştır. Püskürtme paternine ait bağımsız değişkenlere Diskriminant analizi (Ayrırma analizi) uygulanarak meme plakalarını tanımlayan değişkenler belirlenmiştir. Grup ortalamalarının diskriminant skorları belirlenerek saçılım grafiğinde gösterilmiş ve ortalamadan farklı olan memeler tespit edilmiştir. Suyu duyarlı kart analizlerinde görüntü işleme özelliklerine ilişkin bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında regresyon analizi yapılmıştır. Doğrusal hareketli simülatörde yürütülen denemelerde uygulama hacminin püskürtme paternine etkisi tekrarlı ölçüm düzeninde varyans analiziyle (Repeated measures GLM) belirlenmiş ve önemli bulunan ortalamalar arasındaki fark Bonferroni testiyle belirlenmiştir (Çokluk vd 2016; Karagöz 2016). İstatistik analizler SPSS 20.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Pülverizatör Memelerinin İşletme Parametreleri

Araştırmada 1-20 aralığında numaralandırılmış içi boş konik hüzmeli memelerin işletme parametreleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Meme debisi ortalaması 0.81 lt dk^{-1} olup $0.66-1.09 \text{ lt dk}^{-1}$ aralığında değişmiştir. Denemelerde 100 lt ha^{-1} , 150 lt ha^{-1} ve 200 lt ha^{-1} uygulama hacimlerinde püskürtme yapmak için simülatörün ortalama ilerleme hızı sırasıyla 9.7 km h^{-1} (2.69 m s^{-1}), 6.5 km h^{-1} (1.80 m s^{-1}) ve 4.9 km h^{-1} (1.36 m s^{-1}) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. İçi boş konik hüzmeli memelerin işletme parametreleri

Meme No.	Meme debisi (lt dk^{-1})	Simülatör ilerleme hızı (km h^{-1})		
	Ort. \pm SS	100 lt ha^{-1}	150 lt ha^{-1}	200 lt ha^{-1}
01	$0.85\pm 0.01^*$	10.2	6.8	5.1
02	0.69 ± 0.01	8.2	5.5	4.1
03	0.80 ± 0.01	9.6	6.4	4.8
04	0.79 ± 0.01	9.5	6.3	4.7
05	0.66 ± 0.00	7.9	5.3	4.0
06	0.81 ± 0.01	9.7	6.5	4.8
07	0.76 ± 0.01	9.2	6.1	4.6
08	0.92 ± 0.01	11.0	7.3	5.5
09	0.84 ± 0.01	10.1	6.7	5.1
10	1.09 ± 0.01	13.1	8.7	6.5
11	0.81 ± 0.01	9.7	6.5	4.9
12	0.79 ± 0.00	9.5	6.3	4.7
13	0.76 ± 0.01	9.1	6.1	4.6
14	0.81 ± 0.01	9.7	6.5	4.9
15	0.78 ± 0.01	9.4	6.3	4.7
16	0.80 ± 0.01	9.6	6.4	4.8
17	0.79 ± 0.01	9.5	6.3	4.7
18	0.79 ± 0.00	9.5	6.3	4.7
19	0.78 ± 0.01	9.3	6.2	4.7
20	0.90 ± 0.01	10.8	7.2	5.4
Ort \pm SS	$0.81\pm 0.09^{**}$	9.7 ± 1.1	6.5 ± 0.7	4.9 ± 0.5
Min-mak	(0.66-1.10)	(7.9-13.1)	(5.3-8.7)	(4.0-6.5)

* : debi ölçümleri her bir memede üç tekrarlı yapılmıştır.

** : çalışmada kullanılan 20 memenin ortalama debi ve standart sapması

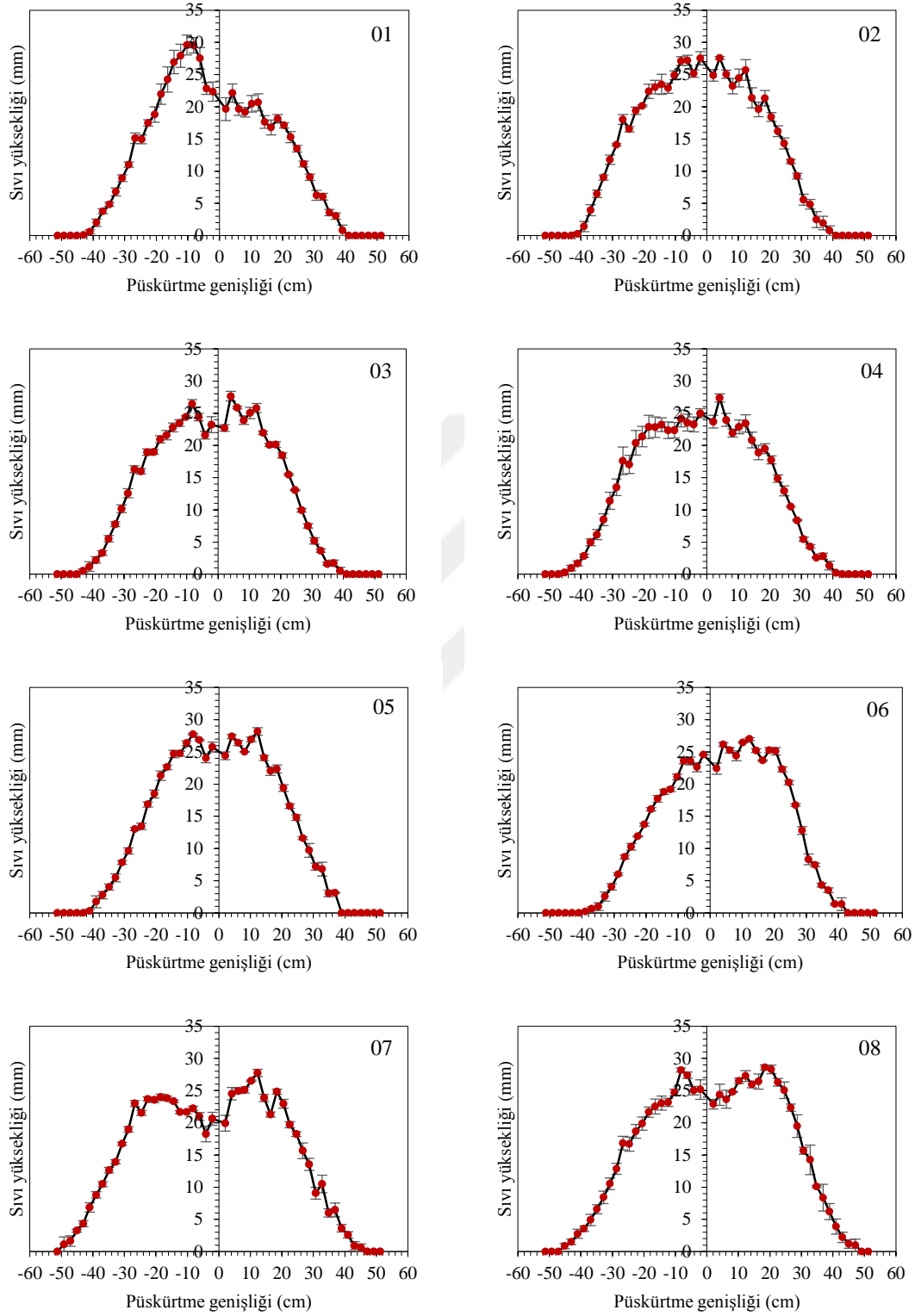
Türk Standardı TS 4280 (1991)'e göre pülverizatör memelerinin önceden belirtilen debi değerinden $\pm\%5$ sapma göstermemesi gerektiği belirtilmektedir. ASAE Standardında (ASAE Standards 2001) ise sabit basınçta ortalama debiden $\pm\%10$ 'dan fazla sapma gösteren memelerin değiştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Her iki sapma sınırının dışında kalan meme numaraları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Ancak kalibrasyonda daha çok $\pm\%10$ sapma sınırı aralığının referans alındığı görülmektedir (Ergül ve Dursun 2003a; Tharp 2016).

Çizelge 4.2. Ortalama debiden $\pm\%5$ ve $\pm\%10$ sapma gösteren meme plakaları

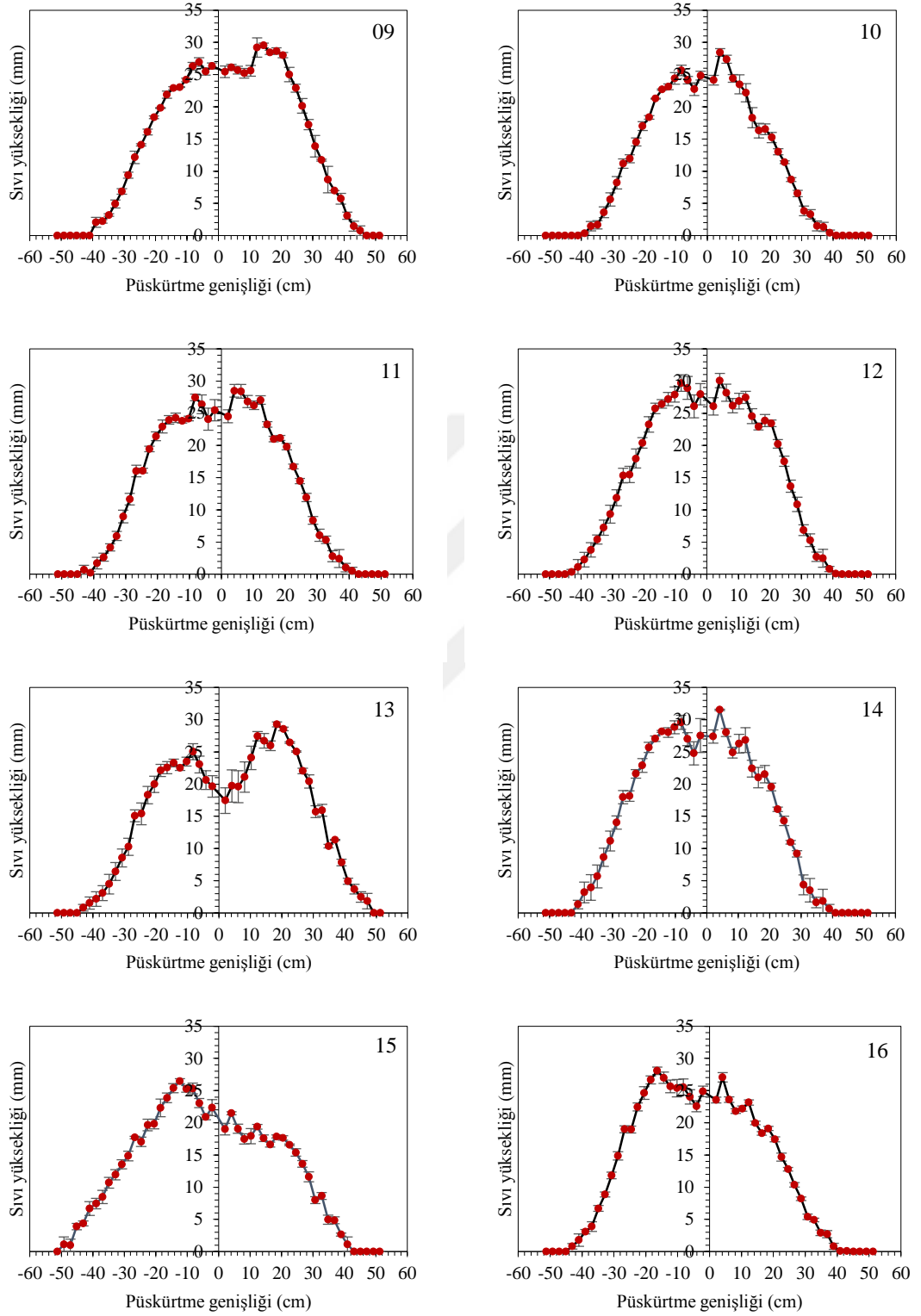
Sapma sınırı	Meme numarası																			
	$\pm\%5$	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$\pm\%10$	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

4.2. Mekanik Paternatörde Püskürtme Paterni Değişkenleri

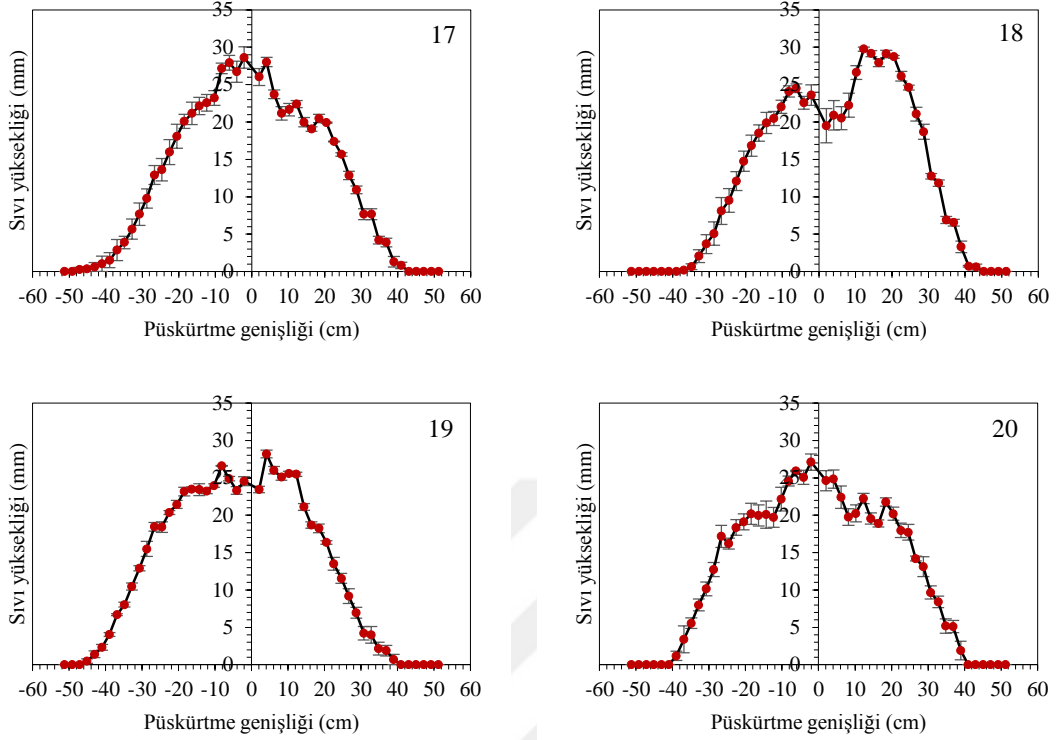
İçi boş konik hüzmeli memelerin sabit (durağan) konumda paternatörde belirlenen püskürtme paterni değişimleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Şekilsel olarak değerlendirme yapıldığında 4 bar işletme basıncı ve 80 cm püskürtme yüksekliği mesafesinde içi boş konik hüzmeli memelerin püskürtme paterni üçgen formda oluşmuştur. Çalışmada kullanılan konik hüzmeli memeler içi boş olarak tanımlanmış olmasına karşın sadece 07, 13 ve 18 numaralı memelerde çift tepeli çanak görünümlü içi boş koni geometrisine yakın bir formun oluştuğu dikkat çekmektedir.



Şekil 4.1. (devam)



Şekil 4.1. (devam)



Şekil 4.1. Paternatörde belirlenen püskürtme paterninin meme plakalarına göre değişimleri

Sabit konumda her bir meme plakasının püskürtme paternine ait değişkenler Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Sabit 4 bar işletme basıncında ve 80 cm yükseklikten yapılan püskürtmede ortalama püskürtme genişliği 80.1 cm ve hüzmeye açısı 53.1° olarak belirlenmiştir. Püskürtme paterninin varyasyon katsayısı (CV) ortalama %52.0 olup, 50 cm aralıklarla yan yana yerleştirmede hacimsel dağılımın CV 'si ortalama %11.2 olarak tahminlenmiştir. Püskürtme paterninin çarpıklık katsayısı incelendiğinde dağılımın sağa çarpık eğilimde olduğu saptanmıştır. Negatif değer alan basıklık katsayısına göre paternin normal dağılıma göre daha basık görünümde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Paternatörde belirlenen püskürtme paterni değişkenleri

Meme No.	Püskürtme genişliği (cm)	Hüzme açısı (°)	Pattern CV (%)	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı	CV@50 cm (%)	Debi (lt dk ⁻¹)
01	78.6±1.2	52.3±0.7	53.7±4.0	0.451±0.075	-1.277±0.118	13.7±0.7	0.85±0.01
02	75.2±5.2	50.3±3.0	46.3±4.5	0.295±0.046	-1.634±0.056	8.2±0.8	0.69±0.01
03	79.3±3.1	52.7±1.8	54.9±2.9	0.342±0.030	-1.614±0.024	7.0±1.2	0.80±0.01
04	82.7±3.1	54.6±1.8	55.7±2.7	0.279±0.054	-1.675±0.089	6.9±1.9	0.79±0.01
05	75.9±2.1	50.7±1.2	51.5±2.6	0.394±0.010	-1.567±0.036	5.8±0.7	0.66±0.00
06	76.5±4.3	51.1±2.5	55.6±5.1	0.424±0.014	-1.568±0.022	10.4±0.9	0.81±0.01
07	90.2±4.1	58.8±2.2	47.9±2.1	-0.025±0.074	-1.695±0.009	21.2±0.5	0.76±0.01
08	89.5±3.1	58.4±1.7	53.3±2.2	0.086±0.103	-1.715±0.049	16.3±0.4	0.92±0.01
09	82.0±2.1	54.3±1.2	52.2±1.7	0.248±0.028	-1.668±0.034	10.0±0.6	0.84±0.01
10	73.8±5.4	49.5±3.2	57.2±4.1	0.563±0.048	-1.330±0.036	14.7±3.3	1.09±0.01
11	77.2±4.7	51.5±2.8	53.4±7.1	0.356±0.033	-1.619±0.029	6.2±0.7	0.81±0.01
12	78.6±2.4	52.3±1.4	52.6±3.6	0.337±0.044	-1.640±0.016	6.3±1.4	0.79±0.00
13	86.1±5.4	56.5±3.0	51.3±0.9	0.126±0.126	-1.620±0.105	21.9±3.0	0.76±0.01
14	75.2±5.2	50.3±3.0	47.5±5.2	0.366±0.059	-1.570±0.009	8.0±2.7	0.81±0.01
15	88.2±3.6	57.7±2.0	45.3±2.0	0.108±0.049	-1.508±0.008	13.8±0.7	0.78±0.01
16	80.0±3.6	53.1±2.0	55.0±5.1	0.317±0.043	-1.615±0.028	10.3±2.2	0.80±0.01
17	80.6±4.3	53.5±2.4	55.3±4.4	0.389±0.053	-1.460±0.009	8.8±1.6	0.79±0.01
18	76.5±2.4	51.1±1.4	55.1±3.9	0.406±0.127	-1.489±0.189	14.2±2.9	0.79±0.00
19	80.6±2.4	53.5±1.4	55.5±2.4	0.302±0.062	-1.633±0.052	6.5±1.4	0.78±0.01
20	75.9±3.6	50.7±2.1	40.8±7.3	0.200±0.081	-1.616±0.140	14.4±1.8	0.90±0.01
Ort±SS	80.1±4.9	53.1±2.8	52.0±4.3	0.298±0.141	-1.576±0.100	11.2±4.9	0.81±0.09
min-mak	73.8-90.2	49.5-58.8	40.8-57.2	(-0.025)-(0.563)	(-1.715)-(-1.277)	5.8-21.9	0.70-1.10

Püskürtme paternine ait çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiş ve istatistiklere göre meme plakaları arasında çok önemli ($p<0.01$) farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Paternatörde yürütülen testlerde püskürtme paterni değişkenlerine göre meme plakaları arasındaki varyasyonun önem testi (MANOVA)

Etki	İstatistikler	Değer	Hipotez SD	Hata SD	F	p
Meme plakaları	Wilks' Lambda	1×10^{-6}	133.00	235.2	11.757	0.000**
	Pillai's Trace	4.478	133.00	280.0	3.737	0.000**

** : çok önemli ($p<0.01$)

Paternatörde yapılan denemelerde püskürtme paterni açısından meme plakaları arasında benzerliği ya da farklılığı ortaya koymak için yapılan diskriminant analizi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Denemelerde meme plakalarıyla ilgili debi, paternin *CV*’si, paternin çarpıklığı, paternin basıklığı, 50 cm meme aralığında hacimsel dağılımın *CV*’si, hüzme açısı ve püskürtme genişliği olmak üzere yedi farklı bağımsız değişken elde edilmiştir. Diskriminant analizinde püskürtme genişliği ve hüzme açısı değişkenleri yüksek korelasyona sahip olduklarından analize dahil edilmemiştir. Adımsal (stepwise) ayırma metodu kullanılarak yapılan diskriminant analizinde, hüzme açısı değişkeni meme gruplarını ayırmada etkili bulunmamış ve ayırma fonksiyonlarını oluşturmada bağımsız değişken olarak yer almamıştır. Paternatörde yapılan test sonuçlarına göre numaralarla kodlanmış meme grupları 5 fonksiyonla birbirlerinden ayırt edilebilmektedir. En büyük özdeğer istatistiğine sahip olan birinci fonksiyonla açıklanabilen varyans %83.8 düzeyindedir. İkinci ve üçüncü fonksiyonlar varyansın sırasıyla %13.0 ve %2.2’ini açıklayabilmektedir. Buna göre ilk üç fonksiyon tarafından açıklanabilen toplam varyans %98.9 düzeyinde olup ayırma testi için oldukça güçlü bir etkiye sahiptir. İlk üç fonksiyonun kanonik korelasyon katsayıları incelendiğinde birinci, ikinci ve üçüncü fonksiyonların etki dereceleri sırasıyla 0.996 (0.998²), 0.972 (0.986²) ve 0.850 (0.922²) olarak bulunmuştur.

Fonksiyonların önem testi incelendiğinde Wilks’ Lambda istatistiklerine göre ilk dört fonksiyonun meme gruplarını ayırmada etkili olduğu, ancak beşinci fonksiyonun önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyon katsayılarına göre en büyük yüke sahip değişkenler birinci fonksiyonda “debi”; ikinci fonksiyonda “çarpıklık”, “basıklık” ve “*CV@50 cm*” değişkenleri oluşturmaktadır. Üçüncü fonksiyonda ise debi dışındaki tüm değişkenlerde diskriminant yükünün manidar düzeyde olduğu dikkat çekmektedir. Kanonik ayırma fonksiyon katsayıları, bağımsız değişkenlerin her bir fonksiyondaki doğrusal kombinasyonlarıdır. Fonksiyonlar, meme gruplarının diskriminant skorlarını (D_s) belirlemede kullanılmakta olup katsayılarla belirlenen ilk üç fonksiyon altta verilmiştir. Ayırma fonksiyonlarını oluşturan değişkenlerin ilk üç fonksiyonda en büyük

yüke sahip olmalarından dolayı dördüncü fonksiyon değerlendirmeye alınmamıştır.

$$1. \text{ fonksiyon: } D_s = -97.116 + (141.429 \cdot Q) + (7.725 \cdot B) - (5.769 \cdot \text{Ç}) - (0.099 \cdot CV_{50cm}) - (0.05 \cdot CV_p)$$

$$2. \text{ fonksiyon: } D_s = 20.354 - (7.571 \cdot Q) + (10.326 \cdot B) - (21.718 \cdot \text{Ç}) + (0.602 \cdot CV_{50cm}) + (0.034 \cdot CV_p)$$

$$3. \text{ fonksiyon: } D_s = -57.795 + (0.023 \cdot Q) - (23.374 \cdot B) + (12.449 \cdot \text{Ç}) + (0.331 \cdot CV_{50cm}) + (0.26 \cdot CV_p)$$

Çizelge 4.5. Paternatör testlerine göre diskriminant analizi sonuçları

Özdeğer istatistikleri	Fonksiyonlar				
	1	2	3	4	5
Özdeğerler	219.833	34.003	5.707	2.312	0.608
Açıklanan varyans (%)	83.8	13.0	2.2	0.9	0.2
Kümülatif varyans (%)	83.8	96.7	98.9	99.8	100.0
Kanonik korelasyon	0.998	0.986	0.922	0.835	0.615
İstatistikler	Fonksiyonların önem testi				
	1	2	3	4	5
Wilks' Lambda	0.000	0.001	0.028	0.188	0.622
SD (Serbestlik derecesi)	95	72	51	32	15
p (sigma)	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.105 ^{ns}
Değişkenler	Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyon yükleri				
	1	2	3	4	5
Patern CV'si	-0.202	0.138	1.051	0.416	0.644
Çarpıklık	-0.380	-1.429	0.819	0.494	-0.641
Basıklık	0.555	0.742	-1.679	0.191	0.511
CV@50 cm	-0.170	1.034	0.569	0.419	-0.267
Debi	1.049	-0.056	0.000	-0.067	0.008
Değişkenler	Kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları				
	1	2	3	4	5
Patern CV'si (CV _p)	-0.050	0.034	0.260	0.103	0.159
Çarpıklık (Ç)	-5.769	-21.718	12.449	7.504	-9.741
Basıklık (B)	7.725	10.326	-23.374	2.657	7.115
CV@50 cm (CV _{50cm})	-0.099	0.602	0.331	0.244	-0.155
Sabit (C)	141.429	-7.571	0.023	-9.033	1.083
	-97.116	20.354	-57.795	1.185	6.697

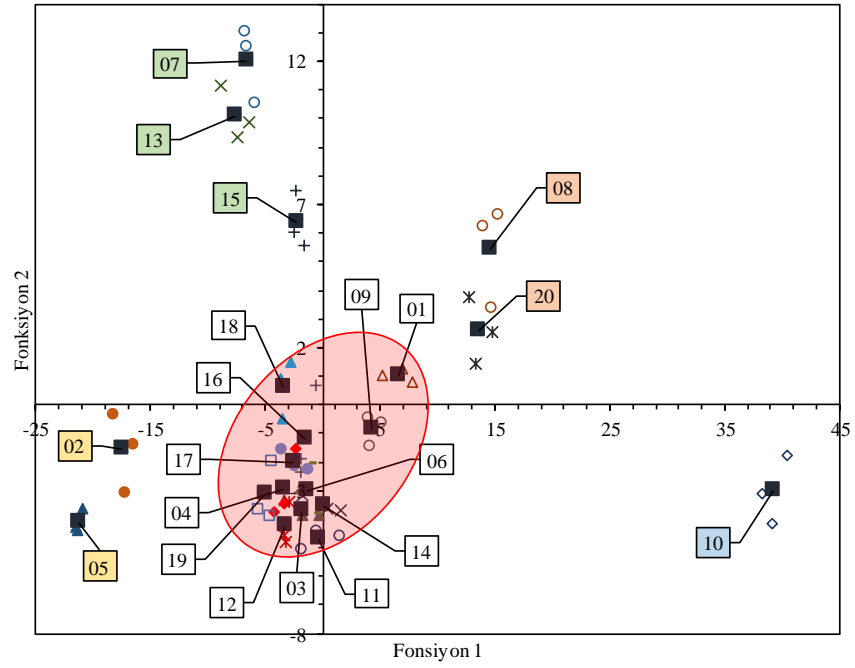
** : çok önemli (p<0.01); ^{ns} : önemsiz

Diskriminant skorlarının dağılımı ve buna bağlı meme plakası grup sendroitlerinin fonksiyon eksenlerindeki dağılımları Şekil 4.2a ve Şekil 4.2b'de gösterilmiştir. Her iki grafikte elips içinde gösterilen meme plakaları, bağımsız değişkenler açısından birbirlerine yakın özellikler taşımaktadır.

Fonksiyon 1 eksenini (yatay), debi değişkeni açısından farklı olan meme gruplarını göstermektedir. Yatay eksen üzerinde merkeze göre daha uzak koordinatlara yerleşen 02, 05, 08, 10 ve 20 numaralı meme plakalarının ortalamadan büyük ölçüde sapma gösterdikleri görülmektedir. Pozitif diskriminant yüküne sahip debi değişkeninde 02 ve 05 numaralı meme plakalarının ortalama debiden daha düşük olduğu, 08, 10 ve 20 numaralı meme gruplarının ortalamadan daha yüksek debiye sahip oldukları anlaşılmaktadır.

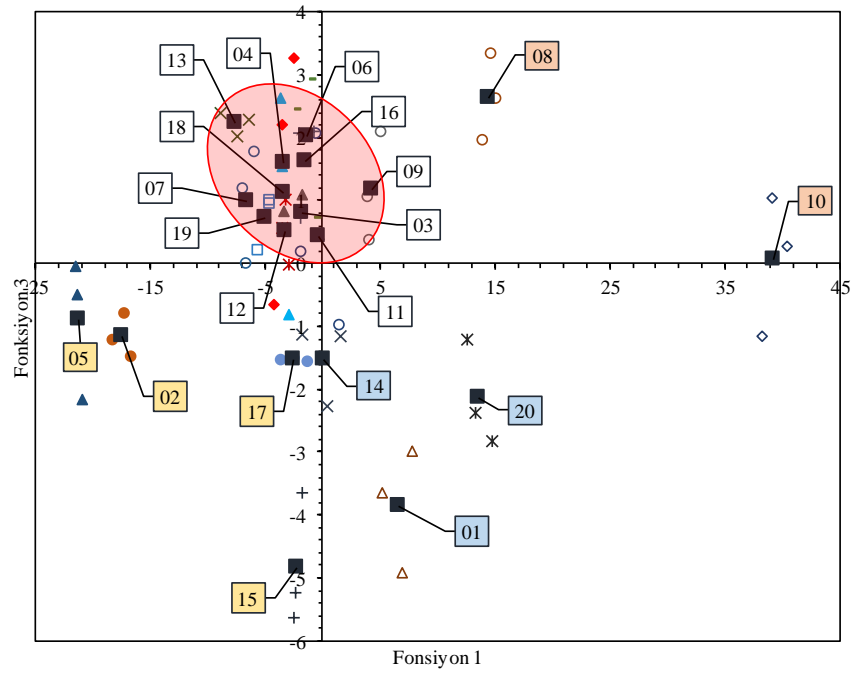
Fonksiyon 2'de $CV@50$ cm değişkeni pozitif, çarpıklık değişkeni ise negatif diskriminant yüküne sahiptir. Fonksiyon 2'yi gösteren düşey eksenindeki yerleşime göre merkezden uzak koordinatlara yerleşen 07, 08, 13, 15 ve 20 numaralı meme plakalarında $CV@50$ cm ortalamalarının pozitif korelasyondan dolayı diğer memelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun aksine aynı meme plakalarında çarpıklık ortalamalarının ise negatif korelasyondan dolayı daha düşük ortalamalara sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Fonksiyon 3'deki değişkenler incelendiğinde debi hariç, diğer tüm değişken yüklerinin anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiş ve diskriminant fonksiyonundaki etkisi önemli bulunmuştur. Bu değişkenler arasında basıklık değişkeninin yükü en yüksek olup fonksiyon 3'le negatif korelasyon göstermektedir. Dolayısıyla bir ya da birden fazla bağımsız değişkenin etkisiyle 01, 02, 05, 08, 10, 14, 15, 17 ve 20 numaralı meme plakalarının merkeze yakın elips içinde gösterilen memelerden ayrıldığı saptanmıştır.



△01 ●02 ▲03 ◆04 ▲05 +06 ○07 ○08 ○09 ◇10 ○11 ×12 ×13 ×14 +15 +16 ●17 ▲18 □19 ×20

(a)



△01 ●02 ▲03 ◆04 ▲05 +06 ○07 ○08 ○09 ◇10 ○11 ×12 ×13 ×14 +15 +16 ●17 ▲18 □19 ×20

(b)

Şekil 4.2. Paternatör testlerinde diskriminant skorları ve grup sendroitlerine göre meme plakalarının numaralarına göre dağılımı (a) fonksiyon 1 ve fonksiyon 2, (b) fonksiyon 1 ve fonksiyon 3

Diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bağımsız değişkenlere göre yapılan bu sınıflandırmada meme plakalarının kendi grubunu doğru olarak tanımlamadaki başarısı %85 bulunmuştur. Sınıflandırma başarısının büyüklüğü testin gücünü göstermektedir. Paternatör testleriyle belirlenen bağımsız değişkenlerle tahmin gücü yüksek bir sınıflandırma gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.6. Paternatör testi diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları (%85 düzeyinde doğru sınıflandırma)

Meme No.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Top. (Σ)
01	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
02	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
03	0	0	33.3	0	0	0	0	0	0	0	33.3	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	100
04	0	0	0	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	0	0	33.3	0	100
05	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
06	0	0	0	0	0	66.7	0	0	0	0	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
07	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
08	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
09	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
11	0	0	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	0	33.3	0	0	0	0	0	0	100
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	0	66.7	0	0	100
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100

Sonuç olarak ortalama debiden sapma ($\pm\%10$) gösteren memelerle diskriminant analiziyle grup ortalamasından farklı özellikler taşıyan memeler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Ortalama debiden $\pm\%10$ sapan sadece 5 adet meme plakası tespit edilirken, diskriminant analizi sonuçlarına göre toplam 11 adet meme plakasının (01, 02, 05, 07, 08, 10, 13, 14, 15, 17 ve 20) debi ve püskürtme paterni özellikleri yönüyle farklı oldukları belirlenmiştir. Çizelge diskriminant analiziyle tespit edilen meme plakalarının $\pm\%5$ debi sapma sınırının dışında kalan memelerin bir kısmını kapsadığı dikkat çekmektedir.

Çizelge 4.7. Ortalama debiden $\pm\%5$ ve $\pm\%10$ sapma gösteren meme plakaları ve diskriminant analiziyle (DA) püskürtme paterni değişkenleri farklı olan meme plakalarının tespiti

Referans/ Yöntem	Meme numarası																			
	$\pm\%5^*$	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$\pm\%10^{**}$	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DAp ¹	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

* : ortalama debiden $\pm\%5$ sapan meme plakaları

** : ortalama debiden $\pm\%10$ sapan meme plakaları

¹ : paternatör testlerinde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

4.3. Suyu Duyarlı Kartlarda Görüntü Özellikleri ve Pülverizasyon Değişkenleri

Örnekleme yüzeyi olarak kullanılan suya duyarlı kartlara 100 lt ha^{-1} , 150 lt ha^{-1} ve 200 lt ha^{-1} uygulama hacimlerinde püskürtme yapıldığında kartların ortalama gri tonlama seviyesi azalmış ve sırasıyla 222.1, 211.6 ve 201.6 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Bu azalma pülverizatör memelerinin her birinde net olarak tespit edilmiştir. Yüzeyi sarı renkli olan suya duyarlı kart örneklerinde damla birikimi arttığında mavi renkle kaplı alanlar artmıştır. Böylelikle gri tonlamalı bir görüntüde damla birikiminin arttığı alanlarda siyaha (0'a yakın) daha yakın gri tonlu piksellerin sayısında artma olmuştur. İkili görüntüde (binary image) pikseller 0 (siyah) ve 1 (beyaz) renk kodlarından oluşmaktadır. Gri tonlamalı bir görüntüde ise her bir piksel 8 bit ile kodlanmış olup $2^8=256$ farklı gri ton karşılığı değerlerinden (0-255 aralığında) oluşmaktadır. Bu görüntülerde 0 gri düzeyi siyah renge, 255 gri düzeyi beyaz renge karşılık gelmektedir. Boyut olarak gri tonlamalı bir görüntüde 256 adet gri değeri bir byte (1 Byte=8 bit ve $2^8=256$) olarak tanımlanmaktadır (Gonzales *et al.* 2004). Kart yüzeylerinde damlaların oluşturduğu lekelerin kantitatif analizini yapabilmek için görüntülere verilen eşik değeri, her bir örneğin ortalama gri tonlama seviyesine göre belirlenmiştir. Uygulama hacmi artarken gri tonlama ve eşik değişkenleri doğrusal olarak azalmıştır (Sanchez-Hermosilla and Medina 2004). Ortalama eşik değeri 100 lt ha^{-1} , 150 lt ha^{-1} ve 200 lt ha^{-1} uygulama hacimleri için sırasıyla 163, 159 ve 155 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Suya duyarlı kart görüntülerinin gri tonlama seviyeleri ve görüntü işlemeden önce belirlenen eşik değerleri

Meme No.	Gri tonlama seviyesi (Gray level)			Eşik (Threshold)		
	100 lt ha ⁻¹	150 lt ha ⁻¹	200 lt ha ⁻¹	100 lt ha ⁻¹	150 lt ha ⁻¹	200 lt ha ⁻¹
01	218.2±6.8* (205.1-236.4)**	206.2±12.2 (181.7-241.8)	197.8±16.5 (169.2-241.6)	162±3 (157-169)	157±5 (148-171)	154±6 (143-171)
02	225.5±8.0 (208.5-244.7)	208.5±11.6 (185.1-240.2)	191.5±17.9 (146.7-237.6)	164±3 (158-172)	158±4 (149-170)	151±7 (134-169)
03	217.9±9.9 (198.3-244.5)	206.5±9.1 (181.8-234.0)	190.3±13.4 (157.1-229.5)	162±4 (154-172)	157±4 (148-168)	151±5 (138-166)
04	218.3±7.6 (202.8-235)	206.2±8.8 (188.7-229.7)	194.4±14.6 (162.1-230.3)	162±3 (156-168)	157±3 (150-166)	153±6 (140-166)
05	220.5±9.7 (193.2-237.7)	210.7±13.8 (171.9-235.7)	199.9±22.3 (151.6-234.1)	162±4 (152-169)	159±5 (144-168)	155±9 (136-168)
06	220.7±9.3 (203.3-237.1)	212.6±13.8 (187.2-235.7)	201.3±18.7 (167.7-234.4)	163±4 (156-169)	160±5 (150-168)	155±7 (142-168)
07	220.7±8.1 (202.8-233.9)	211.1±13 (181.2-237.5)	200.6±16.5 (173.4-235.6)	163±3 (156-168)	159±5 (148-169)	155±6 (145-168)
08	219.7±9.9 (196.4-236.3)	210.3±12.7 (192.6-233.8)	200±17.2 (161.1-232.1)	162±4 (153-169)	159±5 (152-168)	155±7 (140-167)
09	218.8±7.8 (203.0-231.8)	211.5±13.4 (191.7-236.0)	202.3±17 (169.7-235.1)	162±3 (156-167)	159±5 (152-168)	156±6 (143-168)
10	222.2±10.9 (200.4-237.9)	211.3±17.4 (185.9-238.0)	204.8±21.3 (170.1-239.8)	163±4 (155-169)	159±7 (149-169)	157±8 (143-170)
11	223.2±9.2 (205.9-240.2)	210.2±15.3 (182.7-239.4)	201.9±21.5 (145.0-238.3)	164±4 (157-170)	159±6 (148-170)	155±8 (134-169)
12	221.8±10 (192.6-238.5)	208.2±17.5 (173.8-237.7)	200.5±23.9 (149.7-237.3)	163±4 (152-169)	158±7 (145-169)	155±9 (136-169)
13	221.9±9.0 (198.0-236.3)	213.9±11.1 (184.0-234.0)	201.5±17.6 (160.0-235.5)	163±3 (154-169)	160±4 (149-168)	155±7 (140-168)
14	224.9±8.4 (207.2-240.1)	213.7±14.4 (184.5-237.8)	201.7±22.4 (141.5-238.4)	164±3 (157-170)	160±5 (149-169)	155±8 (133-169)
15	226.2±6.8 (205.9-239.2)	217.2±11.2 (193.2-237.5)	209.9±15.4 (173.1-236.9)	165±3 (157-170)	161±4 (152-169)	159±6 (145-169)
16	225.2±8.3 (210.3-241.0)	214.9±13.8 (185.1-239.3)	205.1±21.2 (163.5-239.3)	164±3 (159-170)	160±5 (149-170)	157±8 (141-170)
17	222.6±10.2 (202.2-239.7)	212.2±14.8 (178.9-239.0)	203.9±26.2 (149.0-238.6)	163±4 (156-170)	159±6 (147-170)	156±10 (135-169)
18	223.2±8.8 (202.6-238.7)	212.2±14.7 (183.5-238.7)	203.4±18.1 (164.9-235.8)	164±3 (156-169)	159±6 (148-169)	156±7 (141-168)
19	224.7±10.5 (193.2-241.1)	215.3±12.5 (191.2-239.5)	205.4±19.8 (175.4-238.6)	164±4 (152-170)	161±5 (151-170)	157±8 (145-169)
20	223.1±7.4 (206.5-236.9)	214.2±12.3 (189.9-235.6)	206.9±18.2 (173.2-236.6)	164±3 (157-169)	160±5 (151-168)	157±7 (145-169)
Ortalama	222.1±9.2	211.6±13.7	201.6±19.8	163±4	159±5	155±8
Min-mak	(192.6+-244.7)	(171.9-241.8)	(141.5-241.6)	(152-172)	(144-171)	(133-171)

* : ortalama±standart sapma (n= 40 adet)

** : (minimum-maksimum)

Görüntünün ortalama gri tonlama seviyesinin azalması hedefe ulaşan damla hacminin artarak yüzeyde daha yüksek bir kaplamanın oluşmasını sağlamıştır (Çizelge 4.9). Uygulama hacmi 100 lt ha⁻¹, 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹ olduğunda ortalama yüzey kaplama oranı sırasıyla %7.9, %13.5 ve %18.5 olarak ölçülmüştür. Pülverizatör memelerinin her biri için ayrı ayrı değerlendirme yapıldığında tüm meme plakalarında yüzey kaplama oranı ortalamalarının uygulama hacmiyle birlikte arttığı saptanmıştır. Birim hedef yüzeye (cm²) ulaşan damla hacmi (µl) verileri leke analizi yapılarak belirlenmiş olup lekelerin kart yüzeyinde yayılma oranı dikkate alınarak tahminlenmiştir. Tablodaki verilere göre birim alana ulaşan damla hacmi arttığında yüzey kaplama oranı artmış ve ortalama damla birikim hacmi 100 lt ha⁻¹, 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹ uygulama hacmi koşullarında sırasıyla 0.264 µl cm⁻², 0.513 µl cm⁻² ve 0.852 µl cm⁻² olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.9. Suya duyarlı kart yüzeylerinde kaplama oranı sonuçları ve hedefe taşınan toplam damla hacminin tahminlenmesi

Meme No.	Yüzey kaplama oranı (%)			Hedef yüzeye ulaşan tahmini damla hacmi (ul cm ⁻²)		
	100 lt ha ⁻¹	150 lt ha ⁻¹	200 lt ha ⁻¹	100 lt ha ⁻¹	150 lt ha ⁻¹	200 lt ha ⁻¹
01	9.7±4.0* (0.7-18.1)**	19.4±6.3 (1.2-30.6)	23.7±7.8 (1.7-35.7)	0.320±0.151 (0.018-0.759)	0.769±0.316 (0.035-1.603)	1.159±0.520 (0.043-2.312)
02	10.8±4.2 (0.5-19.7)	18.4±5.7 (1.1-28.3)	25.6±8.6 (0.7-43.2)	0.367±0.169 (0.014-0.783)	0.730±0.287 (0.033-1.267)	1.280±0.641 (0.027-3.544)
03	12.0±5.3 (0.6-22.7)	17.8±5.1 (1.4-32.9)	25.9±7.2 (1.2-41.1)	0.426±0.222 (0.014-0.977)	0.703±0.290 (0.044-1.775)	1.371±0.553 (0.036-2.646)
04	10.0±4.3 (0.4-16.7)	16.0±5.0 (0.7-24.2)	21.5±7.8 (0.7-38.8)	0.320±0.150 (0.009-0.630)	0.578±0.207 (0.020-1.107)	1.027±0.523 (0.018-2.665)
05	8.1±5.8 (0.0-20.5)	13.1±8.4 (0.1-31.0)	18.2±12.6 (0.1-41.9)	0.280±0.222 (0.000-0.965)	0.494±0.347 (0.001-1.514)	0.909±0.762 (0.001-3.704)
06	7.9±5.6 (0.0-17.7)	12.5±8.3 (0.0-27)	18.9±11.1 (0.0-37.1)	0.262±0.194 (0.000-0.641)	0.462±0.330 (0.000-1.065)	0.822±0.561 (0.000-2.023)
07	7.5±4.8 (0.1-17.3)	14.1±7.6 (0.2-30.1)	19.7±10.1 (0.5-35.5)	0.249±0.175 (0.004-0.653)	0.602±0.415 (0.004-1.821)	0.861±0.541 (0.012-2.148)
08	10.3±7.0 (0.2-24.3)	14.7±8.2 (0.2-26.3)	18.6±9.2 (0.3-36.5)	0.401±0.339 (0.005-1.331)	0.575±0.356 (0.004-1.317)	0.779±0.487 (0.006-2.631)
09	7.7±5.5 (0.1-18.4)	14.1±7.7 (0.0-25.7)	18.4±10.6 (0.1-37.7)	0.257±0.197 (0.002-0.713)	0.534±0.332 (0.000-1.130)	0.782±0.511 (0.002-2.024)
10	7.2±6.4 (0.0-18.2)	13.8±10.8 (0.0-31.7)	17.6±12.7 (0.0-35.7)	0.295±0.285 (0.000-0.953)	0.639±0.545 (0.000-1.775)	0.968±0.805 (0.000-2.656)

Çizelge 4.9. (devam)

11	6.6±4.7 (0.0-13.6)	12.5±8.5 (0.0-27.9)	17.4±10.0 (0.0-42.9)	0.211±0.157 (0.000-0.532)	0.448±0.326 (0.000-1.173)	0.692±0.512 (0.001-3.312)
12	7.7±5.3 (0.0-20.6)	14.6±9.4 (0.0-34.7)	18.7±12.6 (0.0-46.1)	0.239±0.176 (0.000-0.703)	0.525±0.374 (0.000-1.647)	1.004±0.876 (0.001-4.350)
13	7.2±4.9 (0.1-18.7)	12.2±6.2 (0.2-24.5)	16.6±9.0 (0.1-37.7)	0.225±0.166 (0.002-0.727)	0.434±0.260 (0.005-1.114)	0.626±0.432 (0.003-2.086)
14	6.9±4.5 (0.0-15.5)	11.3±7.9 (0.0-25.0)	17.7±11.4 (0.1-44.2)	0.205±0.144 (0.001-0.555)	0.395±0.297 (0.001-1.261)	0.841±0.787 (0.002-4.507)
15	6.5±3.9 (0.2-19.2)	10.9±6.1 (0.2-22.3)	14.6±8.9 (0.4-33.1)	0.209±0.148 (0.004-0.852)	0.395±0.258 (0.007-0.984)	0.536±0.391 (0.011-1.690)
16	7.0±4.7 (0.0-16.3)	11.5±7.3 (0.0-26.0)	16.5±11.6 (0.1-41.1)	0.215±0.155 (0.000-0.573)	0.411±0.294 (0.001-1.293)	0.778±0.744 (0.003-3.556)
17	7.3±5.4 (0.0-18.0)	11.8±8.0 (0.0-27.0)	17.6±13.3 (0.0-45.2)	0.228±0.178 (0.000-0.676)	0.445±0.330 (0.000-1.299)	0.895±0.881 (0.001-3.704)
18	7.0±5.1 (0.0-16.7)	13.1±8.5 (0.0-29.5)	18.2±10.4 (0.0-39.9)	0.236±0.192 (0.000-0.750)	0.514±0.390 (0.000-1.654)	0.848±0.599 (0.000-2.650)
19	7.6±5.8 (0.0-25.9)	11.8±7.2 (0.1-22.9)	16.0±10.2 (0.0-35.5)	0.240±0.203 (0.000-1.053)	0.415±0.282 (0.002-0.974)	0.612±0.455 (0.000-2.040)
20	6.5±4.6 (0.0-14.5)	11.2±6.7 (0.1-23.8)	14.3±9.8 (0.1-33.1)	0.195±0.146 (0.000-0.514)	0.367±0.238 (0.003-0.830)	0.598±0.469 (0.002-2.125)
Ortalama	7.9±5.4	13.5±8.0	18.5±10.8	0.264±0.204	0.513±0.350	0.852±0.653
Min-mak	(0.0-25.9)	(0.0-34.7)	(0.0-46.1)	(0.000-1.331)	(0.000-1.821)	(0.000-4.507)

* : ortalama±standart sapma (n= 40 adet)

** : (minimum-maksimum)

Çizelge 4.10'daki genel ortalama verilerine göre uygulama hacmi arttığında damla yoğunluğu da artmıştır. Ancak 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde 01, 03, 04, 05, 10, 12, 13, 14, 18 ve 20 numaralı meme plakaları incelendiğinde damla yoğunluğunun daha düşük hacimli uygulamalara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum yüksek hacimlerde hedefe ulaşan fazla sayıdaki damlanın kart yüzeylerinde tespit edilemediğini göstermektedir.

Çizelge 4.10. Suya duyarlı kart yüzeylerinde damla yoğunluğunun (adet cm⁻²) uygulama hacmine (lt ha⁻¹) göre değişimi

Meme No.	Damla yoğunluğu (adet cm ⁻²)		
	100 lt ha ⁻¹	150 lt ha ⁻¹	200 lt ha ⁻¹
01	178±71* (12-350)**	252±88 (10-520)	210±58 (38-328)
02	160±71 (6-299)	214±66 (10-348)	215±76 (8-386)
03	173±67 (8-304)	216±64 (13-373)	196±50 (9-294)
04	186±84 (7-394)	235±88 (14-447)	190±64 (6-316)

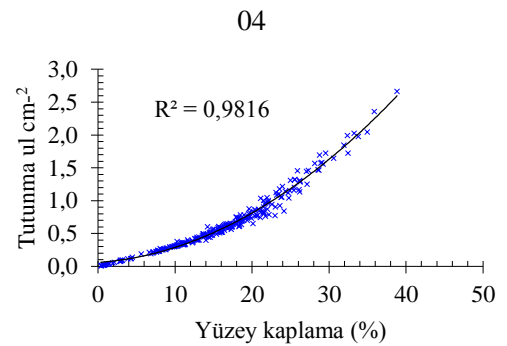
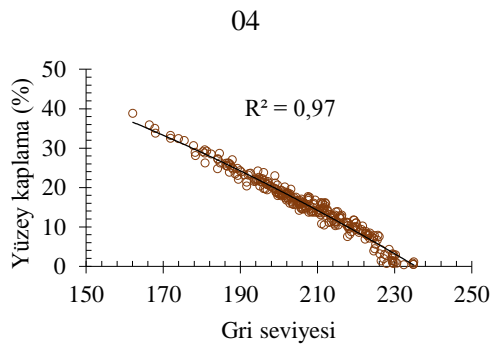
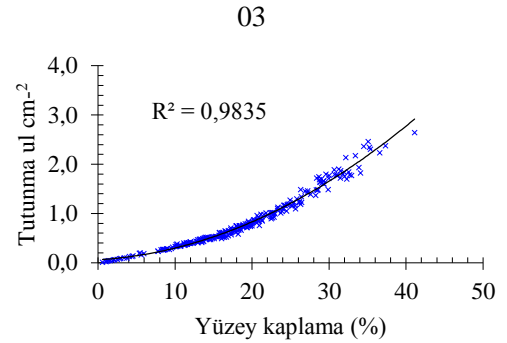
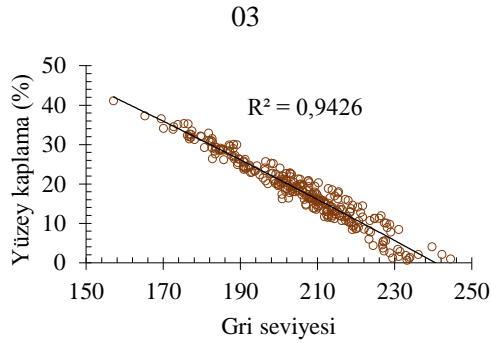
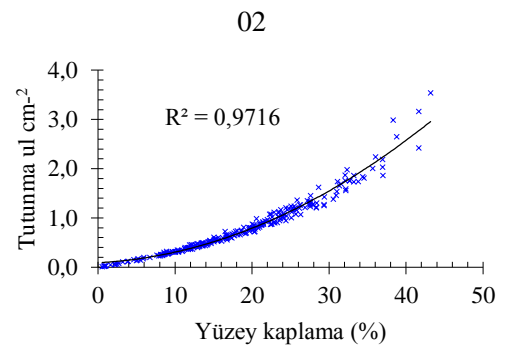
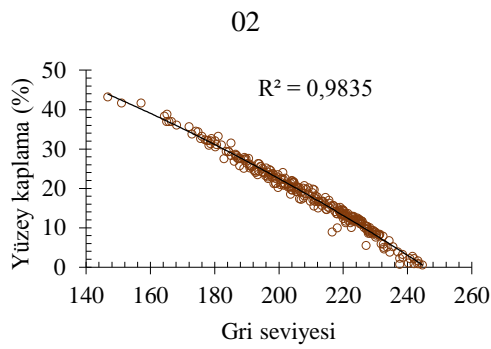
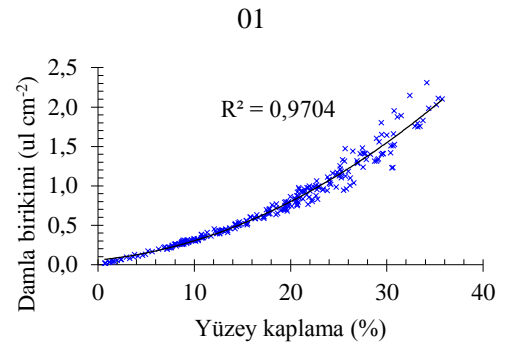
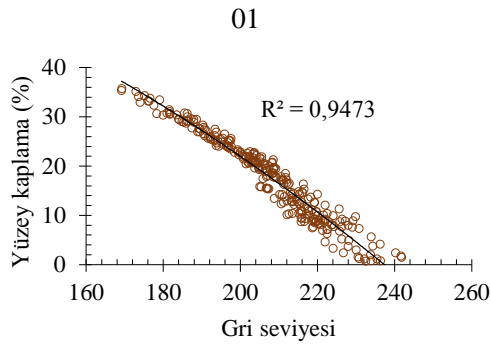
Çizelge 4.10. (devam)

05	131±88 (1-380)	179±112 (4-404)	138±77 (1-304)
06	145±116 (1-540)	199±137 (2-516)	216±97 (2-399)
07	125±76 (2-262)	154±68 (2-303)	224±101 (10-517)
08	147±81 (3-296)	197±118 (3-470)	234±106 (12-492)
09	141±87 (4-292)	204±92 (5-518)	221±116 (4-464)
10	90±61 (0-245)	143±105 (1-391)	134±78 (2-289)
11	123±88 (0-305)	212±165 (1-597)	288±132 (5-598)
12	167±132 (1-516)	244±143 (3-478)	142±78 (1-270)
13	130±83 (1-299)	205±96 (4-468)	285±129 (8-515)
14	173±122 (1-488)	199±149 (2-538)	198±119 (1-547)
15	121±65 (1-258)	176±118 (3-474)	221±135 (8-655)
16	155±103 (0-470)	181±120 (1-577)	191±141 (2-615)
17	164±154 (1-617)	171±123 (0-446)	190±150 (4-705)
18	119±77 (0-294)	192±112 (5-441)	177±79 (3-349)
19	156±114 (1-460)	194±116 (3-479)	274±153 (4-608)
20	143±103 (3-365)	218±140 (2-595)	168±123 (1-401)
Ortalama	145±99	198±118	206±118
Min-mak	(0-617)	(0-597)	(1-705)

* : ortalama±standart sapma (n= 40 adet)

** : (minimum-maksimum)

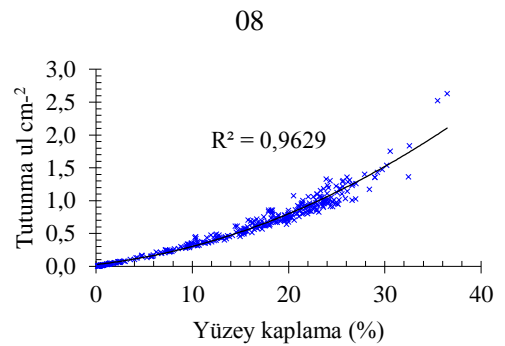
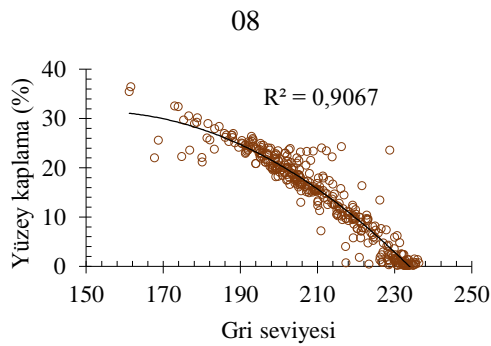
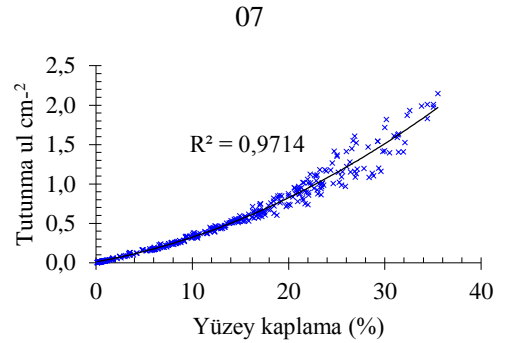
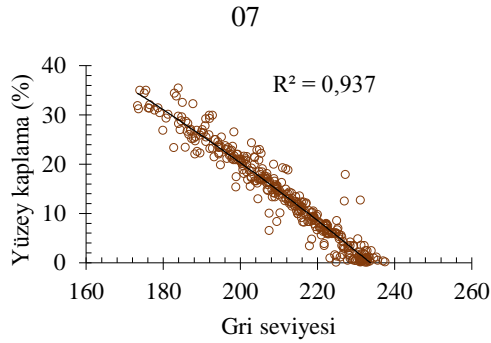
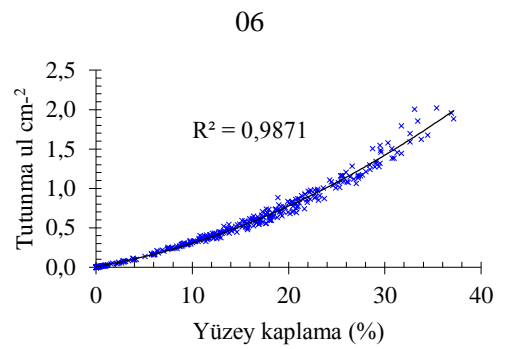
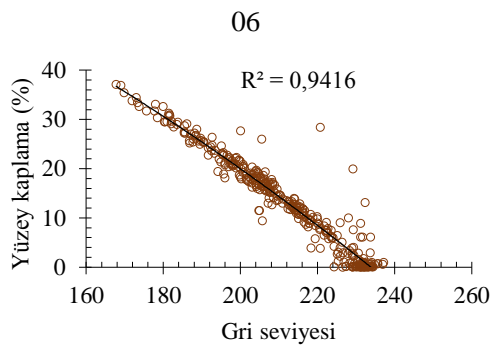
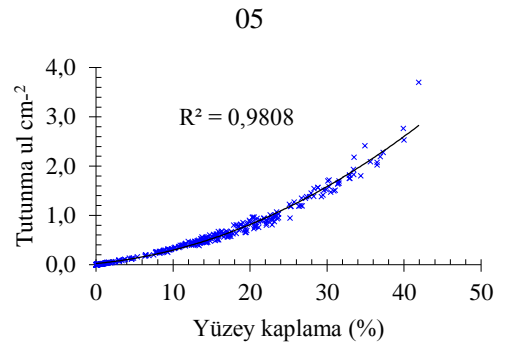
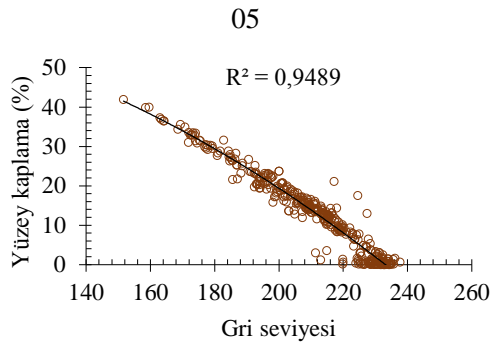
Görüntü işleme analizi sonuçlarına göre kart görüntülerinin gri tonlama seviyelerindeki artışa karşılık yüzey kaplama oranının azaldığı saptanmıştır. Ayrıca birim örnekleme alanına ulaşan damla hacmi, yüzey kaplama oranıyla birlikte artmıştır. Değişkenler arasındaki bu ilişki konik hüzmeli meme plakalarının her birinde ayrı ayrı incelenmiş ve Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Değişkenler arasında yapılan regresyon analizi eğri tahmin modelinde (curve estimation) hata kareler ortalaması en düşük olan ilişki, iki dereceli polinamiyal bir modelle sağlanmış ve her bir meme plakasında yüksek R²’li eşitlikler elde edilmiştir.



(a)

(b)

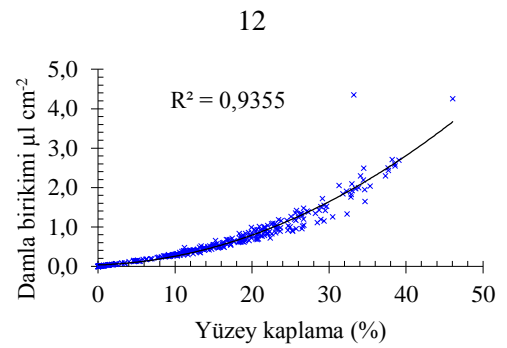
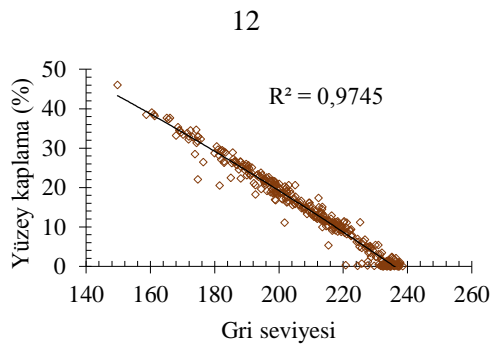
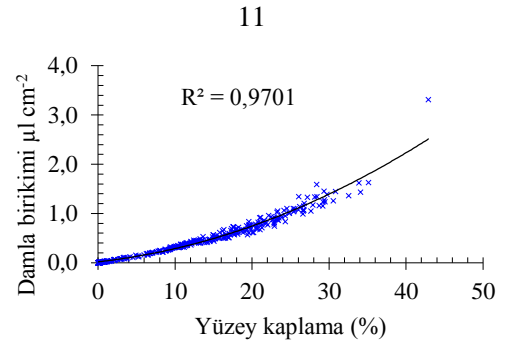
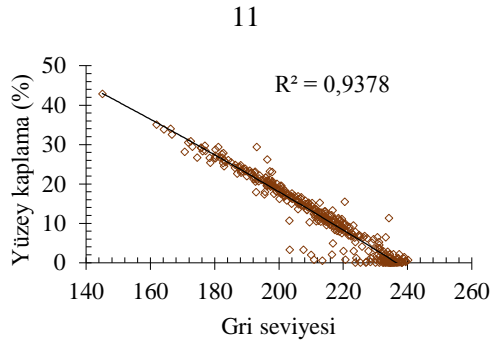
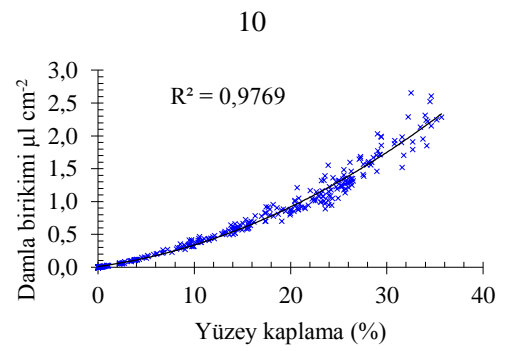
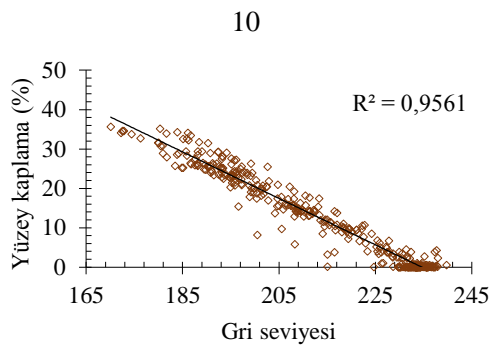
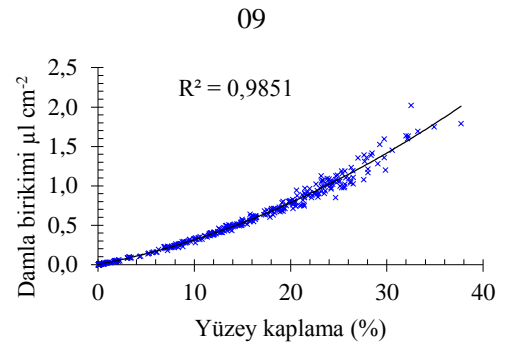
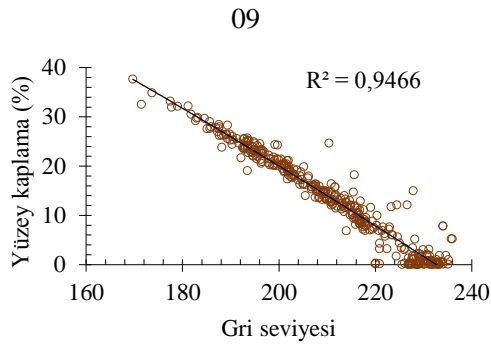
Şekil 4.3. (devam)



(a)

(b)

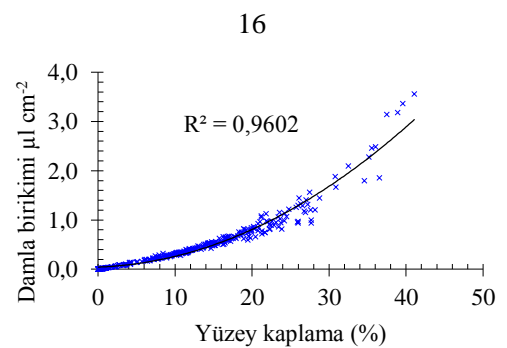
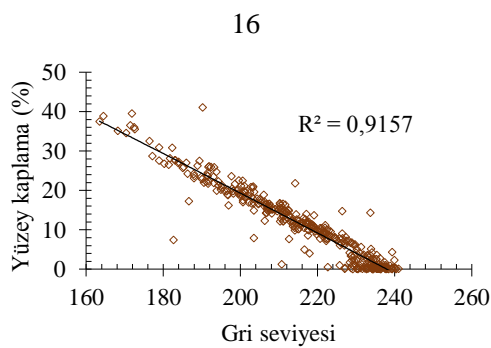
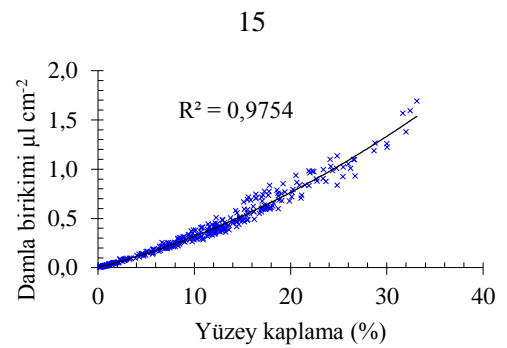
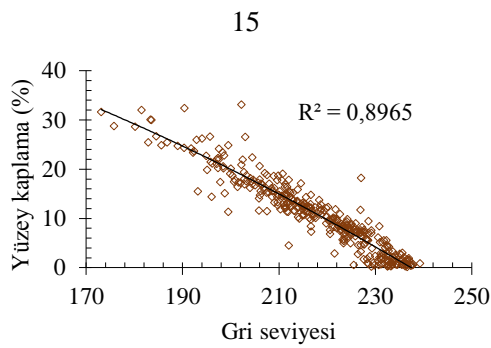
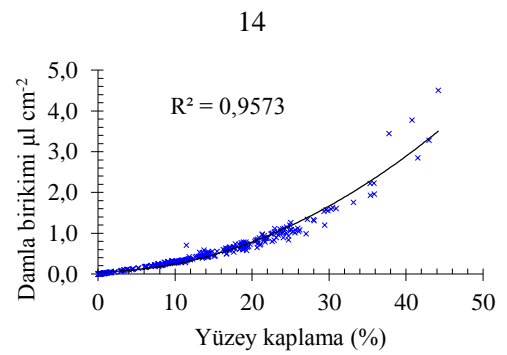
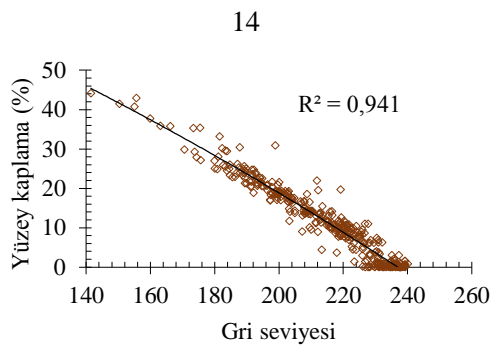
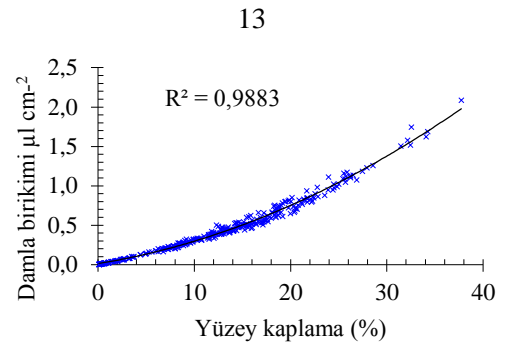
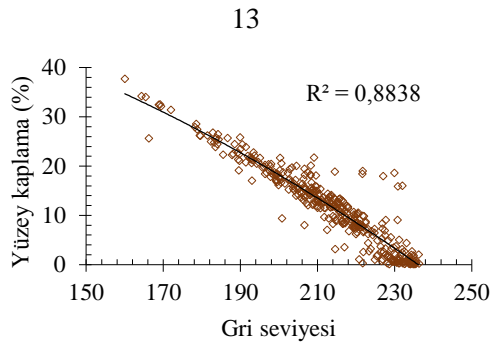
Şekil 4.3. (devam)



(a)

(b)

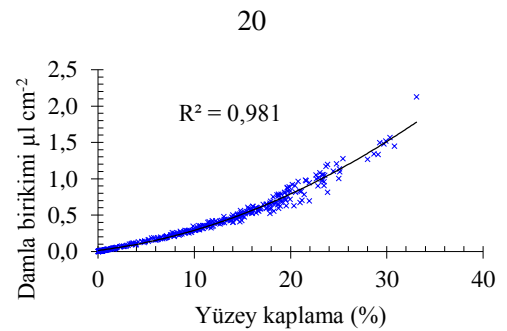
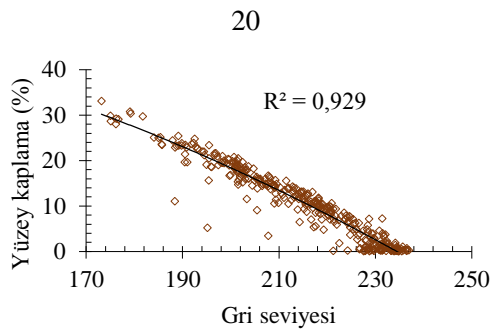
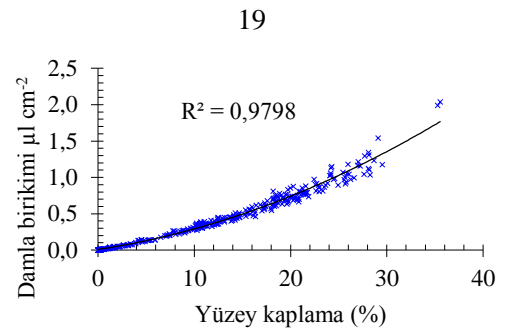
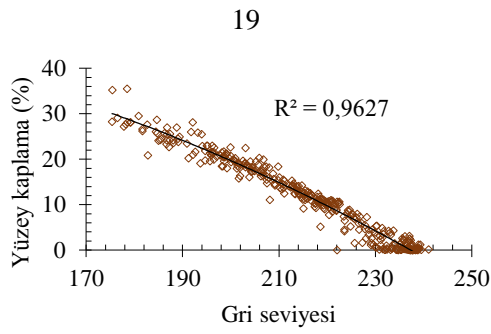
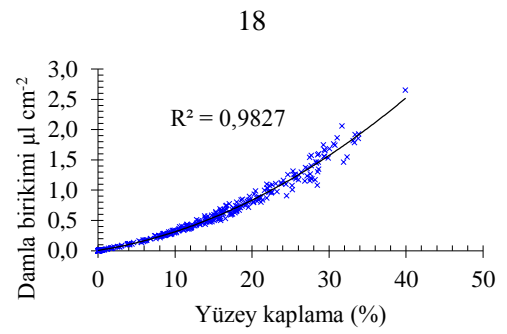
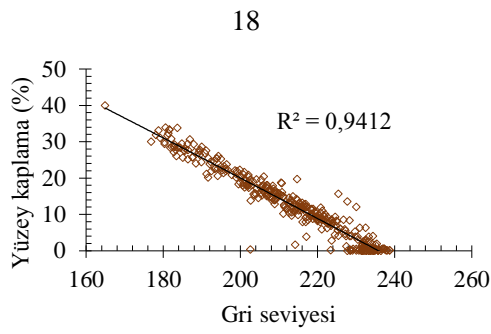
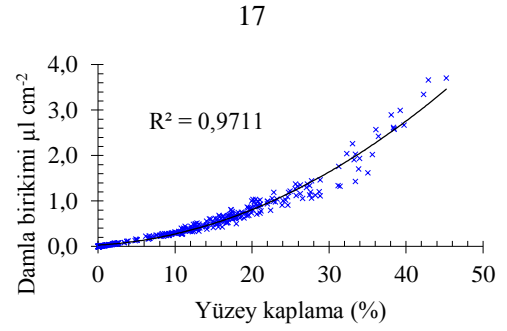
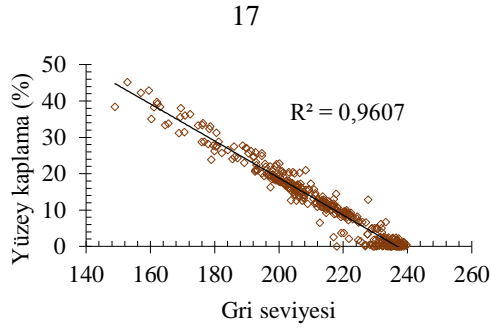
Şekil 4.3. (devam)



(a)

(b)

Şekil 4.3. (devam)

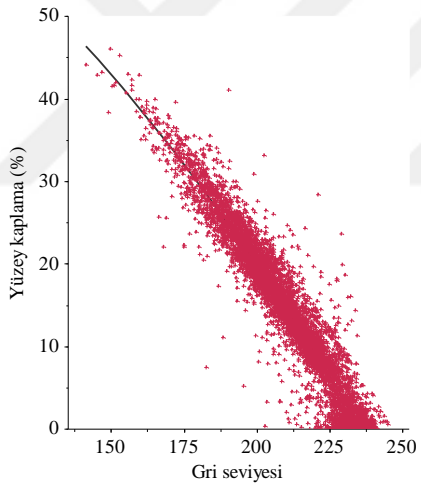


(a)

(b)

Şekil 4.3. Görüntü işlemede değişkenler arasındaki ilişkiler (a) Gri tonlama seviyesi ve yüzey kaplama oranı (%) (b) Yüzey kaplama oranı (%) ve damla birikim hacmi ($\mu\text{l cm}^{-2}$)

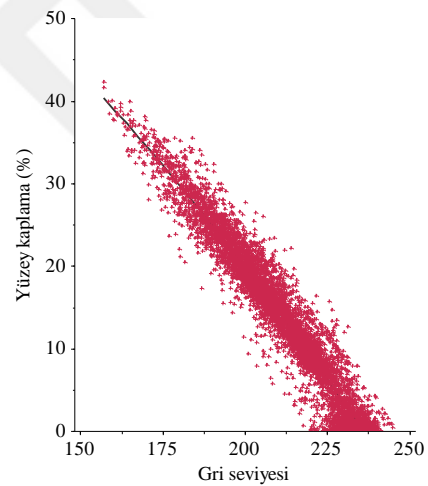
Denemede kullanılan tüm kart görüntülerinin gri tonlama seviyesi ve yüzey kaplama oranı arasında yüksek R^2 'li polinamiyal bir ilişki bulunmuştur. Ancak her iki değişkenin saçılım grafiği incelendiğinde uç değerlerin olduğu saptanmıştır (Şekil 4.4 (a) Önce). Bu amaçla doğrusal regresyon analizinde değişkenlerin Mahalanobis mesafesi belirlenmiş ve X^2 (ki-kare, $1-X^2$ değeri) testi uygulanarak $p < 0.001$ koşuluna uyan tüm değerler analiz dışına çıkarılmıştır (Şekil 4.4 (b) Sonra). Regresyon analizi için damla birikim hacmi bağımlı değişken; yüzey kaplama oranı, damla yoğunluğu ve kartların gri tonlama seviyesi değişkenleri bağımsız değişken olarak işleme alınmıştır. Eliminasyon işleminden sonra oluşturulan saçılım grafiğinde gri tonlama seviyesi (G_s) ve yüzey kaplama oranı (Y_k) arasında belirtme katsayısı (R^2) 0.941 olmak üzere, değişkenler arasında $Y_k = -0.00094 \cdot G_s^2 - 0.143 \cdot G_s + 86.03$ ilişkisi bulunmuştur.



$$Y_k = -0.00101 \cdot G_s^2 - 0.1098 \cdot G_s + 82.15$$

(Düzeltilmiş $R^2 = 0.929$)

(a) Önce



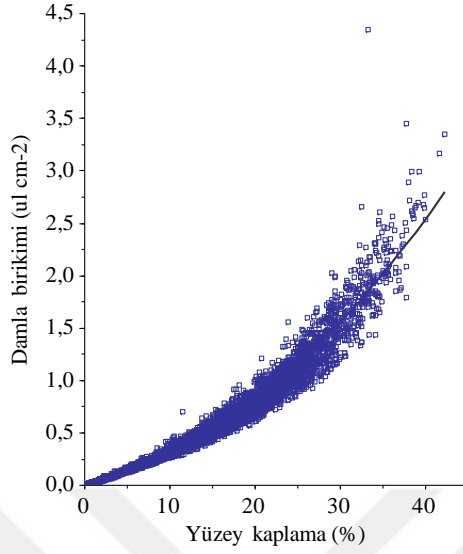
$$Y_k = -0.00094 \cdot G_s^2 - 0.143 \cdot G_s + 86.03$$

(Düzeltilmiş $R^2 = 0.941$)

(b) Sonra

Şekil 4.4. Suya duyarlı kart görüntülerinin gri tonlama seviyesi ve yüzey kaplama oranı arasındaki ilişki

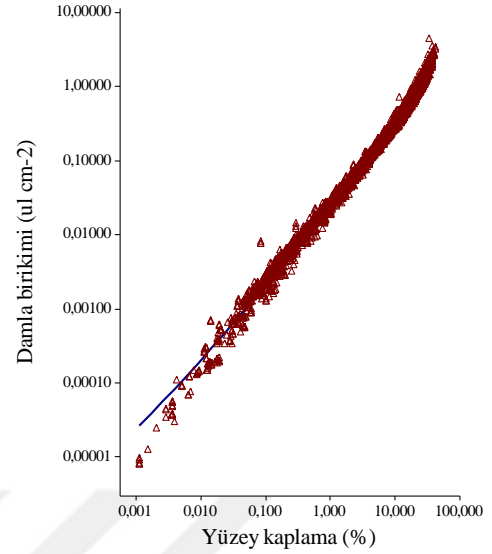
Yüzey kaplama oranı (Y_k) ve damla birikim hacmi (D_h) arasında belirlenen polinamiyal ilişkide (Şekil 4.5a) tüm dataların logaritmik transformasyonu alınmış ve değişkenler arasında $\log(D_h) = 0.0343 \cdot \log(Y_k)^2 + 1.107 \cdot \log(Y_k) - 1.604$ ($R^2 = 0.993$) ilişkisi ortaya konmuştur (Şekil 4.5b).



$$D_h = 0.001192 \cdot Y_k^2 + 0.01526 \cdot Y_k + 0.02134$$

(Düzeltilmiş $R^2 = 0.967$)

(a) Önce



$$\log(D_h) = 0.0343 \cdot \log(Y_k)^2 + 1.107 \cdot \log(Y_k) - 1.604$$

(Düzeltilmiş $R^2 = 0.993$)

(b) Sonra

Şekil 4.5. Suya duyarlı kart görüntülerinde yüzey kaplama oranı ve damla birikim hacmi arasındaki ilişki

4.4. Doğrusal Hareketli Simülatörde Yürütülen Denemeler

4.4.1. Püskürtme paternini tanımlayan değişkenler

Meme plakalarının işletme özelliği olan debi (lt dk^{-1}) değişkeni ile doğrusal hareketli simülatör testlerinde belirlenen yüzey kaplama oranı, damla yoğunluğu, püskürtme genişliği (cm), meme hüzmeye açısı ($^\circ$), paternin CV'si (%), paternin çarpıklık katsayısı, paternin basıklık katsayısı ve 50 cm meme aralığında hacimsel dağılım düzgünlüğü (%) değişkenleri meme plakalarının püskürtme paterni değişkenlerini oluşturmaktadır. Uygulama hacimlerine göre ayrı ayrı belirlenen bu değişkenler Çizelge 4.11'de verilmiştir. Genel değerlendirmede aynı tip meme plakalarında bağımsız değişkenlerin geniş sınırlarda değişim gösterdiği dikkat çekmektedir. Uygulama hacimlerinin tümünde çarpıklık katsayısına göre dağılımın sola çarpık olduğu; negatif değerli basıklık katsayısına göre dağılımın normalden daha basık olduğu görülmüştür. Yan yana

yerleştirme düzeninde (50 cm meme aralığında) dağılıma ilişkin CV'nin referans değer olan %10 seviyesinin oldukça üzerinde olduğu belirlenmiştir. Aynı tip meme plakalarında hüzmeye açısının geniş sınırlarda değişmesi yüksek korelasyon gösteren diğer değişkenler arasında varyasyonun artmasına ve meme plakaları arasında önemli düzeyde ayırımın oluştuğuna işaret etmektedir. Sabit işletme basıncı ve püskürtme yüksekliğinde meme plakaları arasında benzer pülverizasyon özelliklerinin oluşması gerekmektedir. Ancak genel değerlendirmede yüzey kaplama oranı ve damla yoğunluğunun değişim sınırlarının yüksek olması meme plakaları arasında pülverizasyonun önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir.

Çizelge 4.11. Doğrusal hareketli simülatörde belirlenen püskürtme paterni değişkenleri (Ort±SS)

a. 100 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde belirlenen püskürtme paterni değişkenleri									
Meme No.	Yüz. kap. (%)	Damla yoğ. (adet cm ⁻²)	Püsk. gen. (cm)	Hüzme açısı (°)	Pattern CV (%)	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı	CV@50 cm (%)	Meme debisi (lt dk ⁻¹)
01	9.7±1.0	178±34	72.8±2.6	48.9±1.5	40.6±5.7	-0.159±0.222	-1.252±0.132	25.9±2.4	0.85±0.01
02	10.8±0.1	160±7	72.8±0.0	48.9±0.0	39.8±2.0	-0.223±0.091	-1.325±0.129	29.4±4.5	0.69±0.01
03	12.0±1.2	173±13	71.9±1.5	48.4±0.9	43.2±6.2	-0.129±0.207	-1.409±0.048	30.6±5.7	0.80±0.01
04	10.0±1.3	186±17	71.1±3.0	47.9±1.8	41.0±1.7	-0.262±0.080	-1.446±0.217	21.3±6.6	0.79±0.01
05	8.1±0.3	131±37	77.1±6.0	51.4±3.5	72.0±3.4	-0.125±0.024	-1.393±0.103	25.6±1.2	0.66±0.00
06	7.5±1.0	145±42	75.4±2.6	50.5±1.5	70.3±3.3	-0.290±0.247	-1.344±0.233	22.5±12.5	0.81±0.01
07	7.5±0.4	125±17	88.4±0.0	57.8±0.0	64.0±2.1	0.184±0.085	-0.805±0.253	50.1±3.8	0.76±0.01
08	10.3±0.4	147±24	84.1±1.5	55.4±0.8	68.7±4.5	0.271±0.188	-0.658±0.048	57.6±8.4	0.92±0.01
09	7.7±0.4	141±7	77.1±1.5	51.5±0.9	72.0±2.7	-0.141±0.114	-1.344±0.049	26.0±0.5	0.84±0.01
10	7.2±0.1	90±7	65.9±3.0	44.7±1.8	89.9±3.5	0.134±0.042	-1.671±0.186	36.2±5.1	1.09±0.01
11	6.7±0.2	123±6	72.8±2.6	48.9±1.5	70.7±1.8	-0.304±0.125	-1.532±0.116	22.0±6.3	0.81±0.01
12	7.7±0.1	167±27	78.0±2.6	52.0±1.5	69.7±0.6	-0.217±0.229	-1.184±0.460	22.7±6.1	0.79±0.00
13	7.2±0.9	130±29	84.1±1.5	55.4±0.8	67.0±2.9	0.003±0.147	-1.108±0.272	35.0±4.7	0.76±0.01
14	6.9±0.4	173±15	78.0±0.0	52.0±0.0	66.0±0.4	-0.367±0.119	-1.229±0.261	23.2±2.2	0.81±0.01
15	6.5±0.2	121±34	86.7±3.0	56.9±1.7	58.5±11.8	-0.022±0.696	-0.077±0.757	42.4±4.0	0.78±0.01
16	7.0±0.4	155±16	80.6±2.6	53.5±1.5	66.9±3.1	-0.273±0.194	-1.304±0.100	22.1±2.4	0.80±0.01
17	7.3±0.2	164±50	74.5±3.0	49.9±1.8	73.8±2.7	-0.149±0.104	-1.339±0.004	20.9±3.5	0.79±0.01
18	7.0±0.4	119±9	78.0±2.6	52.0±1.5	72.6±3.0	-0.153±0.115	-1.407±0.092	22.4±4.4	0.79±0.00
19	7.6±1.2	156±21	78.9±6.0	52.4±3.4	73.7±9.3	-0.004±0.774	-0.909±0.977	25.7±14	0.78±0.01
20	6.5±0.2	143±15	80.6±0.0	53.5±0.0	71.0±1.7	-0.081±0.100	-1.340±0.049	26.2±0.8	0.90±0.01
Ort±SS	8.1±1.6	146±31	77.4±6.0	51.6±3.5	64.6±13.7	-0.115±0.279	-1.204±0.444	29.4±11.2	0.81±0.09
Min-mak	6.5-12.0	90-186	65.9-88.4	44.7-57.8	39.8-89.9	(-0.367)-(0.271)	(-1.671)-(-0.077)	20.9-57.6	0.66-1.09
b. 150 lt ha ⁻¹ uygulama hacminde belirlenen püskürtme paterni değişkenleri									
Meme No.	Yüz. kap. (%)	Damla yoğ. (adet cm ⁻²)	Püsk. gen. (cm)	Hüzme açısı (°)	Pattern CV (%)	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı	CV@50 cm (%)	Meme debisi (lt dk ⁻¹)
01	19.4±1.2	252±35	75.4±2.6	50.5±1.5	32.3±3.9	-0.448±0.197	-1.248±0.049	26.9±1.9	0.85±0.01
02	18.3±0.4	214±14	76.3±1.5	51.0±0.9	31.1±2.4	-0.486±0.024	-1.292±0.075	36.9±12.1	0.69±0.01
03	17.8±2.1	216±25	76.3±1.5	51.0±0.9	27.1±2.8	-0.591±0.128	-1.137±0.101	28.0±6.1	0.80±0.01
04	16.0±0.6	235±24	73.7±1.5	49.4±0.9	30.9±6.7	-0.588±0.179	-1.331±0.161	29.5±4.9	0.79±0.01
05	13.1±0.8	179±39	79.7±1.5	53.0±0.9	63.9±2.7	-0.474±0.077	-1.133±0.031	33.4±5.2	0.66±0.00
06	12.5±0.3	199±9	78.0±2.6	52.0±1.5	67.0±3.9	-0.467±0.119	-1.372±0.160	17.6±2.0	0.81±0.01

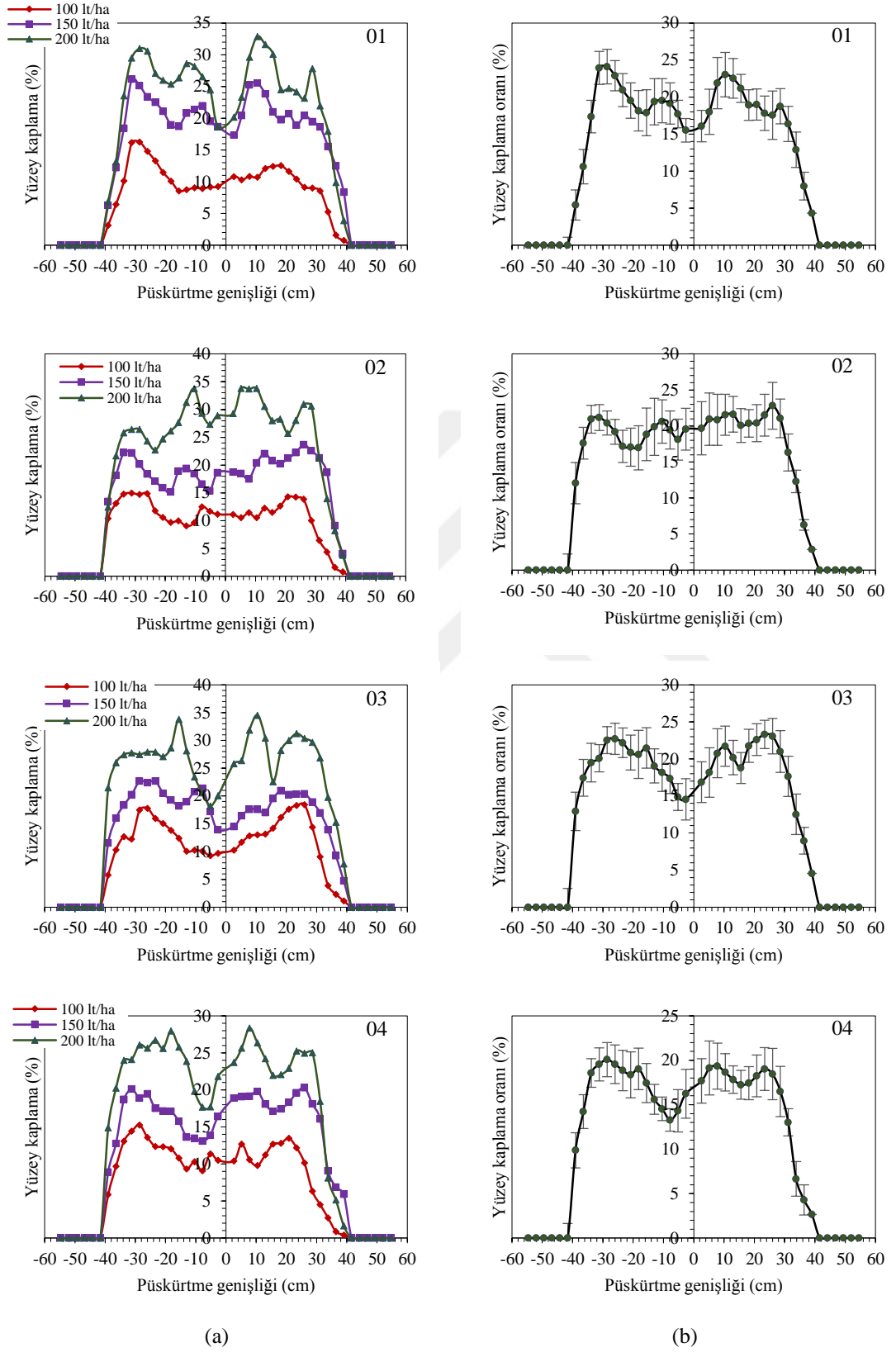
Çizelge 4.11. (devam)

07	14.1±0.9	154±7	91.0±2.6	59.3±1.4	54.3±4.6	-0.259±0.302	-0.512±0.109	60.2±5.4	0.76±0.01
08	14.7±1.1	197±6	82.3±3.0	54.5±1.7	56.0±2.4	-0.746±0.031	-0.905±0.072	36.3±1.8	0.92±0.01
09	14.1±0.4	204±21	87.5±1.5	57.4±0.8	54.9±1.5	-0.596±0.140	-0.859±0.125	32.5±4.0	0.84±0.01
10	13.8±1.0	143±10	71.9±1.5	48.4±0.9	78.1±1.7	-0.219±0.039	-1.752±0.109	18.2±1.4	1.09±0.01
11	12.5±0.7	212±48	77.1±1.5	51.5±0.9	67.9±1.4	-0.435±0.066	-1.363±0.011	22.4±2.4	0.81±0.01
12	14.6±1.7	244±14	81.5±4.0	54.0±2.3	63.7±3.5	-0.470±0.173	-1.129±0.203	26.9±0.9	0.79±0.00
13	12.2±0.6	205±37	90.1±3.0	58.8±1.6	51.3±3.0	-0.449±0.255	-0.433±0.307	55.1±4.4	0.76±0.01
14	11.3±1.3	199±19	75.4±0.0	50.5±0.0	69.3±0.9	-0.351±0.033	-1.437±0.039	18.9±2.0	0.81±0.01
15	10.9±0.6	176±42	85.8±0.0	56.4±0.0	56.4±4.7	-0.455±0.281	-0.781±0.245	43.7±3.1	0.78±0.01
16	11.5±0.3	181±30	79.7±1.5	53.0±0.9	64.2±0.4	-0.434±0.203	-1.067±0.389	33.2±7.4	0.80±0.01
17	11.8±0.8	171±9	77.1±4.0	51.5±2.3	67.6±6.2	-0.492±0.170	-1.449±0.252	15.9±7.0	0.79±0.01
18	13.1±1.2	192±40	84.1±5.4	55.4±3.1	65.0±3.7	-0.169±0.086	-0.946±0.275	27.8±7.5	0.79±0.00
19	11.8±0.3	194±30	82.3±5.4	54.4±3.0	61.4±2.6	-0.488±0.111	-1.156±0.139	33.5±4.6	0.78±0.01
20	11.2±1.1	218±46	84.1±4.0	55.4±2.2	59.3±3.7	-0.487±0.100	-1.123±0.177	29.0±8.5	0.90±0.01
Ort±SS	13.7±2.6	199±36	80.5±5.8	53.4±3.3	56.1±14.6	-0.455±0.184	-1.121±0.347	31.3±12.2	0.81±0.09
Min-mak	10.9-19.4	143-252	71.9-91.0	48.4-59.3	27.1-78.1	(-0.746)-(-0.169)	(-1.752)-(-0.433)	15.9-60.2	0.66-1.09

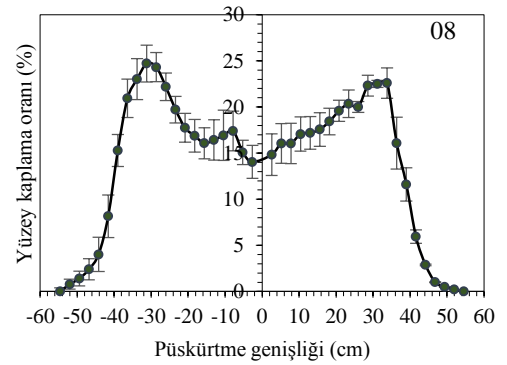
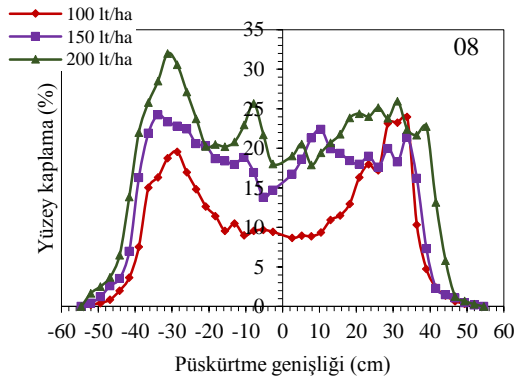
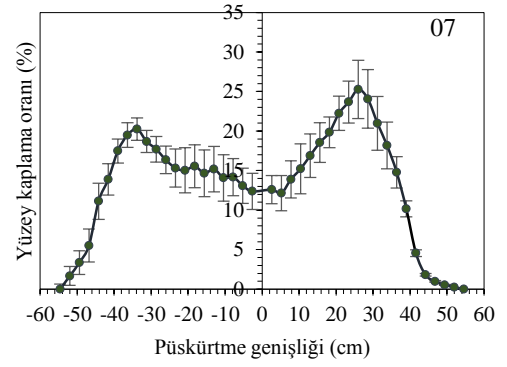
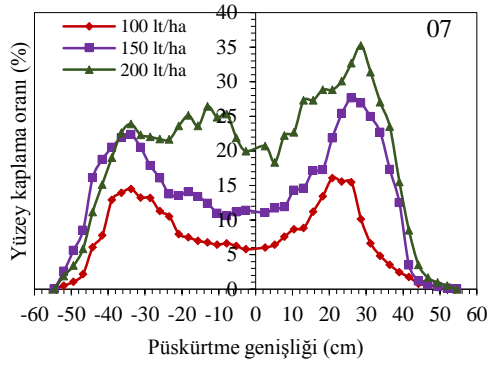
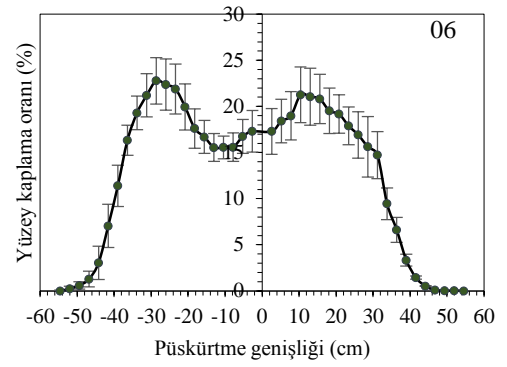
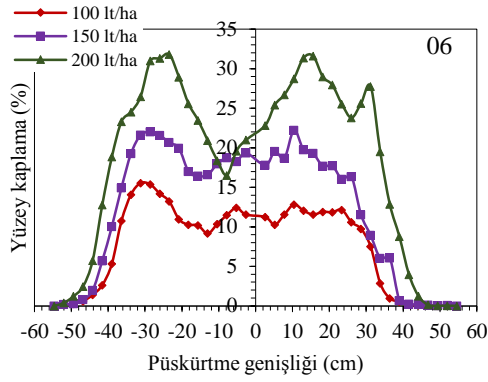
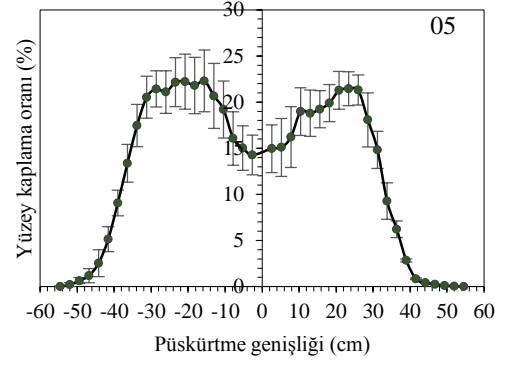
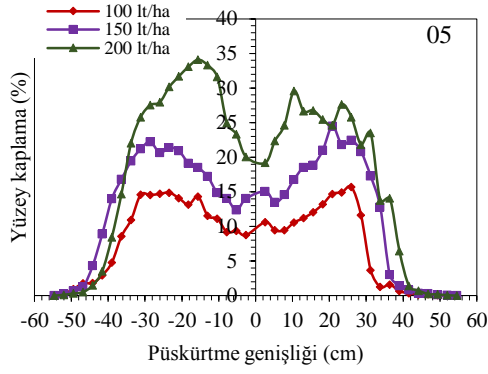
c. 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen püskürtme paterni değişkenleri

Meme No.	Yüz. kap. (%)	Damla yoğ. (adet cm ⁻²)	Püsk. gen. (cm)	Hüzme açısı (°)	Pattern CV (%)	Çarpıklık katsayısı	Basıklık katsayısı	CV@50 cm (%)	Meme debisi (lt dk ⁻¹)
01	23.7±1.0	210±30	75.4±2.6	50.5±1.5	32.9±4.5	-0.440±0.129	-1.354±0.040	22.3±3.3	0.85±0.01
02	25.6±1.5	215±14	75.4±2.6	50.5±1.5	33.8±5.1	-0.389±0.183	-1.284±0.173	22.6±1.7	0.69±0.01
03	25.9±2.2	196±18	76.3±3.0	51.0±1.8	26.7±11.9	-0.600±0.353	-1.110±0.207	33.1±6.7	0.80±0.01
04	21.5±2.2	190±19	72.8±2.6	48.9±1.5	33.9±8.9	-0.467±0.246	-1.346±0.167	26.7±4.3	0.79±0.01
05	18.2±1.3	138±8	78.9±1.5	52.5±0.9	69.0±1.9	-0.223±0.137	-1.376±0.040	26.1±6.2	0.66±0.00
06	18.9±0.8	216±19	85.8±2.6	56.4±1.4	58.6±4.4	-0.590±0.225	-0.983±0.221	30.7±4.1	0.81±0.01
07	19.7±1.4	224±25	87.5±4.0	57.3±2.2	51.3±6.1	-0.652±0.154	-0.521±0.410	37.1±3.1	0.76±0.01
08	18.6±0.5	234±8	90.1±5.4	58.8±2.9	49.5±5.0	-0.831±0.219	-0.303±0.232	42.5±2.2	0.92±0.01
09	18.4±1.0	221±7	82.3±6.0	54.4±3.4	58.0±5.8	-0.674±0.244	-0.744±0.390	30.9±2.5	0.84±0.01
10	17.6±1.3	134±16	78.0±2.6	52.0±1.5	72.4±2.1	-0.324±0.022	-1.564±0.073	14.3±0.8	1.09±0.01
11	17.4±0.8	289±1	87.5±4.0	57.3±2.2	58.2±6.3	-0.286±0.255	-0.751±0.194	28.0±1.6	0.81±0.01
12	18.7±0.4	142±7	79.7±1.5	53.0±0.9	67.6±3.5	-0.234±0.231	-1.168±0.091	20.9±4.7	0.79±0.00
13	16.6±0.6	285±14	87.5±5.4	57.3±3.0	54.6±4.2	-0.303±0.129	-0.388±0.402	55.3±3.4	0.76±0.01
14	17.7±2.1	198±30	83.2±2.6	54.9±1.5	63.3±4.5	-0.315±0.238	-1.006±0.129	27.4±1.2	0.81±0.01
15	14.6±1.1	221±9	86.7±1.5	56.9±0.8	60.8±4.2	-0.058±0.083	-0.778±0.426	44.3±3.7	0.78±0.01
16	16.5±1.6	191±54	78.9±1.5	52.5±0.9	70.1±3.2	-0.074±0.165	-1.014±0.162	29.9±3.4	0.80±0.01
17	17.6±1.8	190±80	74.5±1.5	50.0±0.9	75.7±3.9	0.000±0.173	-1.323±0.177	24.6±3.7	0.79±0.01
18	18.2±1.5	177±10	87.5±3.0	57.4±1.6	57.2±2.5	-0.430±0.082	-0.754±0.273	36.7±3.2	0.79±0.00
19	16.0±1.2	274±16	79.7±1.5	53.0±0.9	63.8±0.2	-0.461±0.066	-1.241±0.081	27.0±5.5	0.78±0.01
20	14.2±0.6	168±22	78.9±1.5	52.5±0.9	68.9±0.3	-0.241±0.085	-1.284±0.139	22.9±3.6	0.90±0.01
Ort±SS	18.8±3.3	206±48	81.3±5.8	53.8±3.3	56.3±14.7	-0.380±0.265	-1.015±0.398	30.2±9.7	0.81±0.09
Min-mak	14.2-25.9	134-289	72.8-90.1	48.9-58.8	26.7-75.7	(-0.831)-0.000	(-1.564)-(-0.303)	14.3-55.3	0.66-1.09

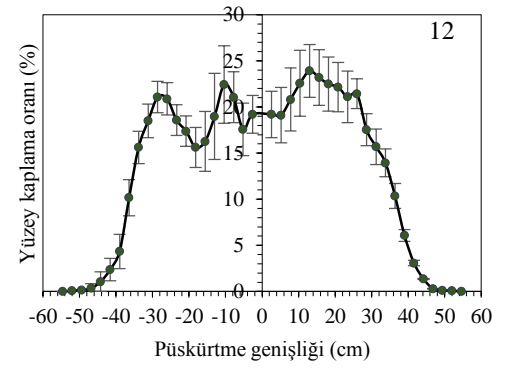
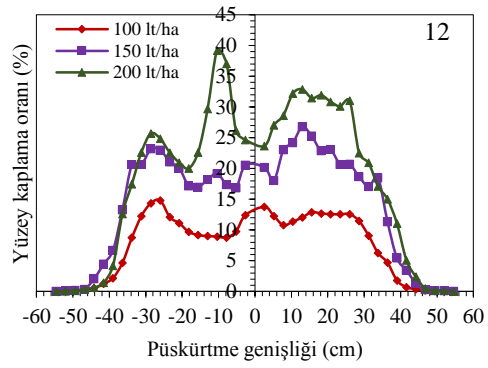
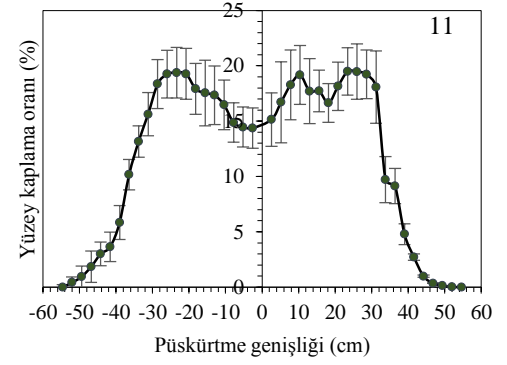
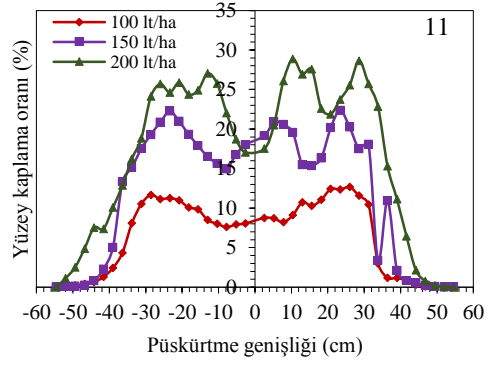
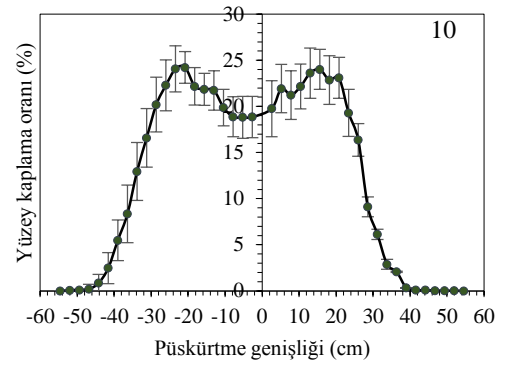
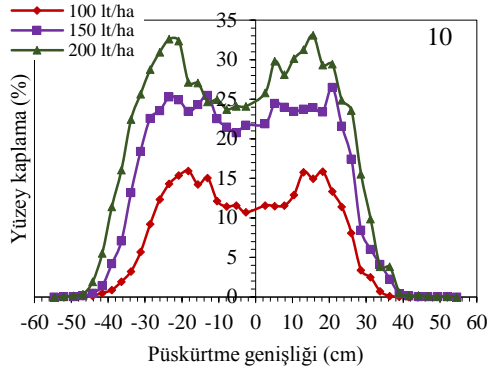
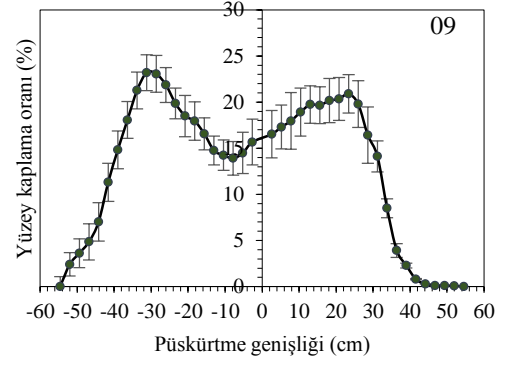
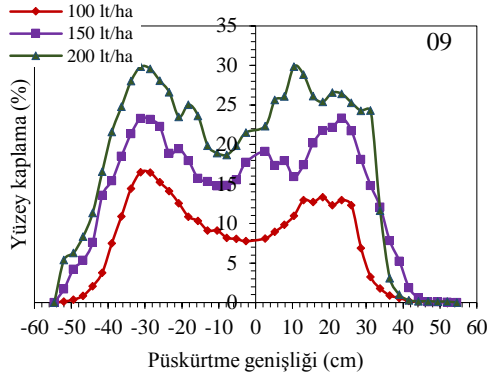
Doğrusal hareketli simülörde farklı uygulama hacimlerinde yapılan testlerde meme plakalarının püskürtme paterni değişimleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Özellikle ortalama değişimler incelendiğinde aynı tipte olmalarına karşın meme plakalarının farklı püskürtme paterni oluşturdukları gözlenmektedir.



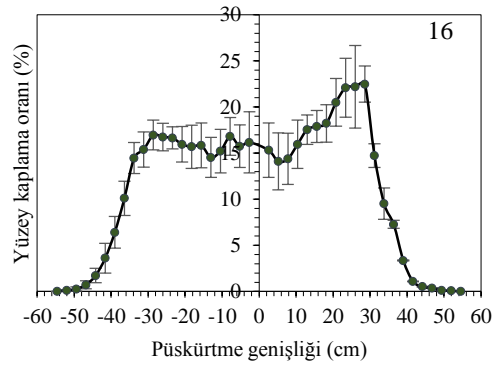
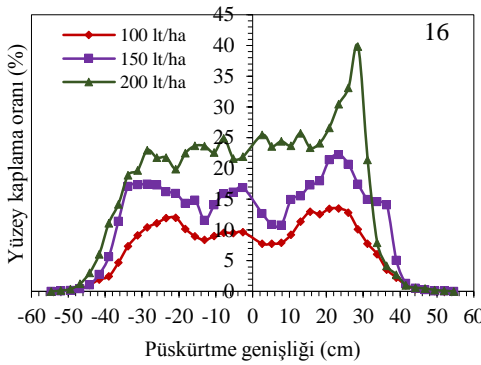
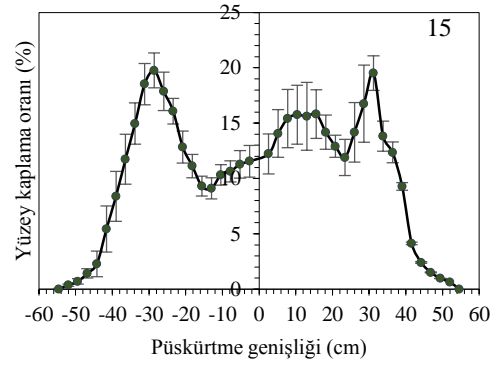
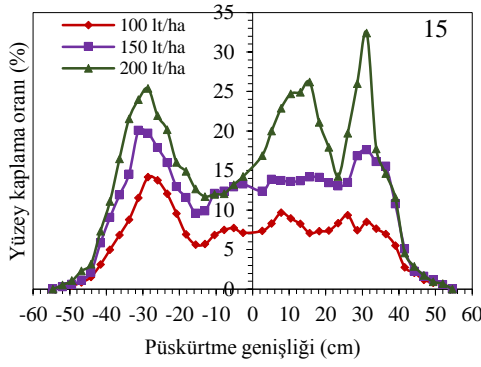
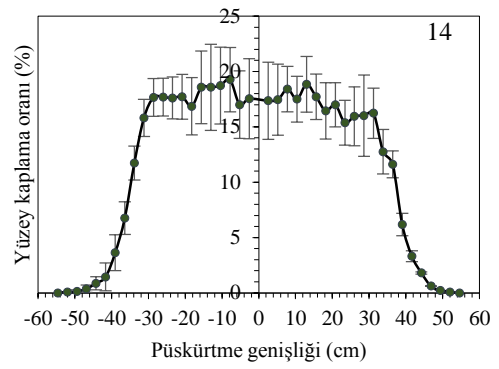
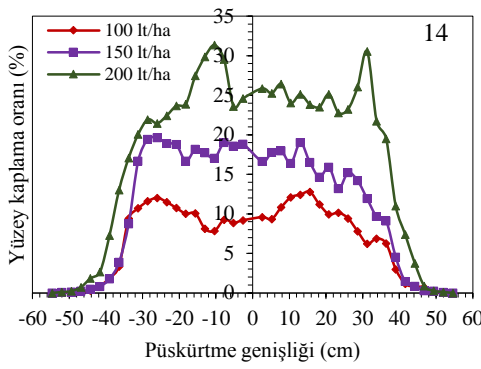
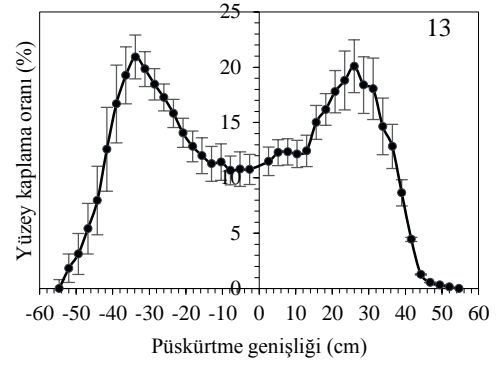
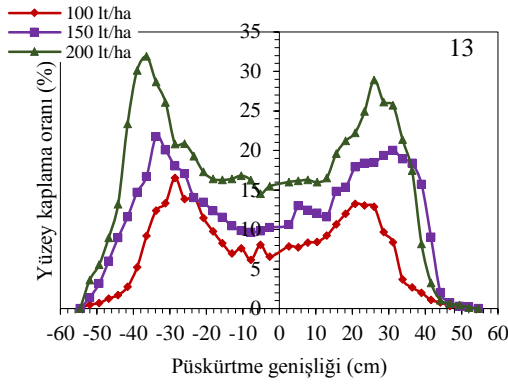
Şekil 4.6. Doğrusal hareketli simülörde farklı uygulama hacimlerinde belirlenen püskürtme paterni görüntüleri (a) her bir uygulama hacmi için (b) ortalama±standart hata



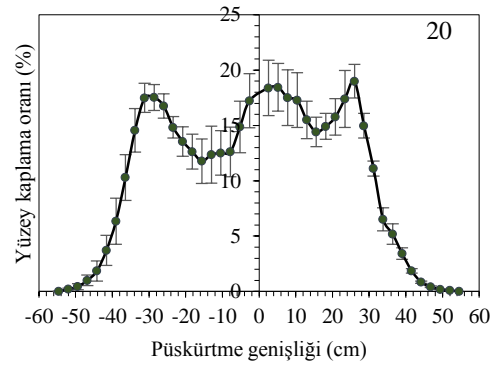
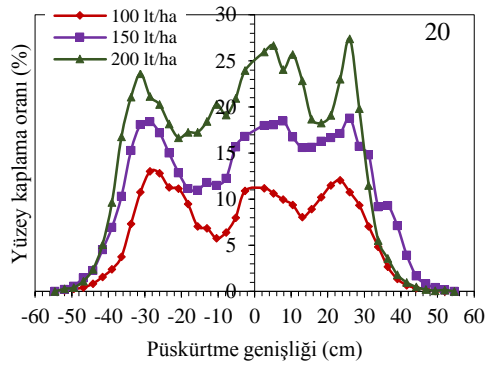
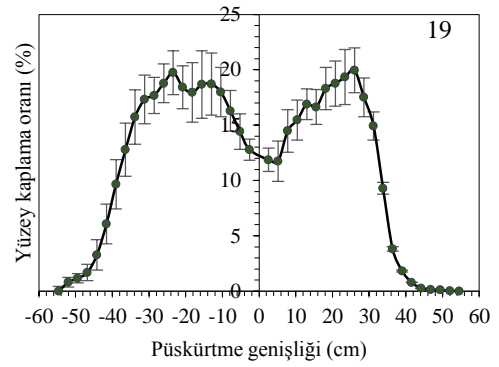
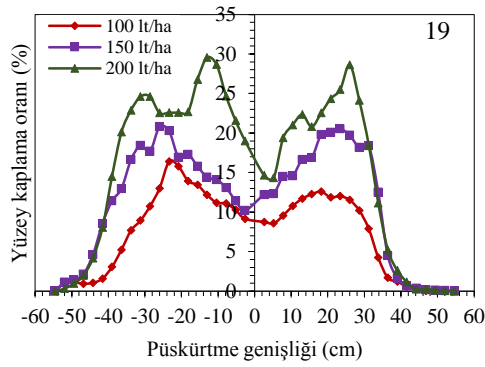
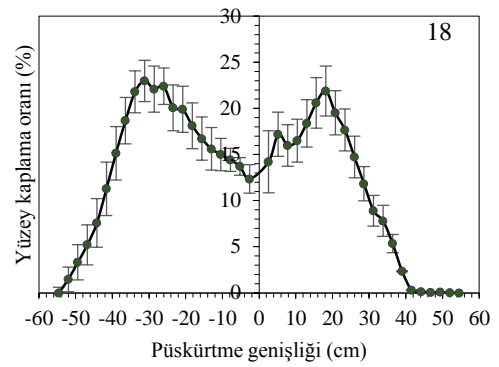
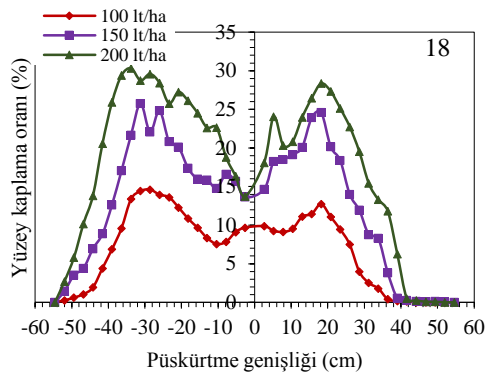
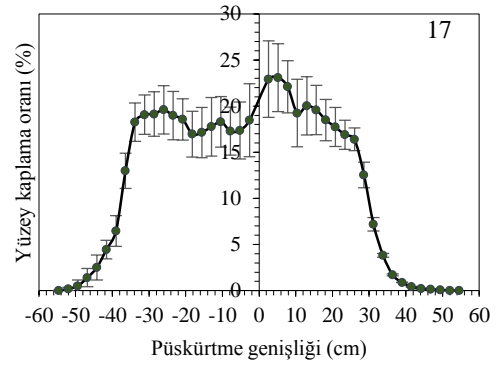
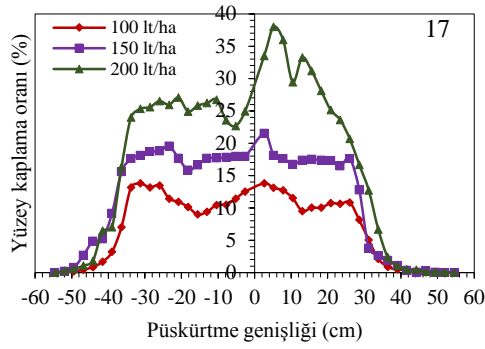
Şekil 4.6. (devam)



Şekil 4.6. (devam)



Şekil 4.6. (devam)



Şekil 4.6. (devam)

4.4.2. Meme plakaları ve uygulama hacminin püskürtme paternine etkisi

Doğrusal hareketli simülatör testlerinde her bir meme plakası için belirlenen püskürtme paterni değişkenleri, uygulama hacmi parametresine göre tekrarlı ölçüm düzende varyans analizine (Repeated measures) tabi tutulmuş ve sonuçlar Çizelge 4.12’de verilmiştir. Varyans analizinde meme plakaları, üç farklı uygulama hacminde tekrarlanarak test edilmektedir. Bu nedenle önem testi yapılırken ana faktörü (gruplar arası) oluşturan meme plakaları için ayrı bir hata seviyesi (H_A) belirlenmektedir. Uygulama hacmi faktörü, grup içindeki değişimi test etmekte ve ayrıca varyans analizinde ana faktörle (meme plakaları) olan interaksiyon etkisi de değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle grup içi faktörlerin önem testinde ayrı bir hata seviyesi (H_B) kullanılmaktadır. Varyans analizi tablosu incelendiğinde bazı değişkenlerin serbestlik derecelerinde (SD) düzeltme olduğu görülmektedir. Mauchly’nin küresellik testi (Mauchly’s Test of Sphericity) önemli ($p < 0.05$) çıkan değişkenlerde (patern CV ’si, çarpıklık ve basıklık) Greenhouse-Geisser düzeltmesi yapılmış olan istatistikler kullanılmıştır.

Meme plakaları ve uygulama hacminin püskürtme paternine olan etkileri incelendiğinde meme plakalarının çarpıklık bakımından benzer olduğu, ancak interaksiyon etkisine göre meme plakalarında püskürtme paterni çarpıklığının uygulama hacmine göre değiştiği saptanmıştır. Uygulama hacimlerinin tümünde hacimsel dağılım düzgünlüğü ($CV@50$ cm) değişkeni benzer bulunmasına karşın, interaksiyon etkisine göre CV değişkeninin meme plakalarına göre çok önemli düzeyde değiştiği belirlenmiştir. Pülverizasyonda yüzey kaplama oranı ve damla yoğunluğunun uygulama hacmiyle birlikte doğru orantılı olarak arttığı bilindiğinden tek başına uygulama hacminin etkisi beklendiği şekilde çok önemli düzeyde bulunmuştur. Metodolojik açıdan değerlendirildiğinde bu iki değişkenin dışındaki tüm değişkenlerde farklı uygulama hacimleri püskürtme paternini değiştirmiştir. Bu nedenle suya duyarlı kart yöntemiyle püskürtme paterni testlerinin belirli bir uygulama hacmi parametresinde çalışılması gerektiğini göstermektedir.

Tekrarlı ölçüm düzeninde yapılan varyans analizinde uygulama hacmi \times meme plakası interaksiyonunun tüm değişkenlerde farklı bulunması meme plakalarının farklı

püskürtme paterni oluşturduklarını göstermektedir. Bu farklılık aynı meme plakalarının püskürtme paterni ve diğer pülverizasyon karakteristikleri açısından birbirlerinden farklı olduğunu ve meme plakalarının üretim tekniği ve/veya kalitesi açısından incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 4.12. Doğrusal hareketli simülasyon testlerinde meme plakası ve uygulama hacminin püskürtme paterni değişkenlerine etkisi (Tekrarlı ölçüm düzeninde varyans analizi)

Varyasyon kaynakları	Değişkenler	SD	KO	F	(p) sigma
Meme plakası (M _p)	Yüzey kaplama oranı (%)	19	48.793	57.228	0.000**
	Hüzme açısı (°)	19	69.766	24.935	0.000**
	Patern CV'si (%)	19	1682.715	77.333	0.000**
	Çarpıklık	19	0.082	1.577	0.111 ^{ns}
	Basıklık	19	0.788	11.476	0.000**
	Hac. dağ. düzg. (CV@50 cm)	19	709.346	23.462	0.000**
	Damla yoğunluğu (adet cm ⁻²)	19	4461.820	5.861	0.000**
Hata _A	Yüzey kaplama oranı (%)	40	0.853		
	Hüzme açısı (°)	40	2.798		
	Patern CV'si (%)	40	21.759		
	Çarpıklık	40	0.052		
	Basıklık	40	0.069		
	Hac. dağ. düzg. (CV@50 cm)	40	30.233		
	Damla yoğunluğu (adet cm ⁻²)	40	761.303		
Uygulama hacmi (U _h)	Yüzey kaplama oranı (%)	2	1719.8	1442.73	0.000**
	Hüzme açısı (°)	2	83.4	29.54	0.000**
	Patern CV'si (%)	1.71	1634.6	74.41	0.000**
	Çarpıklık	1.64	2.3	46.34	0.000**
	Basıklık	1.68	0.6	8.50	0.001**
	Hac. dağ. düzg. (CV@50 cm)	2	55.7	2.25	0.112 ^{ns}
	Damla yoğunluğu (adet cm ⁻²)	2	63405.3	90.11	0.000**
İnteraksiyon (U _h x M _p)	Yüzey kaplama oranı (%)	38	3.7	3.09	0.000**
	Hüzme açısı (°)	38	8.6	3.04	0.000**
	Patern CV'si (%)	32.54	64.2	2.92	0.000**
	Çarpıklık	31.07	0.1	2.41	0.001**
	Basıklık	31.98	0.2	2.19	0.004**
	Hac. dağ. düzg. (CV@50 cm)	38	131.5	5.31	0.000**
	Damla yoğunluğu (adet cm ⁻²)	38	2691.4	3.83	0.000**
Hata _B	Yüzey kaplama oranı (%)	80	1.2		
	Hüzme açısı (°)	80	2.8		
	Patern CV'si (%)	68.50	22.0		
	Çarpıklık	65.42	0.1		
	Basıklık	67.33	0.1		
	Hac. dağ. düzg. (CV@50 cm)	80	24.7		
	Damla yoğunluğu (adet cm ⁻²)	80	703.7		

** : çok önemli (p<0.01); ^{ns} : önemsiz

Doğrusal hareketli simülatör testlerinde belirlenen püskürtme paterni değişkenlerine ait ortalamalar Çizelge 4.13’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Uygulama hacmi arttıkça ortalama yüzey kaplama oranı çok önemli düzeyde doğrusal olarak artmıştır. 100 lt ha⁻¹’da belirlenen meme hüzmeye açısı ve püskürtme genişliği ortalamaları diğer uygulama hacimlerine göre daha düşük bulunmuştur. 100 lt ha⁻¹’da püskürtme paterni CV’sinin diğer uygulama hacimlerine göre daha yüksek olduğu dikkat çekmiştir. Basıklık katsayısına göre uygulama hacmi arttığında püskürtme paterninin daha dik oluştuğu ve 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹’daki ortalamaların benzer olduğu saptanmıştır. Negatif ortalama sahip çarpıklık katsayısı dağılımın sola çarpık oluştuğunu ve 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹’da çarpıklığın değişmediğini göstermiştir. 50 cm meme aralığında hacimsel dağılımın CV’si tüm uygulama hacimlerinde değişmemiştir. Damla yoğunluğunun uygulama hacmiyle birlikte doğru orantılı artması beklenirken, 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹’da ortalamalar beklenmedik şekilde benzer bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Doğrusal hareketli simülatör testleriyle belirlenen püskürtme paterni değişkenlerinde ortalamaların düzeltilmiş Bonferroni testine göre karşılaştırılması

Değişkenler	Uygulama hacmi		
	100 lt ha ⁻¹	150 lt ha ⁻¹	200 lt ha ⁻¹
Yüzey kaplama oranı (%)	8.1±1.6 c ¹	13.7±2.6 b	18.8±3.3 a
Püskürtme genişliği (cm)	77.4±6.0 b	80.5±5.8 a	81.3±5.8 a
Hüzmeye açısı (°)	51.6±3.5 b	53.4±3.3 a	53.8±3.3 a
Patern CV’si (%)	64.6±13.7 b	56.1±14.6 a	56.3±14.7 a
Çarpıklık	-0.115±0.279 a	-0.455±0.184 b	-0.380±0.265 b
Basıklık	-1.204±0.444 b	-1.121±0.347 ab	-1.015±0.398 a
Hac.dağ.düzg. (CV@50cm, %)	29.4±11.2 a	31.3±12.2 a	30.2±9.7 a
Damla yoğunluğu (adet cm ⁻²)	146±31 b	199±36 a	206±48 a

¹: aynı satırda farklı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar %95 önem düzeyinde farklıdır.

** : çok önemli (p<0.01); * : önemli (p<0.05); ns : önemsiz

4.4.3. Paternatör ve doğrusal hareketli simülatör testlerinin karşılaştırılması

Paternatör ve doğrusal hareketli simülatör testlerinin her ikisinde belirlenen püskürtme paterni değişkenlerinin eşli karşılaştırma testi sonuçları ve yöntemler arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 4.14'de verilmiştir. Eşli karşılaştırma testi her bir uygulama hacmi için ayrı ayrı yapılmıştır. 100 lt ha⁻¹'da paternatör ve simülatör testleriyle belirlenen tüm püskürtme paterni değişkenlerinin çok önemli düzeyde farklı olduğu saptanmıştır. 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹ uygulama hacimlerinde ise püskürtme genişliği ve hüzme açısı ortalamalarının benzer olduğu belirlenmiştir. Tüm uygulama hacimlerinde ise her iki yöntemle belirlenen patern CV'si, çarpıklık, basıklık ve hacimsel dağılım düzgünlüğü (CV@50 cm) değişkenlerinin birbirlerinden farklı olduğu saptanmıştır.

Püskürtme paterni değişkenleri açısından her iki yöntem arasındaki korelasyon analizi sonuçlarına göre 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹'da paternatör ve simülatör ölçümleri arasında patern CV'si ve çarpıklık açısından anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Bu sonuç sabit konumda yapılan paternatör ölçümlerinin simülatör ölçümleri için referans teşkil etmediği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla bir paternatör testinde patern CV'si ve çarpıklığa göre oluşan yargının simülatör testlerinde değişebileceği ve bu test için bağlayıcı bir nitelik taşımadığı anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.14. Püskürtme paterni değişkenleri açısından paternatör ve doğrusal hareketli simülator testlerinin eşli karşılaştırma testi sonuçları

Uygulama hacmi	Değişkenler	Yöntem	Ortalamalar	Eşli karşılaştırma testi			Korelasyon	
				t istatistiği	SD	p (sigma)	Pearson kats.	p (sigma)
100 lt ha ⁻¹	Püsk. genişliği (cm)	Paternatör	80.1±5.8	-3.869	59	0.000**	0.582	0.000**
		Simülator	77.4±6.0					
	Hüzme açısı (°)	Paternatör	53.2±3.3	-3.859	59	0.000**	0.576	0.000**
		Simülator	51.6±3.5					
	Patern CV'si (%)	Paternatör	52.0±5.4	7.006	59	0.000**	0.152	0.245 ^{ns}
		Simülator	64.6±13.7					
	Çarpıklık	Paternatör	0.298±0.149	-9.006	59	0.000**	-0.320	0.013*
		Simülator	-0.115±0.279					
	Basıklık	Paternatör	-1.576±0.127	6.004	59	0.000**	-0.151	0.250 ^{ns}
		Simülator	-1.204±0.444					
	Hac.dağ. (CV@50 cm)	Paternatör	11.2±5.0	15.114	59	0.000**	0.563	0.000**
		Simülator	29.4±11.2					
150 lt ha ⁻¹	Püsk. genişliği (cm)	Paternatör	80.1±5.8	0.478	59	0.635 ^{ns}	0.520	0.000**
		Simülator	80.5±5.8					
	Hüzme açısı (°)	Paternatör	53.2±3.3	0.477	59	0.635 ^{ns}	0.516	0.000**
		Simülator	53.4±3.3					
	Patern CV'si (%)	Paternatör	52.0±5.4	2.085	59	0.041*	0.080	0.544 ^{ns}
		Simülator	56.1±14.6					
	Çarpıklık	Paternatör	0.298±0.149	-26.503	59	0.000**	0.139	0.289 ^{ns}
		Simülator	-0.455±0.184					
	Basıklık	Paternatör	-1.576±0.127	8.531	59	0.000**	-0.388	0.002**
		Simülator	-1.121±0.347					
	Hac.dağ. (CV@50 cm)	Paternatör	11.2±5.0	15.051	59	0.000**	0.547	0.000**
		Simülator	31.3±12.2					
200 lt ha ⁻¹	Püsk. genişliği (cm)	Paternatör	80.1±5.8	1.392	59	0.169 ^{ns}	0.319	0.013*
		Simülator	81.3±5.8					
	Hüzme açısı (°)	Paternatör	53.2±3.3	1.388	59	0.170 ^{ns}	0.309	0.016*
		Simülator	53.8±3.3					
	Patern CV'si (%)	Paternatör	52.0±5.4	2.128	59	0.037*	-0.008	0.953 ^{ns}
		Simülator	56.3±14.7					
	Çarpıklık	Paternatör	0.298±0.149	-18.699	59	0.000**	0.170	0.194 ^{ns}
		Simülator	-0.380±0.265					
	Basıklık	Paternatör	-1.576±0.127	9.368	59	0.000**	-0.400	0.002**
		Simülator	-1.015±0.398					
	Hac.dağ. (CV@50 cm)	Paternatör	11.2±5.0	17.544	59	0.000**	0.512	0.000**
		Simülator	30.2±9.7					

** : çok önemli (p<0.01); * : önemli (p<0.05); ^{ns} : önemsiz

4.4.4. Doğrusal hareketli simülatörde püskürtme paterni değişkenleri

Doğrusal hareketli simülatör testlerinde belirlenen püskürtme paterni değişkenleri her bir uygulama hacmine göre diskriminant analizine tabi tutulmuş ve grup ortalamalarından farklı olan meme plakaları tespit edilmiştir. Meme plakalarını tanımlamada “yüzey kaplama oranı”, “hüzme açısı”, “patern CV’si”, “çarpıklık”, “basıklık”, “hacimsel dağılım düzgünlüğü” ve “damla yoğunluğu” değişkenleri kullanılmıştır. Tüm analizlerde püskürtme genişliği değişkeni, hüzme açısının bağımlı bir değişkeni olduğundan analize dahil edilmemiştir. Ayrıca diskriminant analizinde bağımsız değişkenlerin varyans-kovaryans matrisleri arasında 0.70’den büyük korelasyona sahip değişkenler analiz dışında bırakılmıştır (Kalaycı 2006). Çok değişkenli istatistik analiz yöntemlerinden biri olan diskriminant analizi adimsal ayırma metoduna göre yapılmış ve bağımsız değişkenlerin tümü yerine pülverizatör memelerini en iyi sınıflandıran ve tanımlayan bağımsız değişkenlerle analiz sürdürülmüştür. Bu nedenle diskriminant analizi tablosunda meme plakalarını tanımlamayan bazı bağımsız değişkenler yer almamıştır.

4.4.4.a. 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde püskürtme paterni değişkenleri

Doğrusal hareketli simülatörde 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde yürütülen deneme sonuçlarına göre meme plakaları altı fonksiyonla tanımlanmış ve istatistikler Çizelge 4.15’de verilmiştir. Wilks’ lambda istatistiklerine göre meme plakalarını tanımlamada ilk dört fonksiyonun istatistiksel açıdan çok önemli olduğu belirlenmiştir. En büyük özdeğer istatistiğine sahip olan birinci (1.) fonksiyonla varyansın %82.5’i açıklanmıştır. İkinci (2.), üçüncü (3.) ve dördüncü (4.) fonksiyonlarla açıklanan varyans sırasıyla %14.2, %1.7 ve %1.2 olarak belirlenmiştir. Buna göre ilk dört fonksiyonla meme plakaları arasındaki toplam varyansın %99.6’sının açıklanabildiği belirlenmiştir. İlk dört fonksiyonun kanonik korelasyon katsayıları incelendiğinde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü fonksiyonların etki dereceleri sırasıyla 0.996 (0.998²), 0.980 (0.990²), 0.850 (0.922²) ve 0.803 (0.896²) olarak bulunmuştur.

Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyon yüklerine göre birinci fonksiyonda

“debi” değişkeninin en büyük yüke sahip olduğu görölmektedir. İkinci fonksiyonda “patern CV’si”, “hüzme açısı” ve “yüzey kaplama oranı” değişkenlerinin meme plakalarını ayırmada etkili olduğu belirlenmiştir. Üçüncü fonksiyonda “CV@50 cm” değişkeni ve dördüncü fonksiyonda “basıklık” değişkeninin manidar düzeyde diskriminant yüküne sahip olduğu saptanmıştır. Meme plakalarını ayırmada diskriminant skorları (D_s) kullanılmakta olup bu skorlar kanonik ayırma fonksiyon katsayılarıyla oluşturulan eşitliklerle hesaplanmaktadır. Bu eşitlikler ilk dört fonksiyon için altta verilmiştir.

1. fonksiyon;

$$D_s = -142.064 + (146.578 \cdot Q) - (0.871 \cdot B) + (0.252 \cdot \alpha^\circ) + (0.192 \cdot CV_p) - (0.131 \cdot Y_k) - (0.074 \cdot CV_{50cm})$$

2. fonksiyon;

$$D_s = -19.211 - (28.551 \cdot Q) - (2.780 \cdot B) + (0.567 \cdot \alpha^\circ) + (0.304 \cdot CV_p) - (0.983 \cdot Y_k) - (0.065 \cdot CV_{50cm})$$

3. fonksiyon;

$$D_s = -29.604 - (0.426 \cdot Q) - (1.028 \cdot B) + (0.384 \cdot \alpha^\circ) + (0.027 \cdot CV_p) + (0.417 \cdot Y_k) + (0.129 \cdot CV_{50cm})$$

4. fonksiyon;

$$D_s = -3.928 - (12.414 \cdot Q) - (2.883 \cdot B) - (0.140 \cdot \alpha^\circ) + (0.128 \cdot CV_p) + (0.860 \cdot Y_k) + (0.087 \cdot CV_{50cm})$$

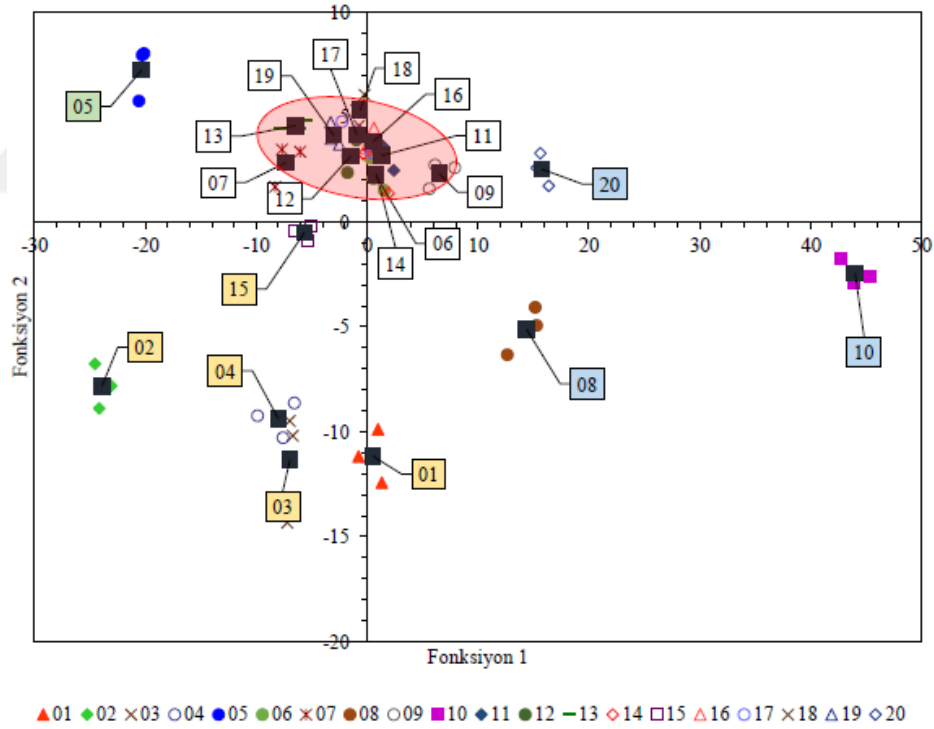
Çizelge 4.15. Doğrusal hareketli simülasyon testlerine göre 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen diskriminant analizi sonuçları

Özdeğer istatistikleri	Fonksiyonlar					
	1	2	3	4	5	6
Özdeğerler	275.774	47.6	5.666	4.059	0.735	0.439
Açıklanan varyans (%)	82.5	14.2	1.7	1.2	0.2	0.1
Kümülatif varyans (%)	82.5	96.7	98.4	99.6	99.9	100
Kanonik korelasyon	0.998	0.990	0.922	0.896	0.651	0.552
İstatistikler	Fonksiyonların önem testi					
	1	2	3	4	5	6
Wilks' Lambda	0.000	0.000	0.012	0.079	0.401	0.695
SD (Serbestlik derecesi)	114	90	68	48	30	14
p (sigma)	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.070 ^{ns}	0.270 ^{ns}
Değişkenler	Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyon yükleri					
	1	2	3	4	5	6
Yüz. kaplama oranı (Y_k)	-0.087	-0.650	0.276	0.569	0.51	0.224
Hüzme açısı (α°)	0.411	0.928	0.627	-0.229	0.691	-0.236
Patern CV 'si (CV_p)	0.867	1.376	0.122	0.58	0.146	0.225
Basıklık (B)	-0.287	-0.915	-0.338	-0.949	-0.058	0.928
$CV@50$ cm (CV_{50cm})	-0.445	-0.391	0.779	0.522	-0.743	-0.277
Debi (Q)	1.087	-0.212	-0.003	-0.092	0.057	-0.007
Değişkenler	Kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları					
	1	2	3	4	5	6
Yüz. kaplama oranı (Y_k)	-0.131	-0.983	0.417	0.860	0.771	0.338
Hüzme açısı (α°)	0.252	0.567	0.384	-0.140	0.423	-0.144
Patern CV 'si (CV_p)	0.192	0.304	0.027	0.128	0.032	0.050
Basıklık (B)	-0.871	-2.780	-1.028	-2.883	-0.176	2.819
$CV@50$ cm (CV_{50cm})	-0.074	-0.065	0.129	0.087	-0.123	-0.046
Debi (Q)	146.578	-28.551	-0.426	-12.414	7.697	-0.880
Sabit (C)	-142.064	-19.211	-29.604	-3.928	-32.965	6.966

** : çok önemli ($p < 0.01$); ^{ns} : önemsiz

Şekil 4.7a, 4.7b ve 4.7c'de her bir fonksiyon için belirlenen diskriminant skorlarının koordinat düzlemindeki dağılımları ve meme plakalarının grup sendroitlerine göre yerleşimi gösterilmiştir. Püskürtme paterni değişkenleri benzer olan meme plakaları elips içinde gösterilmiştir. Fonksiyon 1 eksen (yatay eksen) debi değişkeniyle pozitif yönde korelasyon göstermektedir. Bu nedenle orijinden uzak pozitif yönlü grup sendroitler daha yüksek debili, negatif yönlü olanlar daha düşük debilidir. Fonksiyon 2 eksen (düşey eksen) pozitif yönlü korelasyon gösteren patern CV 'si ve hüzme açısı değişkenlerine göre

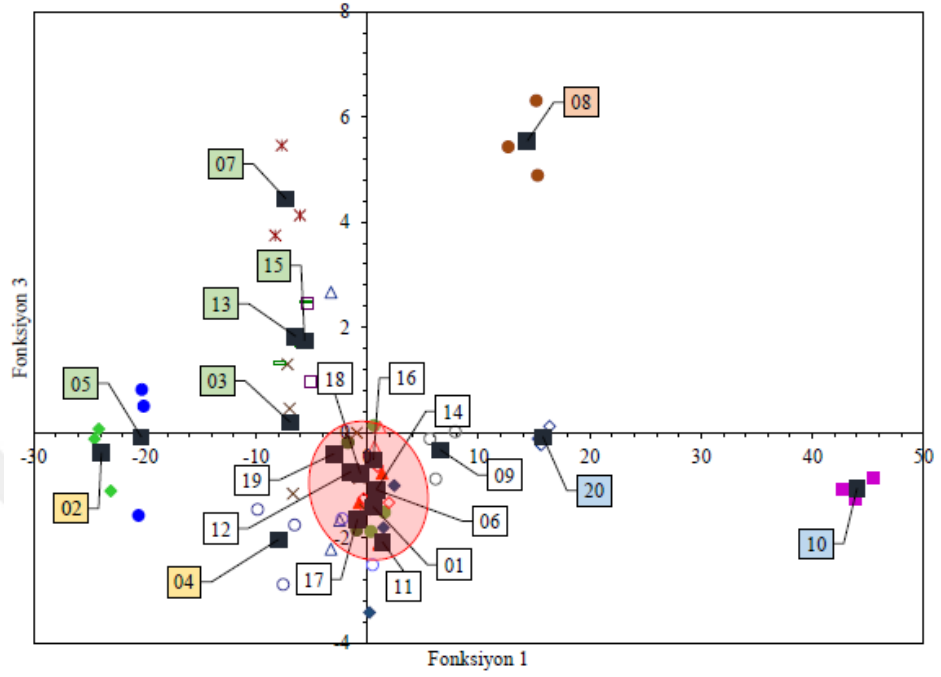
farklı olan meme plakaları saçılım grafiğinde gösterilmiştir. Yüzey kaplama oranı ile fonksiyon 2 arasındaki ilişki negatif yönlü olup, eksenin altında kalan grup sendroitlerinde yüzey kaplama daha yüksek, üstünde kalanlarda daha düşük olmaktadır. Fonksiyon 3 eksen hacimsel dağılım düzgünlüğü ($CV@50$ cm) açısından, Fonksiyon 4 eksen basıklık değişkeni açısından grubun dışında kalan meme plakalarını göstermektedir. Fonksiyon 3 ekseninin üzerinde orijine göre uzakta olan meme plakalarının hacimsel dağılım düzgünlüğünün ($CV@50$ cm) diğer meme plakalarına göre daha yüksek, eksenin altında kalanlarda daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Fonksiyon 4 eksenine basıklık değişkeni negatif korelasyon göstermektedir. Buna göre eksenin altında kalan meme plakalarının grup ortalamasına göre daha düşük basıklık katsayısına sahip olduğu görülmektedir.



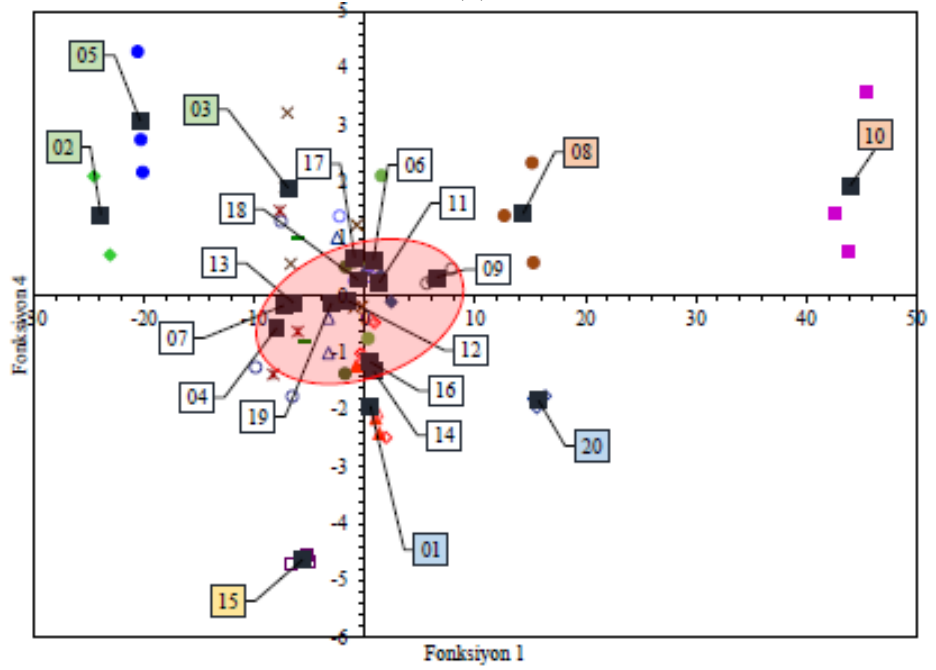
(a)

Şekil 4.7. Doğrusal hareketli simülasyon testlerinde 100 lt ha^{-1} uygulama hacminde belirlenen diskriminant skorları ve grup sendroitlerine göre meme plakalarının numaralarına göre dağılımı (a) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 2, (b) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 3, (c) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 4

Şekil 4.7. (devam)



(b)



(c)

Doğrusal hareketli simülâtörde 100 lt ha⁻¹ uygulama hacmi koşulunda diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Tanımlayıcı fonksiyonların meme plakalarını doğru olarak ayırmadaki başarısı %88.3 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde meme plakalarını tanımlayan bağımsız değişkenlerle tahmin gücü yüksek bir sınıflandırma gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.16. 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları (%88.3 düzeyinde doğru sınıflandırma)

Meme No.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Top. (Σ)
01	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
02	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
03	0	0	66.7	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
04	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
05	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
06	0	0	0	0	0	66.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	0	0	0	0	100
07	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
08	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
09	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66.7	0	0	0	0	33.3	0	0	0	100
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66.7	0	33.3	0	0	0	0	100
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66.7	33.3	0	0	100
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	66.7	0	0	100
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	0	0	0	0	0	0	66.7	0	100
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100

Sonuç olarak ortalama debiden $\pm\%5$ ve $\pm\%10$ sapma gösteren memeler ile paternatör ve simülâtör (100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde) testleri sonucunda grup ortalamasından farklı özellikler taşıyan memeler Çizelge 4.17'de verilmiştir. Diskriminant analizi sonuçlarına göre toplam 11 adet meme plakasının (01, 02, 03, 04, 05, 07, 08, 10, 13, 15 ve 20) debi ve püskürtme paterni özellikleri yönüyle farklı oldukları belirlenmiştir. Tespit edilen meme plakaları paternatör testleriyle karşılaştırıldığında bazı meme plakaları hariç büyük ölçüde benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Paternatör testiyle grubun dışında kalan 14 ve 17 nolu meme plakaları, simülâtör testinde gruba dahil edilmiştir. Simülâtör testinde 03 ve 04 nolu memelerde püskürtme paterni değişkenlerinin grup ortalamalarından farklı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Ortalama debi, paternatör ölçümü ve 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde doğrusal hareketli simülatör testlerinde belirlenen püskürtme paterni değişkenlerine göre grubun dışında kalan meme plakalarının tespiti

Referans/ Yöntem	Meme numarası																			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
±%5*	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
±%10**	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DA _p ¹	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DA ₁₀₀ ²	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

* : ortalama debiden ±%5 sapan meme plakaları

** : ortalama debiden ±%10 sapan meme plakaları

¹ : DA_p, paternatör testlerinde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

² : DA₁₀₀, doğrusal hareketli simülatörde 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

4.4.4.b. 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde püskürtme paterni değişkenleri

Doğrusal hareketli simülatörde 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde yürütülen deneme sonuçlarına göre meme plakaları altı fonksiyonla tanımlanmış ve istatistikler Çizelge 4.18'de verilmiştir. Wilks' lambda istatistiklerine göre meme plakalarını tanımlamada tüm fonksiyonların istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir. En büyük özdeğer istatistiğine sahip olan birinci (1.) fonksiyonla varyansın %64.6'sı açıklanmıştır. İkinci (2.), üçüncü (3.) ve dördüncü (4.) fonksiyonlarla açıklanan varyans sırasıyla %33.0, %1.5 ve %0.5 olarak belirlenmiştir. Buna göre ilk dört fonksiyonla açıklanabilen toplam varyans %99.6 olup diskriminant (ayırma) testi için manidar düzeyde olduğu belirlenmiştir. İlk dört fonksiyonun kanonik korelasyon katsayıları incelendiğinde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü fonksiyonların etki dereceleri sırasıyla 0.998 (0.999²), 0.960 (0.997²), 0.884 (0.940²) ve 0.706 (0.840²) olarak bulunmuştur.

Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyon yüklerine göre birinci fonksiyonda “hüzme açısı”, “patern CV'si” ve “çarpıklık” değişkenlerinin en büyük fonksiyon yüküne sahip olduğu görülmektedir. İkinci fonksiyonda “debi değişkeninin meme plakalarını ayırmada yüksek oranda etkili olduğu belirlenmiştir. Üçüncü fonksiyonda “CV@50 cm”

değişkeninin, dördüncü (4.) fonksiyonda “yüzey kaplama oranı” değişkeninin anlamlı düzeyde diskriminant yüklerine sahip olduğu saptanmıştır. Meme plakalarını tanımlayan diskriminant skorlarının (D_s), oluşturulmasında kullanılan ilk dört fonksiyon altta verilmiştir. Bu dört fonksiyon varyansın büyük bir kısmını açıkladığından (%99.6) diğer fonksiyonlar değerlendirmeye alınmamıştır.

1. fonksiyon;

$$D_s = -182.595 + (90.458 \cdot Q) - (11.092 \cdot \zeta) + (1.000 \cdot \alpha^\circ) + (0.809 \cdot CV_p) + (0.071 \cdot Y_k) + (0.143 \cdot CV_{50cm})$$

2. fonksiyon;

$$D_s = 5.460 - (106.031 \cdot Q) - (7.479 \cdot \zeta) + (0.758 \cdot \alpha^\circ) + (0.522 \cdot CV_p) + (0.241 \cdot Y_k) + (0.132 \cdot CV_{50cm})$$

3. fonksiyon;

$$D_s = -35.029 + (9.170 \cdot Q) - (1.775 \cdot \zeta) + (0.170 \cdot \alpha^\circ) + (0.062 \cdot CV_p) + (0.624 \cdot Y_k) + (0.181 \cdot CV_{50cm})$$

4. fonksiyon;

$$D_s = -10.898 - (6.420 \cdot Q) - (1.779 \cdot \zeta) - (0.141 \cdot \alpha^\circ) + (0.165 \cdot CV_p) + (0.894 \cdot Y_k) + (0.041 \cdot CV_{50cm})$$

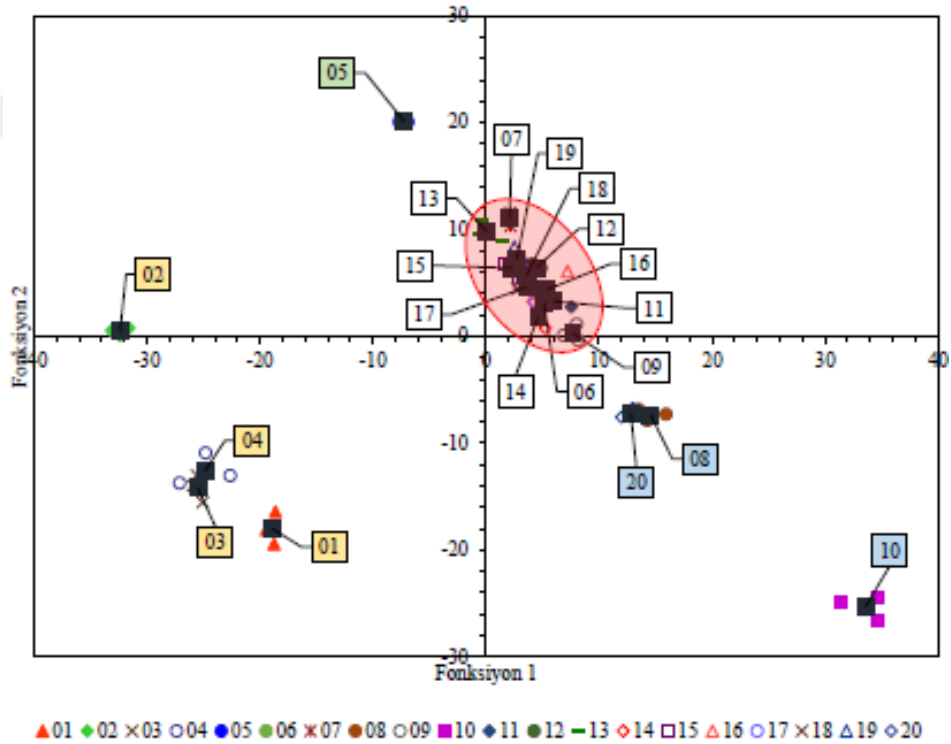
Çizelge 4.18. Doğrusal hareketli simülatör testlerine göre 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen diskriminant analizi sonuçları

Özdeğer istatistikleri	Fonksiyonlar					
	1	2	3	4	5	6
Özdeğerler	334.986	171.196	7.621	2.403	1.205	0.822
Açıklanan varyans (%)	64.6	33.0	1.5	0.5	0.2	0.2
Kümülatif varyans (%)	64.6	97.7	99.1	99.6	99.8	100
Kanonik korelasyon	0.999	0.997	0.940	0.840	0.739	0.672
İstatistikler	Fonksiyonların önem testi					
	1	2	3	4	5	6
Wilks' Lambda	0.000	0.000	0.008	0.073	0.249	0.549
SD (Serbestlik derecesi)	114	90	68	48	30	14
p (sigma)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
Değişkenler	Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyon yükleri					
	1	2	3	4	5	6
Yüz. kaplama oranı (Y_k)	0.070	0.239	0.620	0.888	0.256	0.002
Hüzme açısı (α°)	1.614	1.223	0.274	-0.227	0.827	0.318
Patern CV'si (CV_p)	2.843	1.834	0.217	0.578	-0.011	-0.138
Çarpıklık (ζ)	-1.756	-1.184	-0.281	-0.282	-0.304	1.034
$CV@50$ cm (CV_{50cm})	0.772	0.714	0.979	0.222	-0.667	-0.295
Debi (Q)	0.671	-0.786	0.068	-0.048	-0.003	0.001
Değişkenler	Kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları					
	1	2	3	4	5	6
Yüz. kaplama oranı (Y_k)	0.071	0.241	0.624	0.894	0.258	0.002
Hüzme açısı (α°)	1.000	0.758	0.170	-0.141	0.512	0.197
Patern CV'si (CV_p)	0.809	0.522	0.062	0.165	-0.003	-0.039
Çarpıklık (ζ)	-11.092	-7.479	-1.775	-1.779	-1.919	6.530
$CV@50$ cm (CV_{50cm})	0.143	0.132	0.181	0.041	-0.123	-0.055
Debi (Q)	90.458	-106.031	9.170	-6.420	-0.389	0.111
Sabit (C)	-182.595	5.460	-35.029	-10.898	-27.411	-3.765

** : çok önemli ($p < 0.01$); ^{ns} : önemsiz

Şekil 4.8a, 4.8b ve 4.8c'de her bir fonksiyon için belirlenen diskriminant skorlarının koordinat düzlemindeki dağılımları ve meme plakalarının grup sendroitlerine göre yerleşimi gösterilmiştir. Püskürtme paterni değişkenleri benzer olan meme plakaları elips içinde gösterilmiştir. Fonksiyon 1 eksenini (yatay eksen) meme plakalarını "patern CV'si", "çarpıklık" ve "hüzme açısı" değişkenlerine göre sınıflandırmaktadır. Yatay eksenin merkezinden ayrılan meme plakaları "çarpıklık" değişkeniyle negatif, "patern CV'si" ve "hüzme açısı" değişkenleriyle pozitif korelasyon göstermektedir. Yatay eksenin altında

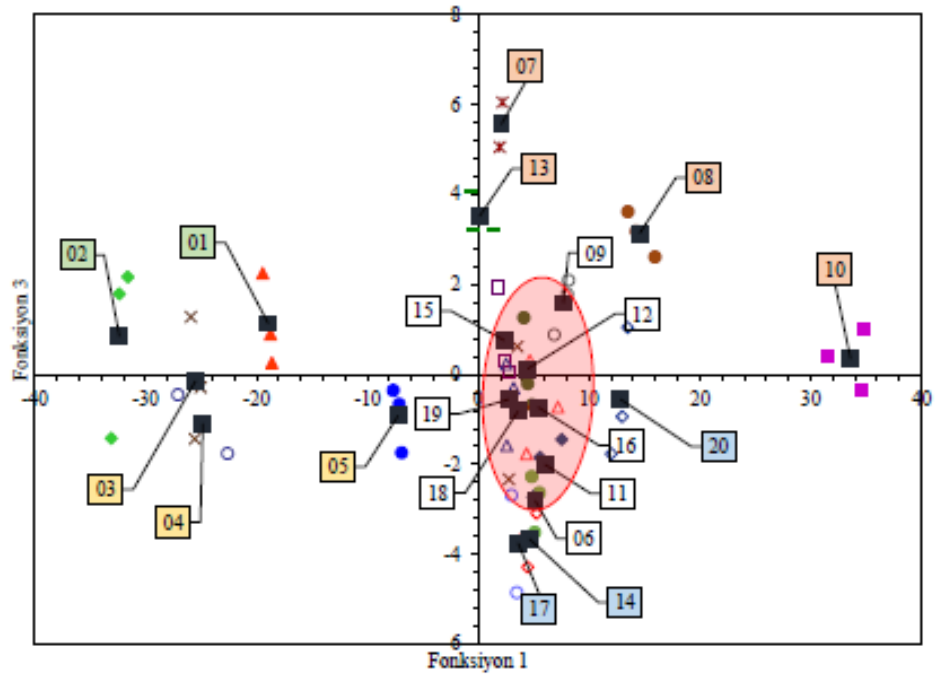
kalan meme plakalarının “patern CV’si” veya “hüzme açısı” ortalamaları diğer meme plakalarına göre daha düşüktür. Ancak negatif değer alan “çarpıklık” katsayısı ise negatif korelasyondan dolayı daha düşük ortalamaya sahiptir. Fonksiyon 2 (düşey eksen) eksenine meme plakalarını debi değişkeniyle ayırmakta ve aralarında negatif yönlü korelasyon bulunmaktadır. Bu durum eksenin altında kalan meme plakalarında debinin ortalamadan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Fonksiyon 3’de en büyük diskriminant yükü “CV@50 cm” değişkeninde bulunmuştur. Şekilde gösterilen Fonksiyon 3 ekseninin üzerinde bulunan meme plakalarında CV@50 cm’nin ortalamadan daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Fonksiyon 4’ü tanımlayan değişkenler arasında pozitif korelasyonlu “yüzey kaplama oranı” değişkeninin diğerlerine göre daha yüksek diskriminant yüküne sahip olduğu görülmektedir. Fonksiyon 4 ekseninin orijininin ayrılan meme plakalarında yüzey kaplama oranı ortalamalarının farklı olduğu anlaşılmaktadır.



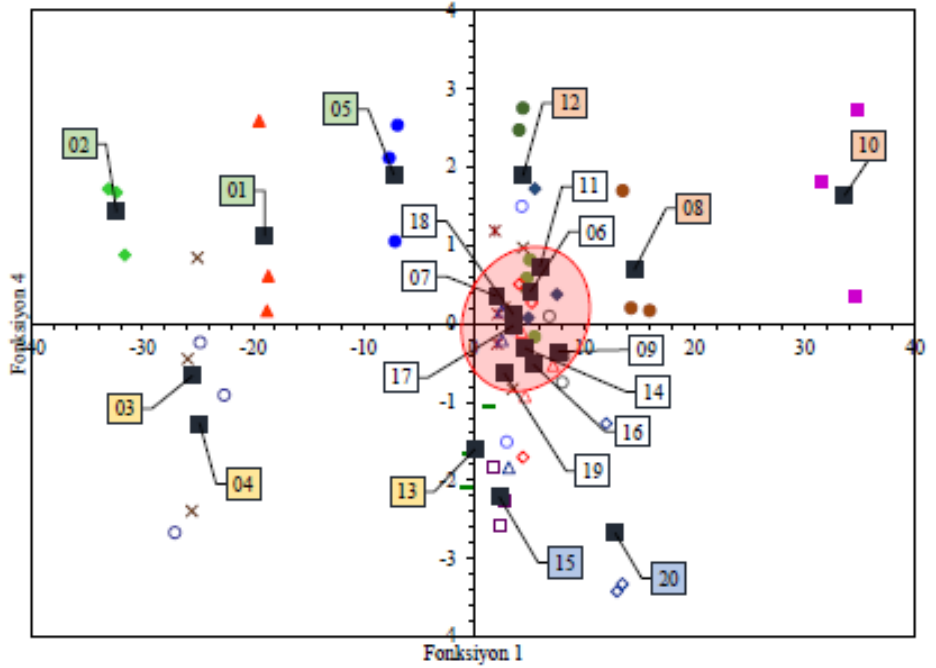
(a)

Şekil 4.8. Doğrusal hareketli simülasyon testlerinde 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen diskriminant skorları ve grup sendroitlerine göre meme plakalarının numaralarına göre dağılımı (a) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 2, (b) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 3, (c) Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 4

Şekil 4.8. (devam)



(b)



(c)

Doğrusal hareketli simülatörde 150 lt ha⁻¹ uygulama hacmi koşulunda diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Tanımlayıcı fonksiyonların meme plakalarını doğru olarak ayırmadaki başarısı %91.7 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde meme plakalarını tanımlayan bağımsız değişkenlerle tahmin gücü yüksek bir sınıflandırma gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.19. 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları (%91.7 düzeyinde doğru sınıflandırma)

Meme No.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Top. (Σ)
01	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
02	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
03	0	0	66.7	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
04	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
05	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
06	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
07	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
08	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
09	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
11	0	0	0	0	0	33.3	0	0	0	0	66.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100
14	0	0	0	0	0	33.3	0	0	0	0	0	0	0	66.7	0	0	0	0	0	0	100
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
17	0	0	0	0	0	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66.7	0	0	0	100
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	66.7	0	0	100
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100

Sonuç olarak ortalama debiden $\pm\%5$ ve $\pm\%10$ sapma gösteren memeler ile paternatör (DA_p) ve simülatör (DA₁₀₀, 100 lt ha⁻¹ ve DA₁₅₀, 150 lt ha⁻¹ uygulama hacimlerinde) testleri sonucunda grup ortalamalarından farklı özellikler taşıyan memeler Çizelge 4.20’de verilmiştir. Diskriminant analizi sonuçlarına göre toplam 14 adet meme plakasının (01, 02, 03, 04, 05, 07, 08, 10, 12, 13, 14, 15, 17 ve 20) debi, püskürtme paterni ve yüzey kaplama oranı özellikleri yönüyle farklı oldukları belirlenmiştir. Tespit edilen meme plakaları paternatör testleriyle karşılaştırıldığında büyük ölçüde benzerlik gösterdiği saptanmıştır. 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde doğrusal hareketli simülatörde yürütülen test sonuçlarına göre paternatör testinden farklı olarak 03, 04 ve 12 numaralı meme plakalarının grubun dışında bırakıldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.20. Ortalama debi, paternatör ölçümü ve 100 lt ha⁻¹ ve 150 lt ha⁻¹ uygulama hacimlerinde doğrusal hareketli simülatör testlerinde belirlenen püskürtme paterni değişkenlerine göre grubun dışında kalan meme plakalarının tespiti

Referans/ Yöntem	Meme numarası																			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
±%5*	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
±%10**	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DA _p ¹	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DA ₁₀₀ ²	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DA ₁₅₀ ³	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

* : ortalama debiden ±%5 sapan meme plakaları

** : ortalama debiden ±%10 sapan meme plakaları

¹ : DA_p, paternatör testlerinde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

² : DA₁₀₀, doğrusal hareketli simülatörde 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

³ : DA₁₅₀, doğrusal hareketli simülatörde 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

4.4.4.c. 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde püskürtme paterni değişkenleri

Doğrusal hareketli simülatörde 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde yürütülen deneme sonuçlarına göre meme plakaları beş fonksiyonla tanımlanmış ve istatistikler Çizelge 4.21’de verilmiştir. Wilks’ lambda istatistiklerine göre meme plakalarını tanımlamada tüm fonksiyonların istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir. En büyük özdeğer istatistiğine sahip olan birinci (1.) fonksiyonla varyansın %89.7’si açıklanmıştır. İkinci (2.), üçüncü (3.) ve dördüncü (4.) fonksiyonlarla açıklanan varyans sırasıyla %5.1, %3.9 ve %0.8 olarak belirlenmiştir. Buna göre ilk dört fonksiyonla açıklanabilen toplam varyans %99.6 olup diskriminant (ayırma) testi için manidar düzeyde olduğu belirlenmiştir. İlk dört fonksiyonun kanonik korelasyon katsayıları incelendiğinde birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü fonksiyonların etki dereceleri sırasıyla 0.998 (0.999²), 0.931 (0.965²), 0.910 (0.954²) ve 0.974 (0.821²) olarak bulunmuştur.

Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyon yüklerine göre birinci fonksiyonda

“debi” en büyük fonksiyon yüküne sahip olduğu görülmektedir. İkinci fonksiyonda “CV@50 cm” değişkeninin meme plakalarını ayırmada yüksek oranda etkili olduğu belirlenmiştir. Üçüncü fonksiyonda “yüzey kaplama oranı” değişkeninin, dördüncü (4.) fonksiyonda “damla yoğunluğu” değişkeninin anlamlı düzeyde diskriminant yüklerine sahip olduğu saptanmıştır. Meme plakalarını tanımlayan diskriminant skorlarının (D_s), oluşturulmasında kullanılan ilk dört fonksiyon altta verilmiştir. Bu dört fonksiyon tarafından açıklanan varyansın yüksek olması ve 5. fonksiyonda “hüzme açısı” değişkenindeki yükün 3. ve 4. fonksiyonda da manidar olması nedeniyle son fonksiyon değerlendirmeye alınmamıştır.

1. fonksiyon;

$$D_s = -116.502 + (141.04 \cdot Q) + (0.162 \cdot \alpha^\circ) - (0.113 \cdot Y_k) - (0.053 \cdot CV_{50cm}) - (0.014 \cdot D_y)$$

2. fonksiyon;

$$D_s = -31.474 + (11.955 \cdot Q) + (0.127 \cdot \alpha^\circ) + (0.157 \cdot Y_k) + (0.253 \cdot CV_{50cm}) + (0.021 \cdot D_y)$$

3. fonksiyon;

$$D_s = -11.680 + (10.958 \cdot Q) - (0.300 \cdot \alpha^\circ) + (0.777 \cdot Y_k) + (0.083 \cdot CV_{50cm}) + (0.009 \cdot D_y)$$

4. fonksiyon;

$$D_s = -11.924 - (1.160 \cdot Q) + (0.272 \cdot \alpha^\circ) + (0.163 \cdot Y_k) + (0.055 \cdot CV_{50cm}) - (0.032 \cdot D_y)$$

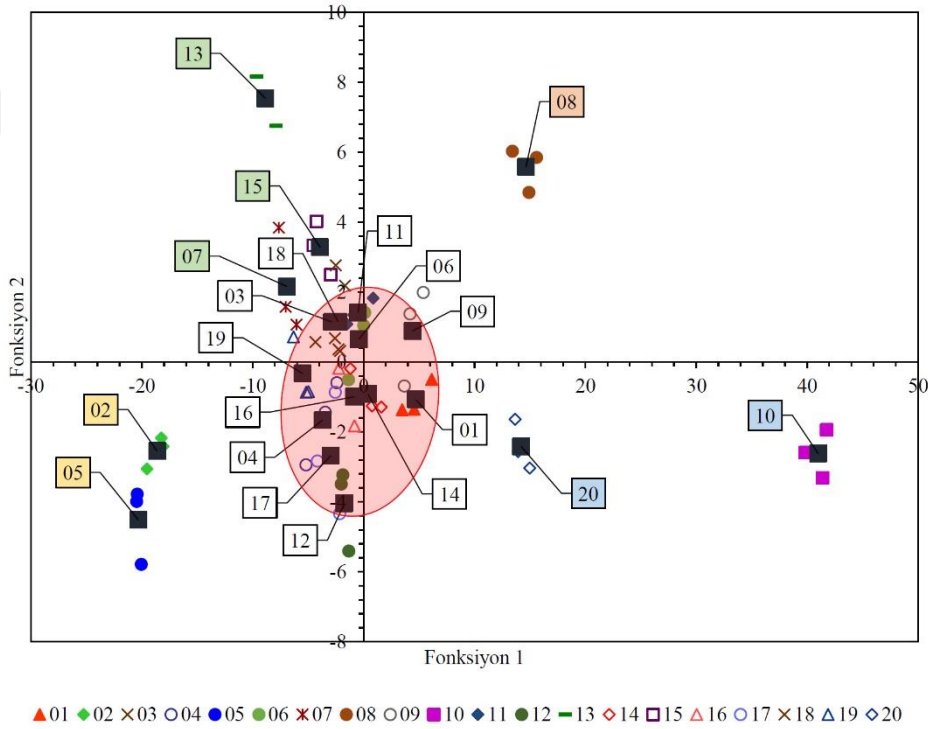
Çizelge 4.21. Doğrusal hareketli simülatör testlerine göre 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen diskriminant analizi sonuçları

Özdeğer istatistikleri	Fonksiyonlar				
	1	2	3	4	5
Özdeğerler	233.273	13.363	10.075	2.073	1.148
Açıklanan varyans (%)	89.7	5.1	3.9	0.8	0.4
Kümülatif varyans (%)	89.7	94.9	98.8	99.6	100
Kanonik korelasyon	0.998	0.965	0.954	0.821	0.731
İstatistikler	Fonksiyonların önem testi				
	1	2	3	4	5
Wilks' Lambda	0.000	0.001	0.014	0.152	0.466
SD (Serbestlik derecesi)	95	72	51	32	15
p (sigma)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Değişkenler	Standartlaştırılmış kanonik diskriminant fonksiyon yükleri				
	1	2	3	4	5
Yüz. kaplama oranı (Y_k)	-0.152	0.212	1.046	0.220	0.191
Hüzme açısı (α°)	0.288	0.227	-0.534	0.483	0.733
CV@50 cm(CV_{50cm})	-0.198	0.953	0.312	0.206	-0.460
Debi (Q)	1.046	0.089	0.081	-0.009	-0.016
Damla yoğunluğu (D_y)	-0.382	0.568	0.243	-0.851	0.176
Değişkenler	Kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları				
	1	2	3	4	5
Yüz. kaplama oranı (Y_k)	-0.113	0.157	0.777	0.163	0.142
Hüzme açısı (α°)	0.162	0.127	-0.300	0.272	0.412
CV@50 cm(CV_{50cm})	-0.053	0.253	0.083	0.055	-0.122
Debi (Q)	141.04	11.955	10.958	-1.160	-2.156
Damla yoğunluğu (D_y)	-0.014	0.021	0.009	-0.032	0.007
Sabit (C)	-116.502	-31.474	-11.680	-11.924	-20.755

** : çok önemli (p<0.01); ns: önemsiz

Şekil 4.9a, 4.9b ve 4.9c'de her bir fonksiyon için belirlenen diskriminant skorlarının koordinat düzlemindeki dağılımları ve meme plakalarının grup sendroitlerine göre yerleşimi gösterilmiştir. Püskürtme paterni değişkenleri benzer olan meme plakaları elips içinde gösterilmiştir. Fonksiyon 1 eksen (yatay eksen) debi değişkeniyle pozitif yönde korelasyon göstermektedir. Bu nedenle yatay eksenin üzerinde ve orijinden ayrılan meme plakalarının grup sendroitleri daha yüksek debili, altında olanlar daha düşük debilidir. Fonksiyon 2 eksen (düşey eksen) pozitif yönlü korelasyon gösteren "CV@50 cm"

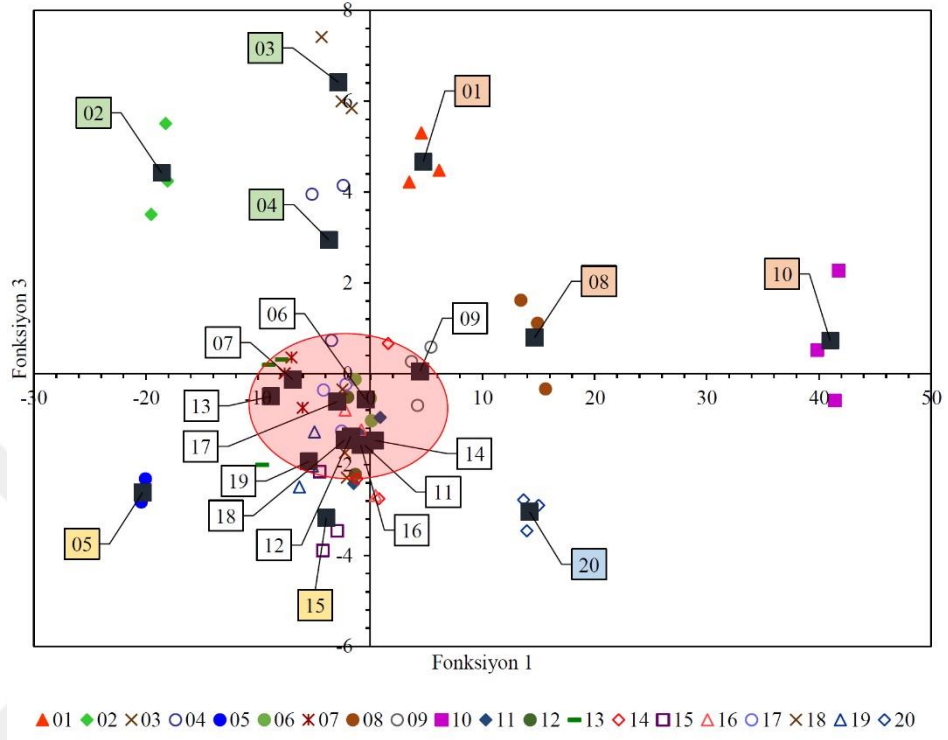
değişkenine göre orijinden ayrılan meme plakaları düşey eksenin üzerinde ve altında görülmektedir. Eksenin üstünde merkezden ayrılan meme plakalarında $CV@50$ cm ortalamalarının diğer memelerden daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Fonksiyon 3 eksenini pozitif korelasyonlu “yüzey kaplama oranı” değişkenine göre, Fonksiyon 4 eksenini negatif korelasyonlu “damla yoğunluğu” değişkenine göre meme plakalarını sınıflandırmaktadır. Ancak her iki fonksiyonda da (Fonksiyon 3 ve Fonksiyon 4) “hüzme açısı” değişkeninin yüksek oranda diskriminant yüküne sahip olduğu gözlemlenmiştir. Fonksiyon 3 ekseninin üzerinde orijine göre uzakta olan meme plakalarının “yüzey kaplama oranı” diğer meme plakalarına göre daha yüksek, eksenin altında kalanlarda daha düşük olduğu saptanmıştır. Fonksiyon 4 ekseniniyle negatif korelasyon gösteren “damla yoğunluğu” değişkenine göre eksenin altında kalan meme plakalarında ortalamaların daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.



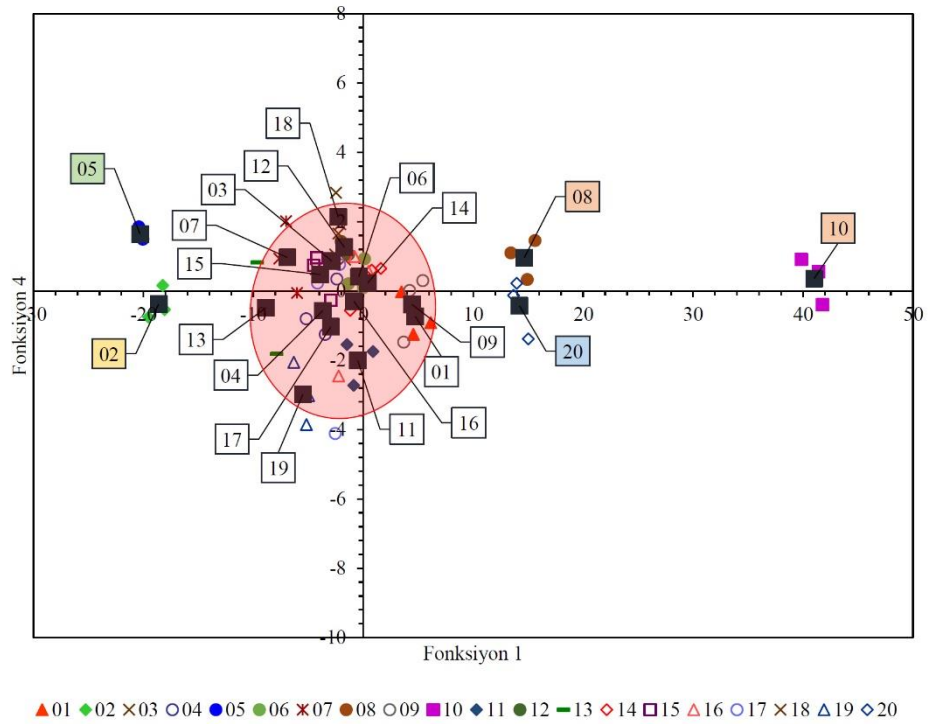
(a)

Şekil 4.9. Doğrusal hareketli simülasyon testlerinde 200 lt ha^{-1} uygulama hacminde belirlenen diskriminant skorları ve grup sendroitlerine göre meme plakalarının numaralarına göre dağılımı (a) fonksiyon 1 ve fonksiyon 2, (b) fonksiyon 1 ve fonksiyon 3

Şekil 4.9. (devam)



(b)



(c)

Doğrusal hareketli simülâtörde 200 lt ha⁻¹ uygulama hacmi koşulunda diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Tanımlayıcı fonksiyonların meme plakalarını doğru olarak ayırmadaki başarısı %95.0 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde meme plakalarını tanımlayan bağımsız değişkenlerle tahmin gücü yüksek bir sınıflandırma gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.22. 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları (%95.0 düzeyinde doğru sınıflandırma)

Meme No.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Top. (Σ)
01	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
02	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
03	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
04	0	0	0	66.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	0	0	0	100
05	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
06	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
07	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
08	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
09	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	0	0	0	0	33.3	0	33.3	0	100
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100

Sonuç olarak ortalama debiden $\pm\%5$ ve $\pm\%10$ sapma gösteren memeler ile paternatör (DA_p) ve simülâtör (DA₁₀₀, 100 lt ha⁻¹; DA₁₅₀, 150 lt ha⁻¹ ve DA₂₀₀, 200 lt ha⁻¹ uygulama hacimlerinde) testleri sonucunda grup ortalamalarından farklı özellikler taşıyan memeler Çizelge 4.23’de verilmiştir. Diskriminant analizi sonuçlarına göre toplam 11 adet meme plakasının (1, 02, 03, 04, 05, 07, 08, 10, 13, 15 ve 20) debi, püskürtme paterni, yüzey kaplama oranı ve damla yoğunluğu özellikleri yönüyle farklı oldukları belirlenmiştir. Tespit edilen meme plakaları paternatör testleriyle karşılaştırıldığında büyük ölçüde benzerlik gösterdiği saptanmıştır. 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde doğrusal hareketli simülâtörde yürütülen test sonuçlarına göre paternatör testinden farklı olarak 14 ve 17 numaralı meme plakalarının grup ortalamalarından farklı olmadığı ve gruba dahil edildiği

saptanmıştır. 200 lt ha⁻¹'da grup ortalamalarından farklı olduğu tespit edilen meme plakalarının 100 lt ha⁻¹ uygulama hacmi sonuçlarıyla aynı bulunmuştur.

Çizelge 4.23. Ortalama debi, paternatör ölçümü ve 100 lt ha⁻¹, 150 lt ha⁻¹ ve 200 lt ha⁻¹ uygulama hacimlerinde doğrusal hareketli simülatör testlerinde belirlenen püskürtme paterni değişkenlerine göre grubun dışında kalan meme plakalarının tespiti

Referans/ Yöntem	Meme numarası																			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
±%5*	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
±%10**	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DA _p ¹	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DA ₁₀₀ ²	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DA ₁₅₀ ³	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DA ₂₀₀ ³	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

* : ortalama debiden ±%5 sapan meme plakaları

** : ortalama debiden ±%10 sapan meme plakaları

¹ : DA_p, paternatör testlerinde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

² : DA₁₀₀, doğrusal hareketli simülatörde 100 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

³ : DA₁₅₀, doğrusal hareketli simülatörde 150 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

⁴ : DA₂₀₀, doğrusal hareketli simülatörde 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde belirlenen değişkenlere göre diskriminant analiziyle (DA) grubun dışında tespit edilen meme plakaları

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Pülverizatör Memelerinin İşletme Parametreleri

Püskürtme simülatörünün hareket hızı her bir memenin debisine göre hesaplanmıştır. Uygulama hacmi arttığında daha düşük ilerleme hızlarında çalışılmıştır. Meme debisi sapma sınırı $\pm\%5$ olduğunda 7 adet; $\pm\%10$ olduğunda 5 adet içi boş konik hüzmeli meme plakası belirtilen aralığın dışında kalmıştır. Bitki koruma makinalarının kalibrasyonunda sapma sınırının dışında kalan memelerin yenileriyle değiştirilmesi gerekmektedir. Ancak aynı nominal debide olmasına rağmen meme orifisinde üretim hatası, çapak oluşumu ve aşınma nedeniyle oluşabilecek şekilsel bazı farklılıklar püskürtme paterninin bozulmasına neden olabilmektedir (Sayıncı 2016a; Sayıncı 2016b). Bu durum meme püskürtme testlerinde debinin yanı sıra püskürtme paterniyle ilgili şekilsel göstergeleri kapsayan değişkenlerin dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu araştırmada içi boş konik hüzmeli memelerde debi değişkeniyle birlikte, püskürtme paterni ve bazı pülverizasyon testleri gerçekleştirilerek ortalamadan farklı olan meme plakaları tespit edilmiştir.

5.2. Paternatörde Belirlenen Püskürtme Paterni Değişkenleri

Akış düzgünlüğünün kontrolü için yapılan meme püskürtme testlerinde birden fazla bağımsız değişken belirlenebilmektedir. Bu değişkenler çok değişkenli istatistik analiz yöntemleriyle test edilerek grup ortalamasından farklı olan meme plakalarının tespiti mümkün olabilmektedir.

Yüzeysel ilaçlama yapan pülverizatörlerde püskürtme memeleri standart 50 cm aralıklarla yerleştirilmekte ve bu düzende hacimsel dağılıma ait varyasyonun (CV) %10 sınırının altında olması gerektiği bildirilmiştir (Azimi *et al.* 1985; Krishnan *et al.* 1988). Mekanik paternatörde yürütülen denemelerde ise her meme için yan yana yerleştirme düzeninde varyasyon %5.2-%21.2 aralığında değişmiştir. Ancak sadece CV değerlerine göre değil, püskürtme paternine ait birden fazla değişkenin dikkate alınarak meme

plakalarının akış özellikleriyle ilgili benzerlik ya da farklılıkların ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu amaçla yapılan MANOVA analizinde şansa bağlı seçilen 20 adet meme plakasından 11 tanesinin akış karakteristikleri yönüyle farklı özellikler taşıdığı saptanmıştır. Püskürtme paterni değişkenlerine göre yapılan uygunluk testinde debi değişkeni de analize dahil edilmektedir. Pülverizatör memelerinde orifis düzgünlüğü sadece debinin değil, püskürtme paternine ait pek çok özelliğin de önemli ölçüde değişmesine yol açabilmektedir. Nitekim Sayıncı (2016b), pülverizatör memeleri arasında aynı orifis ölçüsü ve akış düzgünlüğü sağlandığında püskürtme kolu boyunca homojen bir dağılımın sağlanabileceğini bildirmiştir. Bu nedenle gerek üretim kalitesinin kontrolü, gerekse aşınma ya da ömür testlerinde pülverizatör memelerinin püskürtme paterniyle ilgili değişkenlerin de incelenmesi gerekmektedir.

5.3. Suya Duyarlı Kartlarda Görüntü Özellikleri ve Pülverizasyon Değişkenleri

Araştırmalarda suya duyarlı kart görüntüleri için uygun sınır şartlarının belirlenmesi görüntü işleme yönteminin önemli bir aşamasını oluşturmaktadır. Ancak bu tür araştırmalarda sınır şartlarının operatör deneyimine bağlı olduğu belirtilmektedir (Franz 1993). Ayrıca çok sayıda örneğin kullanıldığı araştırmalarda analiz sürecinin tamamlanabilmesi için büyük bir zamana ihtiyaç duyulmakta ve metodoloji açısından pratik görünmemektedir. Görüntü işlem aşamaları için çeşitli algoritmaların geliştirilmesi operatörler arasında kalitatif değerlendirmeye dayalı tercihleri ortadan kaldıracığı gibi analiz yöntemine bir standardizasyon getirecektir. Bu çalışmada her bir kart örneğinin analizi için uygun eşik değeri, kartın ortalama gri tonlama seviyesine bağlı olarak doğrusal bir eşitlikle belirlenmiş, böylelikle sınır şartları operatör tercihinin bırakılmamış ve analiz prosedürleri standardize edilerek görüntü işlemenin pratik bir yolla kısa zamanda gerçekleştirilmesi mümkün olmuştur.

Uygulama hacmi arttığında daha yüksek bir kaplamanın oluşması beklenmektedir. Ancak 100 lt ha⁻¹'a göre uygulama hacmi 1.5 ve 2 kat arttığında yüzey kaplama ortalaması aynı oranda değil, daha yüksek oranda arttığı dikkat çekmektedir. Örneğin 01 numaralı meme plakasının 100 lt ha⁻¹ uygulama hacmindeki kaplama oranı %9.7 olup, uygulama hacmi

150 lt ha⁻¹ (1.5 kat) ve 200 lt ha⁻¹ (2 kat) olduğunda yüzey kaplama oranı ortalamaları sırasıyla 2 kat (%19.4) ve 2.4 (%23.7) kat artmıştır. Birim alana ulaşan damla hacmi leke analiziyle tahmini olarak hesaplanmıştır. Ancak suya duyarlı kart yüzeylerinde kaplama oranı (%) ve hedef yüzeyde damla birikim hacminin ($\mu\text{l cm}^{-2}$) sonraki süreçte yapılacak çalışmalarla doğrulanması gerekmektedir. Nitekim uygulama hacmindeki artışa karşılık damla yoğunluğunun artması beklenirken, 200 lt ha⁻¹ uygulama hacminde bazı meme plakaları için belirlenen ortalama damla yoğunluğunun tam tersine, azaldığı saptanmıştır. Uygulama hacmi arttığında damlaların hedef yüzeyde üst üste binmesi ve hedefe hareket eden damlaların yüzeye ulaşmadan havada iken birleşme olasılığı yüksek görünmektedir. Kart yüzeylerinde üst üste gelen damlalar ayrıştırılamamakta ve damla hacmi tahminindeki hata payının artmasına yol açmaktadır.

Araştırmada yüzey kaplama oranı değişkeninin, kart görüntülerinin ortalama gri tonlama seviyesine bağlı olduğu ve her iki değişken arasındaki ilişkinin polinamiyal bir eşitlikle açıklanabildiği ortaya konmuştur. Kart yüzeylerinde ölçülen kaplama oranı, damla birikiminin bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Yüzeye temas eden damlanın yayılma katsayısı bilindiğinden yüzeyde ölçülen damlanın leke çapına bağlı olarak havadaki damlanın küresel çapı ve buna bağlı damla hacmi tahmin edilebilmektedir. Ancak üç boyutlu bir düzlemde hareket eden damla kümesinin iki boyutlu bir örnekleme yüzeyinde hesaplanması oldukça güçtür. Damlanın havada iken birleşmesi ya da damlanın örnekleme yüzeyine üst üste düşmesi doğru tahmini azaltan en önemli faktörlerdir. Bu nedenle suya duyarlı kart yüzeylerinde damla birikim hacminin yüksek bir doğrulukla tahmini için maksimum uygulama hacmi parametresinin damla çapı değişkeniyle birlikte metodolojik açıdan ele alınarak ayrıca araştırılması gerekmektedir.

5.4. Doğrusal Hareketli Simülatörde Püskürtme Paterni Değişkenleri

Suya duyarlı kartlarda yapılan görüntü analiz yöntemine göre püskürtme paterninin uç kısımlarında ortalama %20 oranında düşük olan yüzey kaplama oranı değerleri analize dahil edilmemektedir. Dolayısıyla 100 lt ha⁻¹'da püskürtme paterninin her iki uç kısmında ölçülen yüzey kaplama oranı değerleri oldukça düşük seviyelerde olduğundan

püskürtme genişliği ve hüzme açısı ortalamaları düşük bulunmuştur. Bu sonuç suya duyarlı kart yönteminde hüzme açısı ve püskürtme genişliği değişkenlerinin 100 lt ha^{-1} 'dan daha büyük uygulama hacimlerinde belirlenmesi gerektiğini göstermiştir. Nitekim eşli karşılaştırma testi sonuçlarına göre paternatörde ölçülen püskürtme genişliği değişkeninin simülatörde ölçülenden farklı olduğu, ancak 150 ve 200 lt ha^{-1} 'da yöntemler arasında ortalamalar açısından önemli bir farkın bulunmadığı saptanmıştır. Bunun yanı sıra damla yoğunluğu ortalamalarına göre uygulama hacmi 200 lt ha^{-1} olduğunda kart yüzeyine ulaşan damlaların bir kısmının üst üste düşerek ayırt edilebilirliğinin azaldığı ve bu nedenle 150 lt ha^{-1} ve 200 lt ha^{-1} uygulama hacimlerinde damla yoğunluğunun değişmediği saptanmıştır. Bu sonuca göre suya duyarlı kart yönteminde damla yoğunluğu ölçümleri için 200 lt ha^{-1} 'dan daha düşük uygulama hacimlerinde püskürtmenin uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Sabit konumda paternatörde yapılan püskürtme paterni ölçümleri ile hareketli konumda yapılan simülatör ölçümleri sadece hüzme açısı ve püskürtme genişliği değişkenleri için benzerlik göstermektedir. Bu değişkenlerin dışında paternin CV 'si, çarpıklık, basıklık ve 50 cm meme aralığında hacimsel dağılım düzgünlüğü ($CV@50 \text{ cm}$) değişkenlerinin ölçülmesinde her iki yöntemin birbirlerinden farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak patern CV 'si ve çarpıklık değişkenleri hariç, her iki yöntemde belirlenen değişkenler arasında anlamlı düzeyde bir ilişkinin olduğu eşli karşılaştırma testiyle doğrulanmıştır. Korelasyon testine göre paternatörde ölçülen patern CV 'si ve çarpıklığın simülatör ölçümlerini doğrular nitelikte bir yargı oluşturmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle her iki değişkenin paternatör ve simülatörde yapılan ölçümleri arasında uyum sorununun olduğu açıktır. Bir anlamda bu sonuç sabit konumda patern CV 'si ve çarpıklık değişkenlerinin hareketli konumdaki ölçümler üzerinde bağlayıcı bir nitelik taşımadığını göstermektedir.

Doğrusal hareketli simülatör testlerinde varılan sonuçlar paternatörde yapılan testleri büyük ölçüde doğrulamaktadır. Ancak 150 lt ha^{-1} uygulama hacminde yürütülen test sonuçlarına göre suya duyarlı kart yüzeylerinde damla yoğunluğu, püskürtme genişliği ve hüzme açısı değişkenlerinin ölçme doğruluğu daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca püskürtme paterni açısından farklı ölçüm ekipmanlarıyla değişken sayısı arttırılabileceği

gibi püskürtme paternini tanımlayan sınırlı sayıdaki değişkenlerle de analizi gerçekleştirmek mümkün görünmektedir. Bu noktada sınırlı sayıdaki değişkenin meme gruplarını tasnif etmedeki gücünün yüksek olması gerekmektedir.

5.5. Simülator Testlerinin Kullanım Amacı Yönüyle Değerlendirilmesi

Doğrusal hareketli simülatorde püskürtme paterni testlerinin suya duyarlı kartlarla yapılabileceği kanaatine varılmıştır. Simülatorde memenin hareketli konumda püskürtme yaparken paterninin belirlenmesi, gerçek uygulama koşullarını yansıtmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem, mekanik paternator ölçümlerinin yanı sıra püskürtmenin akış özelliklerini açığa çıkardığından ayrı bir test metodu özelliği taşımaktadır.

Bu çalışmada kullanılan deneysel ve istatistiksel analizler pratikte yeni üretilen meme plakalarının üretim kalitesini belirlemede örnek bir değerlendirme metodu özelliği taşımaktadır. Bunun yanı sıra standartlara uygunluk açısından yeni üretimleri referans memelerle karşılaştırarak üretimin kalite-kontrol aşamasında bir model özelliği taşımaktadır. Ayrıca ömür testlerinde memenin güvenli kullanım süresini belirlemede uygun bir değerlendirme yöntemi olarak kullanılabilir. Ancak bu test metodunun debi, püskürtme paterni ve akış özellikleri yönüyle standartları önceden belirlenmiş referans memelerle yapılması, püskürtme paterni özellikleri eşdeğer olmayan memelerin tespiti açısından büyük önem arz etmektedir. Bu araştırma belirli bir sistematik içinde yürütülmüştür. Ancak suya duyarlı kart analizlerinin daha pratik şekilde yapılabilmesi için bu amaç doğrultusunda geliştirilmiş tam ya da yarı otomasyonlu analiz ekipmanlarına gereksinim duyulmaktadır.

Bu araştırmanın sonraki hedefi; prototip olarak geliştirilen doğrusal hareketli simülator testleriyle pülverizatör memelerinin üretim standartlarına uygunluğunu test etmek, meme ömür testlerini gerçekleştirmek, yeni meme üretiminde püskürtme paterni referanslarını belirlemek, referans memelere göre üretimin kalite-kontrol denetimlerini gerçekleştirmektir.

KAYNAKLAR

- Agnew, K.M., Barber, G. and Rubin, D., 1999. Automated spray patternator. Team 14. <http://www.me.udel.edu/meeg447/98/serffiles/fall3-progress-reviews/progrev-14.ppt> (15.05.2017).
- ASAE Standards, 2001. Guide for Preparing Field Sprayer Calibration Procedures EP 367.2 JAN01, 225-227.
- Atçioğlu, T., 2006. Yerli yapım bir tarla pülverizatörüne elektronik kontrol sisteminin uygulanması ve etkinliğinin saptanması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 49 s.
- Azimi A. H., Carpenter, T. G. and Reichard, D. L., 1985. Nozzle spray distribution for pesticide application. Transactions of the ASAE, 28 (5), 1410-1414.
- Bayat, A. ve Yarpuz-Bozdoğan, N., 2003. Yeni tip püskürtme memelerinin (DG, AI ve TT) ilaç sürüklenme potansiyellerinin bir rüzgar tüneline saptanması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (3), 47-56.
- Biocca, M. and Gallo, P., 2014. Comparison between horizontal and vertical lamellate patternators for air-blast sprayers. The Open Agriculture Journal, 8, 12-17.
- Bode, L.E., Butler, B.J., Pearson, S.L. and Bouse, L.F., 1983. Characteristics of the micromax rotary atomizer. Transactions of the ASAE, 24 (4), 999-1004.
- Bozdoğan, N.Y. and Bayat, A., 2005. Spray deposition and drift potential of an air-assisted atomizer (Turbofan ® Sprayhead) in spraying cotton plants. Proceedings of the 9. International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27. International Congress on CIGR Section IV: The efficient Use of Electricity Renewable Sources in Agriculture, Sep., İzmir, 27-29.
- Coates, W., 1996. Spraying technologies for cotton: Deposition and Efficacy. Applied Engineering in Agriculture, 12 (3), 287-296.
- Coates, W. and Palumbo, J., 1997. Deposition and efficacy of Capture and Thiodan applied to cantalupes using five sprayers. Applied Engineering in Agriculture, 13 (2), 181-188.
- Çelen, İ.H., 2016. Hava emişli yelpaze hüzmeli püskürtme memelerinde püskürtme dağılımının ilerleme hızına bağlı olarak değişimi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (1), 99-106.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş., 2016. Sosyal Bilimler İçin Çok Değişkenli İstatistik: SPSS ve LISREL Uygulamaları. Pegem Akademi, ISBN: 978-605-5885-67-0, 414 s.
- Delevan 2003. Delevan Spray Technologies. Total Control, Industrial Nozzles and Accessories. Delevan Ltd., England.
- Dursun, E. Çilingir, İ. ve Güner, M., 1994. Tarla pülverizatörlerinde koruyucu perdeli bum sisteminin ilaç kayıpları ve ilaç dağılım düzgünlüğü etkilerinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ.
- Dursun, E., Çilingir, İ. ve Erman, A., 2005. Tarımsal savaş ve mekanizasyonunda yeni yaklaşımlar. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, 6(1), 669-686.
- Dursun, E., Karahan Y., ve Çilingir, İ., 2000. Türkiye’de üretilen konik hüzmeli bazı meme plakalarında delik çapı ve düzgünlüğünün belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 6 (3), 135-140.

- Ergül, İ. ve Dursun, E., 2003a. Farklı malzemelerden yapılan konik hüzmeli memelerde aşınmanın verdi artışına etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 73-78.
- Ergül, İ. ve Dursun, E., 2003b. Farklı malzemelerden yapılan konik hüzmeli memelerde aşınmanın ilaç dağılım paternine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9 (3), 278-783.
- Franz, E., 1993. Spray coverage analysis using a hand-held scanner. *Transactions of the ASAE*, 36 (5), 1271-1278.
- FAO Statistics, 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistic Databases. www.fao.org (accessed: 02.10.2017)
- Gonzalez R.C., Woods R.E. and Eddins S.L., 2004. *Digital Image Processing Using MATLAB*. Pearson PrenticeHall, Upper Saddle River, NJ.
- Grisso, R., Dickey, E.C. and Schulze, L.D., 1989. The cost of misapplication of herbicides. *Applied Engineering in Agriculture*, 5 (3), 344-347.
- Hoffmann, W.C. and Salyani, M., 1996. Spray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. *Transactions of the ASAE*, 39(1): 17-32.
- Hofman, V. and Wilson, J., 2003. Choosing Drift-Reducing Nozzles. <http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/FS919.pdf> (Erişim: 18.09.2017).
- Kalaycı, Ş., 2006. *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Asil Yayınevi, ISBN: 9799759091148, Ankara, 426 s.
- Karagöz, Y., 2016. *SPSS 23 ve AMOS 23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler*. Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 978-605-320-547-0, 1196 s.
- Krishnan, P., Williams, T.H. and Kemble, L.J., 1988. Technical Note: Spray pattern displacement measurement technique for agricultural nozzles using spray table. *Transactions of the ASAE*, 31 (2), 386-389.
- Krishnan, P., Gal, I., Kemble, L.J. and Gottfried S.L., 1993. Effect of sprayer bounce and wind condition on spray pattern displacement of TJ60-8004 fan nozzles. *Transactions of the ASAE*, 36 (4), 997-1000.
- Luck, J.D., Schaardt, W.A., Sharda, A. and Forney, S.H., 2016. Development and evaluation of an automated spray patternator using digital liquid sensors. *Applied Engineering in Agriculture*, 32 (1), 47-52.
- Minov, V., Cointault, F., Vangeyte, J., Pieters, J.G. and Nuyttens, D., 2014. Spray nozzle characterization using a backlighted high speed imaging technique. *Aspects of Applied Biology*, 122, 353-361.
- Nuyttens, D., Baetens, K., Schamphelre, M. De and Sonck, B., 2007. Effect of nozzle type, size, and pressure on spray droplet characteristics. *Biosystems Engineering*, 97 (3), 333-345.
- Ozkan, H.E. and Ackerman K.D., 1992. An automated computerized spray pattern analysis system. *Applied Engineering in Agriculture*, 8 (3), 325-331.
- Panneton, B., Pillion, H., Thériault, R. and Khelifi, M., 2000. Spray chamber evaluation of air-assisted spraying on potato plants. *Transactions of the ASAE*, 43 (3), 529-534.
- Richardson, R.G., 1986. Evaluation of a spray nozzle paternator. *Crop Protection*, 5 (1), 8-11.
- Salvarani, B.V.B.A., 2016. *Advanced Agricultural Measurement Systems*. Maldegem Belgium, <http://aams-salvarani.com/> (05.05.2017).
- Sama, M.P., Evans, J.T., Turner, A.P., Dasika, S.S., 2016. As-Applied estimation of volumetric flow rate from a single sprayer nozzle series using water-sensitive spray cards. *Transactions of the ASABE*, 59 (3), 861-869.

- Sanchez-Hermosilla, J. and Medina, R., 2004. Adaptive threshold for droplet spot analysis using water-sensitive paper. *Applied Engineering in Agriculture*, 20 (5), 547-551.
- Sayıncı, B. and Kara, M., 2015. The effects of strainer types on flow characteristics of anti-drift. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences*, 21 (4), 558-571.
- Sayıncı, B. ve Bastaban, S., 2008. Biyolojik mücadele etmenlerinin uygulanmasında ilaçlama ünitesinin rolü. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39 (1), 151-157.
- Sayıncı, B., 2014. Effect of filter types and sizes on flow characteristics of standard flat-fan nozzles. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 10 (2), 129-138.
- Sayıncı, B., 2015. Effect of strainer type, spray pressure, and orifice size on the discharge coefficient of standard flat-fan nozzles. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39, 692-704.
- Sayıncı, B., 2016a. Detection of shape manufacturing defects of flat fan-pattern nozzle orifices using Elliptic Fourier descriptors. *Tarım Bilimleri Dergisi - Journal of Agricultural Sciences*, 22 (3), 317-330.
- Sayıncı, B., 2016b. Poliasetal (POM) meme plakalarının orifis geometrisinde üretim kusurlarının Eliptik Fourier tanımlayıcılarıyla tespiti. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30, (1), 57-73.
- Sayıncı, B., 2016c. The influence of strainer types on the flow and droplet velocity characteristics of ceramic flat-fan nozzles. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 25-37.
- Sayıncı, B. ve Bastaban, S., 2011. Patates ilaçlamasında farklı tip püskürtme memelerinin damla taşınma etkinlikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (1), 81-90.
- Sayıncı, B., Yarpuz-Bozdoğan, N., Yıldız, C. ve Demir, B., 2013. Konik hüzmeli memelerde akış katsayısı ve bazı işletme özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9 (1), 9-20.
- Sehsah, E.M.E. and Kleisinger, S., 2009. Study of some parameters affecting spray distribution uniformity patteredn. *Misr J. Ag. Eng.*, 26 (1), 69-93.
- Sidahmed, M.M., Avadalla H.H. and Haidar, M.A., 2004. Symmetrical multi-foil shields for reducing spray drift. *Biosystems Engineering*. 88 (3), 305-312
- Smith, D.B., Askew, S.D., Morris, W.H., Show, D.R. and Boyette, M., 2000. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. *Transactions of the ASAE*, 43 (2), 225-259.
- Syngenta, 2002. Water sensitive paper for monitoring spray distributions. CH-4002. Basle, Switzerland: Syngenta Crop Protection AG.
- Tharp, C., 2016. Calibrating Ground Sprayers Using Shortcut Methods. *Agriculture and Natural Resources (Pesticides)*, Montana State University Extension, 4 p.
- Tüncer, A. ve Güler, H., 1998. Meyve bahçesi ve bağlarda kullanılan pülverizatörlerin deney yöntemleri. *Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi*, Tekirdağ.
- Türk Standardı TS 4280, 1991. Pülverizatör Memeleri. Kasım 1991, Ankara, 20 s.
- 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, L., Zhang, N., Slocombe, J. W., Thierstein, G. E. and Kuhlman, D. K., 1995. Experimental analysis of spray distribution pattern uniformity for agricultural nozzles. *Applied Engineering in Agriculture*, 11 (1), 51-55.
- Womac, A., Etheridge, R., Seibert, A., Hogan, D. and Ray, S., 2001. Sprayer speed and venture-nozzle effects on broadcast application uniformity. *Transactions of the ASAE*, 44(6): 1437-1444.
- Yıldırım, E., 2008. Tarımsal Zararlarla Mücadele Yöntemleri ve İlaçlar. 2. Baskı Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları No: 219, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 350 s.
- Zeren, Y. ve Moser, E., 1987. Sulandırılmış ilacın pamuğa iletilmesinde elektrostatik yükleme ve düşey hava akımının ilaç tutulmasının etkisi. 3. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu 26-29 Ekim, İzmir, 155-535.
- Zhai, C., Zhao, C., Wang, X., Wang, N., Zou, W. and Li, W., 2015. Two-dimensional automatic measurement for nozzle flow distribution using improved ultrasonic sensor. *Sensors*, 15 (10), 26353-26367.
- Zhu, H., Dorner, J. W., Rowland, D. L., Derksen, R. C., Ozkan, H. E., 2004. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. *Biosystems Engineering*, 87 (3), 275-273.
- Zhu, H., Rowland, D. L., Dorner, J. W., Derksen, R. C. and Sorensen, R. B., 2002. Influence of plant structure, orifice size, and nozzle inclination on spray penetration into peanut canopy. *Transactions of the ASAE*, 45 (5), 1295-1301.

ÖZGEÇMİŞ

12.02.1974 yılında Ağrı'nın Doğubayazıt ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Doğubayazıt'ta tamamladı. 1996 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü'nü bitirdi. Aynı yıl Ağrı Belediyesi'nde Mühendis olarak işe başladı. 1997-2004 yılları arasında Ağrı Belediyesi Makine İkmal Müdürü görevini yürüttü. 2004-2017 yılları arasında Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Ağrı İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nde Ziraat Mühendisi olarak çalıştı. 2007 yılında Serhat İlleri Kalınma Birliği'nde (Ağrı, Kars, Ardahan ve Iğdır) Tarım Koordinatörü olarak çalıştı. Halen Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Yalova Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü'nde Ziraat Mühendisi olarak çalışmaktadır.