

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Bazı Yayıcı Yapıştırıcıların Pülverizasyon Karakteristik Damla Çapları ve Depodaki Köpürme Oranına Etkilerinin Belirlenmesi

Muhammed Cemal TORAMAN^{1*}, Ali BAYAT²

¹Bahçe Tarımı Bölümü, Çölemerik Meslek Yüksekokulu, Hakkari Üniversitesi, Hakkari

²Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana

*e-posta: cemaltoraman@hakkari.edu.tr; Tel: +90 (507) 335 7377; Fax: +90 (438) 211 8358

Özet: Bu çalışmada farklı marka ve içerikli on adet yayıcı-yapıştırıcının önerilen konsantrasyonlarda karakteristik değme çapları ve karıştırma nedeniyle oluşacak potansiyel köpüklenme oranları belirlenmiştir. Yayıcı- yapıştırıcı karışımların yüzey gerilimleri ile karışımların sabit basınçta (300 kPa) damla büyüklüğü ile ilişkili orantılı olduğu anlaşılmıştır. Genel olarak damla boyutları ince pülverizasyon aralığında elde edilmiştir. Karışımların köpüklenme oranı dikkate alındığında, en yüksek köpük miktarını Adımel+, Pro-vet ve Sil-fert katkı maddelerinin ürettiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Damla çapı, Katkı maddeleri, Konik meme, Köpük, Yüzey gerilimi

Determination of Effects of Characteristic Drop Diameter at the Pulverising and Rate of Foaming in the Tank of Some of the Spreader and Adhesive

Abstract: In this study, ten surfactants with different contents were recommended concentration in order to determine their effects to constitute characteristic diameter of contact and due to the mixing potential foaming rates. Mixtures with surface tensions of the surfactant mixture at a constant pressure (300 kPa) has proved to be inversely proportional related to the drop size. In general, the range of drop sizes obtained small size pulverized. Considering the foaming mixture ratio. The highest amount of foam into Adımel+, Pro-vet and Sil-fert were shown to produce the additive.

Keywords: Adjuvant, Cone nozzle, Droplet size, Foam, Surface tension

Giriş

Bir tarımsal ilaç uygulamasında amaç, sıvının damlalar halinde parçalanması, damlaların hedefe taşınması, damlaların hedef yüzey üzerine çöktürülmesi ve yüksek düzeyde biyolojik etkinlik sağlamaktır (Kırkaç 2005). Sıvı tarım ilaç uygulamalarında pülverizasyon performansı, püskürtme sıvısına ilave edilen katkı maddeleri ile arttırılmaktadır. Bazı yayıcı yapıştırıcıların tarla şartlarında pülverizatör deposu içerisinde ciddi oranda köpük meydana getirdiği rapor edilmektedir (Abbott 2015).

Bu çalışmada, kullanılan yayıcı-yapıştırıcıların pülverizasyonda oluşturdukları damla büyüklükleri ile arazi koşullarında sistem üzerine yapacağı olumsuz etkilerin tespiti için karışımların oluşturacakları köpük miktarları belirlenmiştir. Ayrıca solüsyonların, pülverizasyonda damla oluşumu, püskürtme açısı, dağılım düzensizliği ve drift gibi püskürtme parametreleri üzerine etkili olan viskozite ve yoğunluk değerleri de araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcılar

Çizelge 1’de kullanılan yayıcı ve yapıştırıcılar verilmiştir. Agrovat, Aqua-wet, Pro-vet, Proxin 500/c, Sil-fert, Sun Line ve Unifilm adlı ticari ürünler yerli üretim, Adımel+, Silwet Gold ve Surfeac 910 ticari ürünler ise yurt dışı üretimlidir. Seçilen yayıcı yapıştırıcılardan 5 tanesi aniyonik diğerleri ise noniyonik kimyasal yapıya sahiptir. En yüksek konsantrasyon uygulaması Adımel+ ürünüyle olmuştur. Diğer ürünlerde ise uygulama konsantrasyonları 0,2-1 mL⁻¹ sınırlar arasında önerilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan yayıcı ve yapıştırıcıların etkili maddeleri, etiket dozları ve iyon yapıları

Yayıcı ve Yapıştırıcı	Etkili Madde	Önerilen Konsantrasyon* mL ⁻¹	İyon Yapısı
Adimel+	Faty asit ve polialkol	2,5	Aniyonik
Agrovat	Sodiumcarboximetylcelulos	0,3	Aniyonik
Aqua-wet	Sodiumcarboximetylcelulos	0,5	Aniyonik
Pro-vet	Reçine	1	Noniyonik
Proxin 500/c	Sodyum dikotil sülfosuksinat	0,5	Aniyonik
Sil-fert	Trisiloxane alkoxyates	0,4	Noniyonik
Silwet Gold	Polyalkaleneoxide - heptamethyl	0,2	Noniyonik
	trisiloxane +		
Sun Line	Allyloxypolyethyleneglycol	1	Aniyonik
Surfeac 910	Carboxymethylcelluse	1	Noniyonik
Unifilm	Alkilarilpolietoksietanol	0,5	Noniyonik
	Alkilpoliglikoleter		

*Etiket değerine göre saf su ile konsantrasyonu.

Damla Çapı Ölçüm Cihazı

Yayıcı-yapıştırıcıların, pülverizasyonda üretilen damla büyüklükleri üzerine etkilerini belirlemek için Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Makineleri Test Merkezinde bulunan, lazer yöntemiyle damla büyüklüğü ölçen Malvern Spraytech (Malvern Instruments, model; Mastersizer 2000 laser diffractometer; İngiltere) marka cihaz kullanılmıştır. Denemelerde 1,052 kgm⁻³ yoğunluğunda, 1,024 cSt viskoziteye sahip su kullanılmıştır. Kullanılan cihaz, genel olarak lazer ünitesi, numune hazırlama ünitesi, püskürtme kısmı, kumanda ve ayar bölümü ve bilgisayar elemanlarından oluşmaktadır. Lazer ünitesinde; bir lazer üretici, optik düzenekler ve veri toplama dedektörü yer almaktadır.

Köpük Ölçüm Cihazı

Köpük ölçümünde, 22 x 22 x 20 cm ölçülerinde ahşap bir sehpa üzerine 500 mL'lik bir mezür civata ve rondela aracılığıyla sabitlenmiştir. Şekil 1'de mezür alt kısmı, ortasından 10 mm çapında delinerek iki tarafı kapalı, bilyalı, sızdırmaz bir rulman yataklarıyla esnemelere ve sızmaya karşı üzeri slikonla kaplanmıştır. Rulman içinden geçirilmek üzere bir mil, ucuna eni 5 mm olan bakır lama çubuğu kelebek kanadı biçiminde bükülerek slikon yardımıyla sabitlenmiştir. Daha sonra mil ahşap sehpanın alt kısmına tespit edilen, doğru akım ile çalışan küçük bir el matkabının ucuna yerleştirilmiştir.

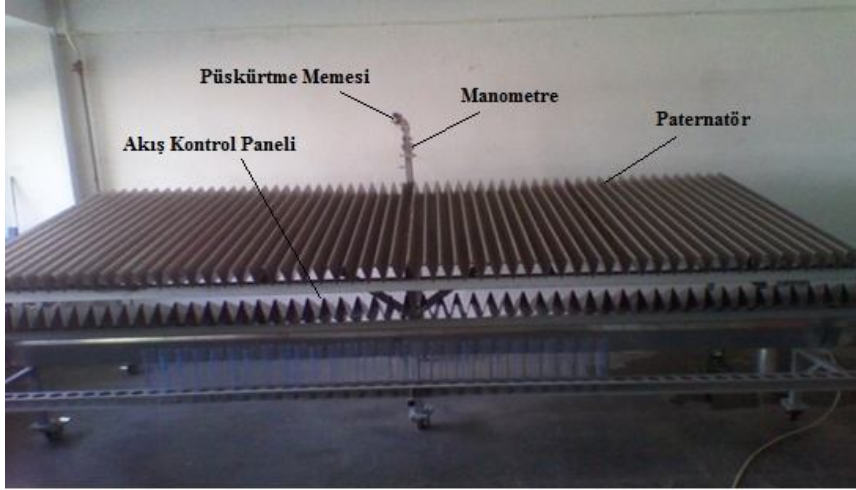
Güç kaynağı olarak 0-12 Volt arasında doğru akım üreten, 1 A akım şiddetindeki ayarlı güç kaynağı kullanılmıştır. Ayrıca çalışma sırasında tabanda bulunan pervanenin hangi devirlerde döndüğünü belirlemek için optik ölçüm aralığı 5-100.000 min⁻¹, yüzey hızı ölçüm aralığı 0,05-2000 m min⁻¹, hassasiyeti ± %0,05 olan LT DT2236B optik takometre kullanılmıştır.



Şekil 1. Üretilen Köpük Ölçüm Cihazı

Paternatör

Araştırmaya alınan yayıcı-yapıştırıcıların herhangi bir memenin püskürtme desenine etkilerini (tek meme dağılım düzgünlüğü, ıslatma genişliği) görebilmek için, Şekil 2’ de gösterilen paternatör kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan paternatör 321 cm uzunluğunda ve 153 cm eninde olup paternatör üzerindeki oluklar 5 cm aralıklar ve 10 cm derinliğinde paslanmaz çelik saçtan imal edilmiştir.



Şekil 2. Paternatör

Viskozimetre

Hazırlanan karışımların viskozitelerinin saptanmasında Engler viskozimetresinden faydalanılmıştır. Engler viskozimetresi akışkanların viskozitelerini ölçmeye yarayan özel bir deney aleti olup temel olarak standart bir alt delik ile merkezi bir silindirden oluşur. Engler viskozitesi, 200 cc akışkan numunesinin, 2,8 mm çapındaki bir delikten 20 °C’de akma süresinin saniye cinsinden değeridir (Viswanath ve ark. 2007). Engler viskozitesi dönüşüm katsayıları ile kinematik viskoziteye çevrilir.

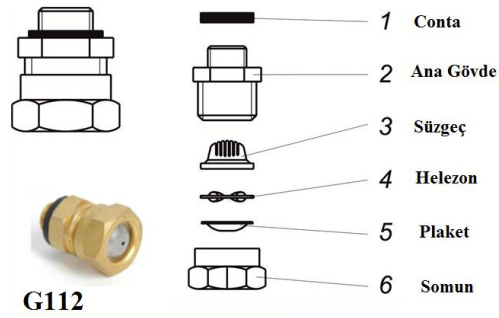
Bilgisayar Kontrollü Damlacık Büyüklüğü Ölçüm Sistemi

Her bir uygulama için öncelikle pülverizatör deposunun tamamen boşalması sağlanmış ve her seferinde temiz suyla yıkanmıştır. Ölçüm için pülverizatör deposu 1,052 kgm⁻³ yoğunluğundaki 1,024 cSt viskoziteli suyla 50 L seviyesinde doldurularak yayıcı-yapıştırıcılar sırasıyla etiket değerleri oranlarında suya ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Yayıcı-yapıştırıcılarla elde edilen damlacık boyutlarının belirlenmesi için lazer kırınım cihazı (Şekil 3) çalıştırılmış, sistemin durağan hale gelmesi amacıyla yaklaşık 15 dakika beklendikten sonra ölçüm için gerekli optik ayarlamalar yapılmıştır.



Şekil 3. Malvern Spraytec Lazer Kırınım Cihazı

Yayıcı-yapıştırıcının standart bir meme tarafından üretilen damla ölçülerini nasıl etkilediğini belirlemek için, her bir ürüne ait karışım 300 kPa basınçta Gündüzler marka G112 içi boş konik hüzmeli meme ile lazer ışını üzerine püskürtülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. Gündüzler G112 Tipi Meme

Her biri 120 saniyelik püskürtme dilimi içinde yapılan ölçümlerde damla çapı karşılaştırma parametreleri olarak $Dv_{0.1}$, $Dv_{0.9}$ ve $Dv_{0.5}$ hacimsel çaplar belirlenmiş ve Eşitlik 1 aracılığı ile hesaplama yapılmıştır. Bu değer araştırmacı veya üreticilere pülverizasyonda damlacık boyutunun homojenliği hakkında iyi bir fikir vermektedir (Bayat ve ark. 1999).

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

R = nispi dağılım indeksi

$D_{v0.9}$ = püskürtme hacminin % 90'lık bölümü

$D_{v0.1}$ = püskürtme hacminin % 10'luk bölümü

$D_{v0.5}$ = püskürtme hacminin % 50'lik bölümü

Yayıcı-yapıştırıcıların damla sürüklenme potansiyeli açısından karşılaştırılabilmesi için püskürtme hacmi içerisinde $Dv_{0.5} < 100 \mu\text{m}$ ve $Dv_{0.5} < 50 \mu\text{m}$ (buharlaştırma potansiyeli) den küçük damlaların yüzde olarak oranı saptanmıştır $Dv_{0.5} < 100 \mu\text{m}$ damla sürüklenme potansiyeli göstergesi ve $Dv_{0.5} < 50 \mu\text{m}$ buharlaşma potansiyeli göstergesi olarak kullanılmıştır (Zhu ve ark. 1994).

Köpük Ölçümü

Yayıcı-yapıştırıcıların çalışma koşullarında üreteceği köpük miktarının, püskürtme sistemine yapacağı olumsuz etkilerinin tespiti için her bir yayıcı-yapıştırıcı etiket değerlerinde suyla karıştırılarak köpük ölçümleri için hazırlanmıştır. Yayıcı-yapıştırıcılar önerilen konsantrasyonda hazırlandıktan sonra sırasıyla mezüre 100 mL olarak dökülmüştür. Şekil 1 de verilen sisteme bağlı matkap 540 min⁻¹ ve 1000 min⁻¹ devir kademelerinde 60 saniye süreyle çalıştırılarak köpük oluşumu sağlanmıştır. Her karışımdaki köpük miktarı 500 mL mezür içersine doldurulan 100 mL sıvının karıştırılmasından sonra köpük kolonunun alt sınırında difüzenmiştir. Toplam hacimden (çözelti + hava kabarcıkları) Yayıcı-yapıştırıcı çözeltisinin hacmi çıkarılarak hapsedilen havanın hacmi hesaplanmıştır.

Viskozite Ölçümü

Viskozimetre ile ölçümde 200 cc akışkanın 20 °C de akma süresinin, 200 cc suyun akma süresine bölümü ile bulunan Engler derecesi kullanılmıştır (Eşitlik 2). Bu değer 51,6 saniyedir.

$$E = \frac{t}{t_0} \quad (2)$$

E: Engler derecesi,
t: Akışkanın 20 °C deki akma süresi
t₀: Suyun 20 °C 'deki akma süresi

Engler derecesi bulunduktan sonra Eşitlik 3'de yerine yazılarak viskozitesi ölçülecek sıvının m² s⁻¹ olarak değeri bulunur.

$$\nu = \left(7,32 E - \frac{6,31}{E} \right) \cdot 10^{-6} \quad (\text{Herschel 1917}) \quad (3)$$

Burada;

ν : Kinematik viskozite (m² s⁻¹) dir
E: Engler derecesi (51,6 s) dir.

Ölçümler sırasında sıvıların sıcaklığı bir termometre vasıtası ile devamlı olarak kontrol edilerek ölçümlerin 20 °C sıcaklıkta yapılması sağlanmıştır. Hazırlanan solüsyonların viskozimetreye doldurulmasından sonra orifis deliği açılarak sıvının akmaya başlaması sağlanmış aynı anda kronometre çalıştırılarak karışımların akma süreleri kaydedilmiştir. Ölçümler beş tekrarlı olarak yapılarak elde edilen sonuçlar kaydedilmiştir.

Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen sonuçların karşılaştırılmasında SPSS 15. versiyonu kullanılmış, çalışmalar Duncan karşılaştırma testine göre % 95 güven aralığında yürütülmüştür.

Bulgular ve Tartışma

Damla Ölçüleri

Pülverizasyonu oluşturan damlalar, çaplarına göre geniş dağılım spektrumu gösterirler. Rüzgârla sürüklenebilen sis şeklindeki damlalar ile yaprak yüzeyine tutunamayan iri damlalar biyolojik etkinlik açısından fayda vermezler. Ayrıca bunlar çevre kirliliğine de neden olmaktadır (Anonymous 2014a-b; Özkan ve ark. 1995; Zeren ve Bayat 1999).

Çalışmalarda kullanılan yayıcı yapıştırıcıların laboratuvar analizlerinden elde edilen D_{v0,1}, D_{v0,9} ve D_{v0,5} µm damla çapı dağılım sonuç değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Tek meme püskürtme spektrumu değerlendirilmesinde D_{v0,1}, D_{v0,9}, D_{v0,5} ve Nispi dağılım indeksi (SPAN) değişkenleri kullanılmıştır.

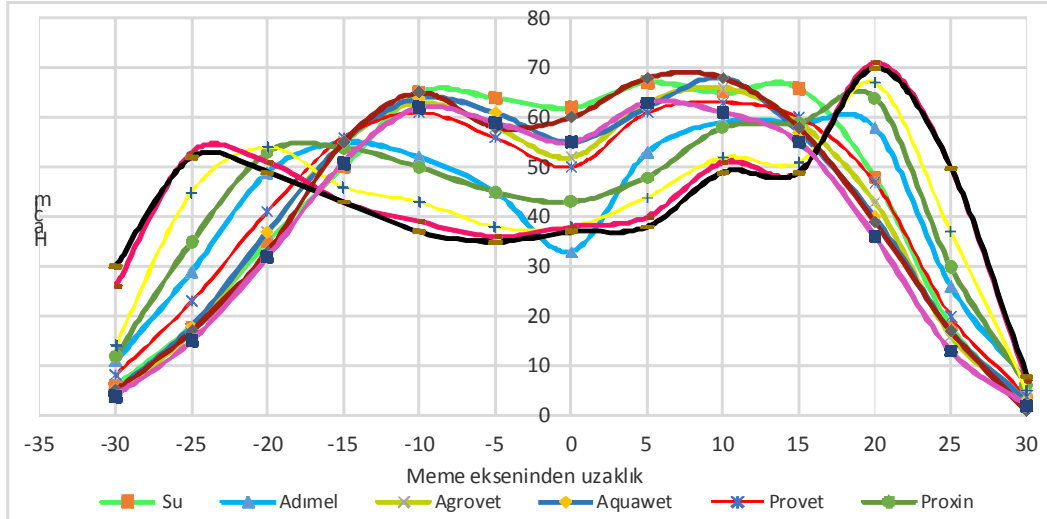
Çizelge 2. Yayıcı-yapıştırıcıların oluşturdukları damlacık dağılımları

Yayıcı ve yapıştırıcılar	Damla çapı dağılımı			Nispi dağılım indeksi	Yüzey gerilimleri (mNm ⁻¹)*
	Dv _{0,1} (µm)	Dv _{0,5} (µm)	Dv _{0,9} (µm)		
Adimel +	79,22	148,6	271,7	1,296	26,92 ^c
Agrovet	77,67	140,7	250,1	1,225	62,51 ^g
Aqua-wet	76,91	139,9	246,6	1,213	73,29 ^h
Pro-vet	74,23	140,7	255,8	1,290	49,24 ^f
Proxin 500/c	79,79	149,7	270,1	1,271	41,94 ^e
Sil-fert	79,18	145,5	262,3	1,258	25,23 ^b
Silwet Gold	83,92	151,0	266,6	1,210	20,21 ^a
Sun Line	78,38	140,3	247,1	1,203	73,51 ^h
Surfeac 910	85,55	162,7	292,6	1,273	27,49 ^c
Unifilm	80,67	140,0	243,0	1,159	35,64 ^d
Su	82,59	157,0	282,4	1,273	

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

Dv_{0,5} açısından farklı yüzey gerimli karışımların damla çapı üzerinde önemli etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır. Ancak suyla karşılaştırıldığında karışımlar arasında Dv_{0,5}'e göre en büyük çapları Surfeac 910 yayıcı-yapıştırıcısının ürettiği, diğer katkı maddelerinin ise suyun oluşturduğu çaptan daha küçük çap değerleri oluşturduğu belirlenmiştir. En düşük çap oluşumunu birbirlerine yakın sonuçlarla Aqua-wet, Unifilm, Sun Line, Agrovet ve Pro-vet sağlarken, sırasıyla Sil-fert, Adimel +, Proxin 500/c ve Silwet Gold yayıcı-yapıştırıcıları ise bu iki değer arasında hacimsel olarak orta değere sahip çaplar oluşturmuşlardır.

Çizelge 2'de yayıcı ve yapıştırıcıların yüzey gerilimleri ile oluşturdukları damla çapları karşılaştırıldığında yüzey gerilimleri küçük olan karışımlardan büyük, yüzey gerilimleri büyük olan karışımlardan ise küçük çaplı damlacıkların olduğu gözlenmiştir. Genel olarak bilinen yüzey gerilimindeki artışların partikül büyüklüğünde artışa neden olduğudur. Ancak bu sonuçlar hız fonksiyonu olmayan damlalar için geçerlidir. Bu çalışmada işletme basıncında püskürtülen karışımların memeden ayrıldıktan sonra yoğunluk ve viskozitelerine göre farklı hüzmeye açıları oluşturdukları gözlenmiştir (Şekil 5; Çizelge 5). Yüzey gerilimleri ve viskoziteleri yüksek olan sıvıların memeyi terk ettikten sonra daha dar açılar ile daha büyük damlacık oluşturdukları bilinmektedir (Çilingir ve Dursun 2010). Yayıcı ve yapıştırıcılar dağılım düzensizliği açısından incelendiğinde saf suya en yakın pülverizasyon dağılımlarını oluşturan karışımların Aqua-wet, Agrovet, Sun Line ve Unifilm katkı maddeleri olduğu gözlenmiştir. Bunlar arasından Aqua-wet, Agrovet, Sun Line katkı maddeleri en yüksek yüzey gerilimini oluşturan yayıcı-yapıştırıcılarıdır. Selülozik bileşimli bu yayıcı-yapıştırıcıların patern üzerindeki değişimi etkilemedikleri elde edilen sonuçlardan anlaşılmaktadır. Bu yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının meme merkezinde daha fazla bir birikime neden olduğu söylenebilir. Düşük yüzey gerilimine sahip karışımların püskürtme sıvısını meme merkezinden sıvı jeti kenarlarına doğru yani, paternatör yüzeyi dikkate alındığında meme merkezinden kenarlara doğru yönlendirdiği gözlenmiştir (Şekil 5). İdeal bir ilaç dağılımında, paternatörün kanallarındaki toplama tüplerindeki toplanan sıvı seviyelerinin aynı olması yani yataya paralel doğru bir hat şeklinde olması gerekmektedir (Ergül 2003).



Şekil 5. Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımlarının Paternatördeki Dağılımları

A: Adimel+; B: Agrovet; C: Aqua-wet; D: Pro-vet; E: Proxin 500/c; F: Sil-fert; G: Silwet Gold; H: Sun Line; İ: Surfeac 910; J: Unifilm

Bu durum damlacıkların yüksek kinetik enerjiyle hareket etmesini sağlayarak karşılaştığı hava ile çarpışmasında daha küçük parçacıklara ayrılmasını, dolayısıyla daha küçük damla çapı oluşumunu sağlamıştır. Diğer yandan, yüzey gerilimleri düşük sıvı zarflarından ayrılan küçük çaplı damlacıkların kazandıkları düşük kinetik enerjileri ile karşılaştıkları hava ile çarpışması ile daha az parçalanmaya maruz kalmış veya hiç parçalanmadan hedef yüzeye püskürtülmüşlerdir. Hill ve Carrington (2006) buna benzer sonuçlar bulmuşlardır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar arasında ters bir ilişkinin olduğu söylenebilir.

Genel olarak yayıcı-yapıştırıcıların SPAN indeksleri 1'e yakın sonuçlar vererek pülverizasyonların, homojen boyutlu damlacıklar ile oluştuğu anlaşılmaktadır (Sasaki ve ark 2013). Adimel+ ile Pro-vet en yüksek SPAN değerlerine sahip karışımlar olarak diğer karışımlara göre daha heterojen damla spektrumu oluştururken, Surfeac 910, su ile aynı SPAN değerine sahiptir. Unifilm yayıcı-yapıştırıcısı en düşük SPAN değeri ile en homojen damla çapı dağılımı sağlarken, Sun Line, Silwet Gold, Aqua-wet ve Agrovet ikinci derecede homojen dağılımı oluşturan karışımlardır. Sil-fert ve Proxin 500/c yayıcı yapıştırıcıları ise suya yakın SPAN değerleri ile nispi olarak daha heterojen spektrum oluşturmuşlardır.

Bu çalışmada oluşabilecek ilaç kayıplarının bulunması için birim zamanda oluşan 50µm ve 100µm den küçük damlaların oluşturduğu toplam hacimler Çizelge 3'te verilmiştir. Genel bir değerlendirme yapıldığında her bir saniyede pülverizasyon hacminin ortalama % 2 lik kısmının buharlaşarak sistemden uzaklaşacağı, diğer taraftan pülverizasyonun % 20'lik kısmının ise sürüklenmeye maruz kalarak uygulama alanından sapacağı söylenebilir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Sabit basınçta (300 kPa) 50µm ve 100µm den küçük damlaların püskürtme hacmi içindeki oranları

Yayıcı ve Yapıştırıcılar	s ^{-1*}	
	%V < 50µm	% V < 100µm
Adimel +	2,05	21,07
Agrovet	2,18	23,46
Aqua-wet	1,45	24,52
Pro-vet	2,57	24,76
Proxin 500/c	1,28	21,03
Sil-fert	1,98	21,12
Silwet Gold	0,59	18,99
Sun Line	2,18	23,27
Surfeac 910	1,98	18,94
Unifilm	0,54	22,13
Su	2,04	18,58

%V : % hacim

*Birim zaman

Çizelge 3'te pülverizasyon hacmi içerisindeki 50 µm den küçük çaplı damlacıkların oranının en fazla Pro-vet karışımı ile çalışmada sağlandığı görülmektedir. Bu veriye göre kullanılan yayıcı-yapıştırıcılar arasında en yüksek buharlaşma potansiyeli (ASABE S572) damla içeren karışımın reçine içerikli Pro-vet ürünü olduğu, en az buharlaşma potansiyeli damla üreten karışımın ise organoslikon bileşimli Silwet Gold ürünü olduğu söylenebilir. 100 µm den küçük çaplı damlacıkların bulunduğu hacim yüzdesi incelendiğinde, en az değerleri saf su, Surfeac 910 ve Silwet Gold karışımlarının ürettikleri gözlenmiştir. Bu karışımlar, katkı maddeleri arasında en düşük yüzey gerilimi oluşturan yayıcı-yapıştırıcılardır. En fazla hacim miktarını ise Pro-vet, Aqua-wet ve Agrovat karışımları oluşturmuşlardır. Bu karışımlardan Aqua-wet ve Agrovat yüksek yüzey gerilimleri ile ön plana çıkmaktadırlar. Pro-vet katkı maddesinin bileşiminin reçine olduğu bildirilmekte ve bunun da daha çok yapıştırıcılık amacıyla kullanılması tavsiye edilmektedir. Diğer yayıcı-yapıştırıcılar ise ara değerlerde hacim oluşturdukları gözlenmiştir.

Köpük Ölçümü

Köpük oluşumu için iki önemli koşulun olması gerekir. Bunlardan ilki karışımın bileşenlerinden birisinin mutlaka yüzey gerilim düşürücü olması, diğerinin ise köpük filminin elastiktik olması gerekliliğidir (Azira ve ark. 2008). Köpük miktarı açısından Adimel +, Pro-vet ve Sil-fert markalı ürünlerinin köpük seviyelerinin diğer yayıcı-yapıştırıcıların oluşturdukları köpük miktarlarına göre yüksek olduğu Çizelge 4'te görülmektedir. Adimel+ katkı maddesi yağ asitleri ve polialkol karışımından oluşmaktadır. Yağ asitleri, sabun yapımında hammadde olarak kullanılmakta, dolayısıyla köpüklenme üzerinde önemli bir bileşeni oluşturmaktadır. Yalnız ve ark. (2000), Polialkol çözeltilerinde köpük oluşumu ve kararlılığı ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, çözeltilerin içinde polialkol veya elektrolit bulunduğu durumlarda çözeltilerin kararlı köpük oluşturduğunu bildirmişlerdir. Yağ asitleri ve Polialkol bileşenlerini bünyesinde bulunduran Adimel+ yayıcı-yapıştırıcının ürettiği yüksek köpük oranının içeriklerindeki bileşenlerinden kaynaklandığı söylenebilir. Üretici firma beyanında Pro-vet katkı maddesinin reçine özlü olduğu bildirilmektedir. 20 °C de farklı kimyasal yapıdaki reçinelerin yüzey gerilimlerinin 29 mNm⁻¹ yüzey gerilime sahip kısa yağlı alkidler ile 58 mNm⁻¹ yüzey gerilime sahip melamin reçinesi arasında değerlere sahip oldukları ve reçinelerin sabun yapımında kullanıldıkları bildirilmektedir (Anonymous 2015a-b). Dolayısıyla Pro-vet yayıcı-yapıştırıcısı ile hazırlanmış karışımın bu özelliğinden dolayı yüksek köpük oluşumunu sağladığı söylenebilir. Trisiloxanealkoxylates'nin yüksek oranda kararlı köpük ürettikleri bildirilmekte olup (Policello ve ark. 1997), bu çalışmada da trisiloxanealkoxylates bileşimine sahip Sil-fert yayıcı-yapıştırıcısı ile hazırlanmış karışımın önemli seviyede köpük üretildiği tespit edilmiştir. Aqua-wet ve Sun Line markalı yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının tüm devirlerde az köpük ürettikleri gözlenmiştir. Bu katkı maddelerinin saf suya eş değer yüzey gerilimlerine sahip olmaları nedeniyle köpük oluşumunun ilk koşulu olarak kabul edilen düşük yüzey gerilimi şartını taşımadıkları için çok düşük oranda köpük oluşturdukları söylenebilir. Aynı bileşimi taşıyan Agrovat katkı maddesinin ise daha yüksek köpük oluşturduğu Çizelge 4'te görülmektedir. Bu katkı maddesi ile daha düşük konsantrasyonda karışım oluşturulmasının, diğer karışımlara göre daha düşük yüzey gerilimine sebep olduğu, bu nedenle Aqua-wet ve Sun Line katkı maddelerine göre daha yüksek köpük oluşumunu sağladığı söylenebilir. Unifilm katkı maddesi içeriği Alkilpoliglikoleter bileşiminden oluşmakta olup, ev temizliği endüstrisinde kullanılan ürünlerin hammaddeleri arasında bulunmaktadır (İlter 2015). Unifilm katkı maddesi ile hazırlanmış karışımın bu nedenle yüksek köpük oluşumunu sağladığı anlaşılmaktadır. Surfeac 910 yayıcı-yapıştırıcısının bileşimlerinde Alkoletoksilat ve Alkilfenoletoksilatların olduğu bildirilmektedir. Alkoletoksilat 1930 lu yıllarda temizlik endüstrisinde kullanıldığı bilinmektedir. İkinci dünya savaşından sonra ev ve kurum temizliğinde kullanımı artarak, 1960 lı yıllardan sonra çamaşır temizliği sektöründe kullanımı başlamış, 1970 ile 1980 yılları arasında özellikle tüketici ürünleri olarak çok hızlı büyüme göstermiştir (Chan ve Lynn 2000). Bu ürünlerin etkili temizlik ve emülsiyonlaştırıcı olarak uzun bir geçmişi ile geniş bir kullanım alanına sahip olmaları ile ilgili yapılan bir çalışmada farklı kimyasal özelliklerdeki Alkilfenol etoksilatların 25 - 35 mNm⁻¹ yüzey gerilimi ile 20 - 60 cm köpük yüksekliği oluşturdukları bildirilmiştir (White ve Endler 2008). Son olarak Silwet Gold yayıcı-yapıştırıcısı ile hazırlanan karışımların en düşük yüzey gerilimine sahip olmalarına rağmen, beklenenden daha düşük seviyede köpük oluşturduğu gözlenmiştir. Karışım sırasında filmlerinin çok incelmesinin yanı sıra elastik kabilyetlerinin azalmasıyla köpükler, oluşum başlangıcında meydana gelen gerilime dayanamayarak patlamaktadır. Böylece karışım sırasında öngörülenden daha düşük seviyede köpük üretilmektedir. Karışımlar arasında elde edilen sonuçlara bakıldığında organoslikon bileşimli Silwet Gold yayıcı-yapıştırıcısının beklenen oranda bir performans gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 4. Yayıcı-yapıştırıcıların köpük miktarı (mL)

Yayıcı-Yapıştırıcı Karışımları	Konsantrasyon (mLL ⁻¹)	Hacimdeki Artış Oranı (%) [*]
Adımel +	2,5	50 ^{a**}
Agrovet	0,3	10 ^c
Aqua-wet	0,5	2 ^c
Pro-vet	1	50 ^a
Proxin 500/c	0,5	10 ^c
Sil-fert	0,4	50 ^a
Silwet Gold	0,2	5 ^d
Sun Line	1	2 ^c
Surfeac 910	1	10 ^c
Unifilm	0,5	20 ^b

* %'de artış oran

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

Yayıcı-Yapıştırıcıların Viskozite ve Yoğunluk Değerleri

Çizelge 5 incelendiğinde karışımların yoğunlukları arasında önemli bir farkın bulunmadığı gözlenmiş olup, karışımlar içersinde Aqua-wet, Agrovet ve Sun Line yayıcı ve yapıştırıcılarıyla hazırlanmış karışımların oluşturdukları viskozite değerleri suya göre daha yüksek çıkmıştır. Bu yayıcı-yapıştırıcıların yüzey gerilim değerlerinin en yüksek değerlerde olduğu ve viskozitenin bu yüzden yüksek çıktığı söylenebilir. Unifilm ile hazırlanan karışımın değeri suya çok yakın çıkarken en düşük viskoziteyi Adımel+, Silwet Gold ve Surfeac 910 karışımları oluşturmuştur. Bu katkı maddeleri ile hazırlanmış karışımların en düşük yüzey gerilimlerine sahip olmaları nedeniyle viskoziteyi azalttıkları anlaşılmaktadır. Diğer yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının sahip oldukları viskozite değerinin bu iki aralıktaki değerlerde olduğu görülmüştür.

Çizelge 5. Yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının viskozite ve yoğunlukları

Yayıcı ve yapıştırıcılar	Viskozite (cSt)	Standart hata	Yoğunluk (kgm ⁻³)	Standart hata
Adımel +	0,901 ^{a*}	0,045	1,016 ^{E*}	0,023
Agrovet	1,007 ^{cd}	0,082	1,005 ^A	0,058
Aqua-wet	1,048 ^d	0,246	1,015 ^E	0,021
Pro-vet	0,911 ^a	0,032	1,012 ^D	0,079
Proxin 500/c	0,941 ^{ab}	0,097	1,010 ^C	0,034
Sil-fert	0,920 ^a	0,032	1,007 ^B	0,044
Silwet Gold	0,908 ^a	0,017	1,010 ^C	0,061
Sun Line	1,040 ^d	0,093	1,012 ^D	0,031
Surfeac 910	0,910 ^a	0,129	1,013 ^D	0,028
Unifilm	0,985 ^{bc}	0,046	1,012 ^D	0,033
Su	1,024 ^{cd}	0,01	1,022 ^F	0,017

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

Sonuçlar ve Öneriler

Tarım ilaçlarıyla kullanılan katkı maddeleri seçiminde yüzey gerilimi üzerindeki etkileri nedeniyle damla yayılma, yapışma ve oluşumu gibi çeşitli faktörler bakımından dikkate alınmalıdır. Bazı yayıcı ve yapıştırıcıların uygulamalarda ilaç performansını değiştirici yeteneklerde oldukları, bunun etkisinin pozitif ya da negatif olabileceği tespit edilmiştir.

Organoslikon kökenli Silwet Gold yayıcı-yapıştırıcısının taşıyıcı sıvının yüzey gerilimini önemli derecede düşürdüğü ve karışımlarda önerilen etiket dozajının düşük olmasına rağmen sağlamış olduğu yüksek performans nedeniyle diğer katkı maddelere nazaran daha etkili sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Aqua-wet, Agrovet ve Sun Line gibi selülozik içerikli karışımların püskürtme sıvısı üzerinde önemli bir değişim

göstermediği, dolayısıyla kullanılmasının en azından ekonomik olmadığı belirlenmiştir. Yayıcı-yapıştırıcılar içerisinde bazılarının uygulama sırasında sanılanın aksine istenilen iş başarısını göstermediği gözlenmiştir. Karşılaşılan bu tür sorunların önceden bilinmesi, buna uygun tedbirlerin alınabilmesi ve gerekli uyarıların yapılabilmesi için katkı maddelerinin kayıt altına alınması ve buna uygun bir mevzuatın yürürlüğe girmesi önerilmektedir. Bazı yayıcı-yapıştırıcıların önerilen konsantrasyonlarda istenilen pülverizasyon etkinliğini göstermedikleri belirlenmiştir.

Yayıcı ve yapıştırıcıların saf suya göre en yakın pülverizasyon dağılımlarını oluşturan karışımların Aqua-wet, Agrovat ve Sun Line katkı maddeleri olduğu gözlenmiştir. Selülozik bileşimli bu yayıcı-yapıştırıcıların püskürtme deseni üzerindeki değişimi etkilemedikleri, yüzey gerilimlerinin büyüklüğü nedeniyle dağılım üzerinde daha farklı sonuçlar oluşturdukları ve daha fazla meme merkezinde biriken bir patern oluşturarak dağılım düzensizliklerini bozdukları belirlenmiştir. Surfeac 910, Silwet Gold ve Sil-fert yayıcı-yapıştırıcılarının ise daha düzgün dağılımlar oluşturdukları tespit edilmiştir. Silwet Gold ve Sil-fert katkı maddelerinin organoslikon içerikli olduğu ve Surfeac 910 yayıcı-yapıştırıcısı ile birlikte en düşük yüzey gerilimine sahip oldukları gözlenmiştir.

Yayıcı-yapıştırıcıların ürettikleri köpük miktarı bakımından Adımel+, Pro-vet ve Sil-fert ürünlerinin önemli seviyede köpük oluşturdukları belirlenmiştir. Yağ asitleri ve Polialkol bileşenlerini bünyesinde bulunduran Adımel+ yayıcı-yapıştırıcının ürettiği yüksek köpük oranının içeriklerindeki bileşenlerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Pro-vet katkı maddesinin reçineden imal edildiği, sabun yapımında reçinelerin kullanılmakta olup yüksek köpük oluşumunun bu sebeple gerçekleştiği tespit edilmiştir. Sil-fert katkı maddesinin trisiloxanealkoxylates içerikli olduğu ve bunun yüksek oranda kararlı köpük ürettikleri bildirilmektedir. Aqua-wet ve Sun Line markalı yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının tüm devirlerde az köpük ürettikleri gözlenmiştir. Bu katkı maddelerinin saf suya eş değer yüzey gerilimlerine sahip olmaları nedeniyle köpük oluşumunun ilk koşulu olarak kabul edilen düşük yüzey gerilimi şartını taşımadıkları için çok düşük oranda köpük oluşturdukları tespit edilmiştir.

Yayıcı-yapıştırıcılarla hazırlanan karışımların hacimsel olarak en düşük çap oluşumunu Aqua-wet, Unifilm, Sun Line, Agrovat ve Pro-vet oluşturmuştur. En yüksek buharlaşma potansiyelini reçine ile üretilen Pro-vet katkı maddesinin taşıdığı, en az buharlaşma potansiyelinin ise organoslikon bileşimli Silwet Gold karışımı ürüne ait olduğu belirlenmiştir. Surfeac 910 ve Silwet Gold karışımlarının 100 µm den küçük çaplı damlacıkları en az üreten karışımlar oldukları tespit edilmiştir. Bu karışımlar, katkı maddeleri arasında en düşük yüzey gerilimi oluşturan yayıcı-yapıştırıcılardır. En fazla hacim miktarlarını ise Pro-vet, Aqua-wet ve Agrovat karışımları oluşturmuşlardır. Yüksek yüzey gerilimlerine sahip Aqua-wet ve Agrovat karışımları bu özellikleri ile dikkat çekmektedirler. Bu çalışmada yayıcı-yapıştırıcıların yoğunluk ve viskoziteleri arasında önemli farklılıkların oluşmadığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Abbott S (2015). Surfactant science: Principles and practice. University of Leeds, UK.
- Anonim (2014a). Community guide to recognizing and reporting pesticide problems. CA Department of Pesticide Regulation. California. USA.
- Anonim (2014b). Pesticide Spray and Dust Drift. Pesticides: Topical and Chemical Fact Sheets. Environmental Protection Agency.
- Anonim (2015a). <http://www.afcona.com.my/static.php?sTpl=slip>. (Erişim tarihi: 11 Kasım, 2014).
- Anonim (2015b). http://en.wikipedia.org/wiki/Resin_soap. (Erişim tarihi: 02 Eylül, 2014).
- Azira H, Tazerouti A, Canselier JP (2008). Study of foaming properties and effect of the isomeric distribution of some anionic surfactants. Journal of Surfactants and Detergents; 11(4). DOI: 10.1007/s11743-008-1093-3
- Bayat A, Özkan HE, Derksen RC, Fox RD (1999). Droplet spectrum and drift potential of turbo teejet and air induction nozzles. 7th International Congress on Agricultural Mechanisation and Energy 26-27. Adana, Turkey.
- Cahn A, Lynn JL (2000). Surfactants and detergents systems. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, pp. 1142-1146.
- Çilingir İ, Dursun E (2010). Bitki Koruma Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1531, Ders Kitapları Yayın No:484 Ankara.

- Ergül İ, Dursun E (2003). Farklı malzemelerden yapılan konik hüzmeli memelerde aşınmanın ilaç dağılım desenine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 9 (3): 278-283.
- Herschel WH (1917). Determination of absolute viscosity by short-tube viscosimeters. Department of Commerce Technologic Papers of The Bureau of Standards US.
- Hill A, Carrington S (2006). Understanding the links between rheology and particle parameters. Malvern Instruments Ltd. UK.
- İlter M (2015). Tekstil üretimi ve yardımcı kimyasallar. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İzmir.
- Kırkaç Ç (2005). İlaç Damlacık Dağılımının Görüntü Analiziyle Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Özkan HE, Reichard DL, Zhu H, Babeir AS (1995). Drift Retardant Chemical Effects on Spray Droplet Size, Pattern and Drift. *Journal of King Saud University. Agric. Sci.* 7(2): 131-140, Riyadh.
- Pollicello GA, Koczo K (1997). Foam control in trisiloxane alkoxyate systems. *Pesticide Formulations and Application Systems*. 17. Vol. ASTM STP 1328. Edited by G. Robert Goss, Michael J. Hopkinson, Herbert M. Collins. American Society for Testing and Materials.
- Sasaki RS, Teixeira MM, Alvarenga CB, Santiago H, Maciel CFS (2013). Spectrum of droplets produced by use of adjuvants. *Volumen 31, N° 1. Páginas 27-33 IDESIA (Chile) Enero*.
- Viswanath DS, Ghosh TK, Prasad DHL, Dutt NVK, Rani KY (2007). *Viscosity of liquids theory, estimation, experiment, and data*. Springer, The Netherlands.
- White B, Endler E (2008). Shell Global Solutions (US) Inc. Paper O-D07, Cesio (2008). Paris, France.
- Yalnız S, Sasani G, Kurt G, Çağrgan Ş, Bardakçı B, Peker S (2000). Rhamnolipid Çözeltilerinde Köpük Oluşumu ve Kararlılığı. Ege Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bornova, 35100 İzmir.
- Zeren Y, Bayat A (1999). *Tarımsal Savaş Mekanizasyonu*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Adana.
- Zhu H, Reichard DL, Fox RD, Brazee RD, Özkan HE (1994). Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. *Transactions of the ASAE*, 37: 1401-1407.