

Bitki Koruma İlaçlarına Uygulanacak Yayıcı ve Yapıştırıcı Seçiminde Etkili Faktörler

Muhammed Cemal TORAMAN¹, Ali BAYAT²

¹Hakkâri Üniversitesi, Çölemerik Meslek Yüksekokulu, Hakkâri

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

cemaltoraman@hu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 25.05.2015 Kabul Tarihi (Accepted): 09.06.2015

Özet: Bu araştırmada, tarımsal mücadelede yaygın olarak kullanılan yayıcı-yapıştırıcıların, uygulanacak bitkiye göre seçiminin yapılmasında bir öneri sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için farklı 10 adet yayıcı-yapıştırıcı, önerilen konsantrasyonlarda 7 farklı yaprak yüzeyine uygulanarak damla değme açıları ölçülmüştür. Ayrıca karışımların yüzey gerilim değerleri belirlenerek elde edilen veriler doğrultusunda yaprak yüzey enerjileri bulunmuştur. Denemelerde "Damla Şekil Analizi (Drop Shape Analysis 10)" cihazı kullanılmıştır. Yüzey enerjileri en yüksek portakal ve limon yapraklarından elde edilmiş, en düşük asma ve domates yaprak yüzeylerinden tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yüzey enerjisi, yüzey gerilimi, temas açısı

Factors Affecting on Choice of Spreader and Adhesives for Pesticides

Abstract: In this study, it is widely used spreader-adhesives in agricultural struggle, aimed to the development of a recommendation system for making the selection based on the plant to be applied. For this purpose 10 different spreader- adhesives, recommended concentrations 7 applied to differing leaf surface drop contact angle was measured. Also leaf surface energy were found by the surface tension of values mixtures. Drop Shape Analysis 10 device is used in applications. The surface energy the highest obtained from orange and lemon leaf, were determined the lowest from vine and tomato leaf surface.

Key words: Surface energy, surface tension, contact angle

GİRİŞ

Tarımsal ilaçlamada kullanılan püskürtme sıvısının miktarını azaltarak iş başarısını arttıran yayıcı-yapıştırıcı katkı maddelerinin tank karışımını iyileştiren yüzey aktif madde olarak kullanılması birçok tarımsal ilaç etiketinde tavsiye edilmektedir. Hepsinin tanıtıcı broşüründe uygulama sıvısının performansını geliştirmede yüksek etkiye sahip olduğu bilgisi bulunmaktadır. Ancak arazi çalışmalarında, tarımsal üreticilerle yapılan görüşmelerde yayıcı-yapıştırıcılarla ilgili birçok şikâyetin olduğu gözlenmiştir. Bu doğrultuda yapılan araştırmada yayıcı-yapıştırıcılar arasından hangisinin, yetiştirilen farklı bitkisel ürünlere karşı uygulanan püskürtme sıvısının etkisini arttırdığıyla ilgili gerek satış aşamasında gerekse

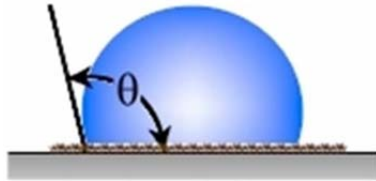
literatürde yeteri derecede yönlendirici çalışmaya ulaşılamamıştır.

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

alınmamaktadır. Kullanımı tamamen tarım ilacı satan bayinin ikna kabiliyetine bağlı olmaktadır.

Etkili bir mücadele için ilaçlamaya başlamadan önce püskürtme sıvısıyla yaprak yüzeyi arasındaki ilişkinin bilinmesi gereklidir. Böylece birçok yayıcı-yapıştırıcı içerisinde hangisinin püskürtme sıvısının uygulama yüzeyindeki performansını arttıracaklarını öngörmek mümkün olabilecektir. Uygulama yüzeylerinde oluşacak damla davranışları üzerinde hedef yüzey enerjileri önemli bir etkiye sahiptir (Fowkes, 1964; Grifalco ve Good, 1957; Ownes ve Wendt, 1969; Wu, 1971; Fox ve Zisman, 1952; Rulison, 2000). Yüzey enerji değerleri doğrudan ölçülebilen bir büyüklük değildir. Tarımsal alanda farklı yaprak yüzeylerine ait enerji seviyelerini belirlemede yaygın olarak Zisman metodu kullanılmış ve literatür kayıtları buna göre oluşturulmuştur. Bu çalışmada Zisman yönteminin yanı sıra daha basit ve kullanışlı bir eşitlik kullanılmış ve her iki yöntem sonuçları kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

Bir damlanın temas yüzeyindeki yayılma durumunun ifade edilmesinde değme açısı terimi kullanılmaktadır. Damlanın yüzeye değdiği noktadan geçirilen teğet ile yaprak yüzeyi arasında kalan damla tarafındaki açı değme açısı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1. Katı Bir Yüzeydeki Damla

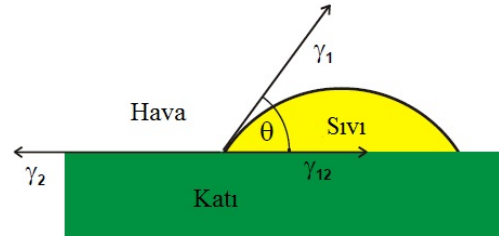
Değme açısı küçüldükçe, damla yaprak yüzeyine daha iyi yayılmaktadır. Damla değme açısı büyüdükçe, damlanın temas eden çapı azalacağı için damlanın yaprak yüzeyini ıslatma alanı ve dolayısıyla yüzey kaplama oranı azalacaktır (Zisman, 1964).

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

Yüzey enerjisi herhangi bir katı için tektir ve farklı yüzey gerilime sahip olan sıvıların temas açılarının kosinüslerinin hesaplanmasıyla bulunur. Temas açısı Young denklemi ile ifade edilir. Yüzey serbest enerjisi, Şekil 2'deki gibi katı bir yüzey üzerindeki damla ile varsayılan teğet arasındaki açının üç faz durumuna göre yüzeyin serbest bırakma veya ıslanabilme yeteneğiyle ilişkilidir. Bu bir dizi sıvı ile katı davranışının daha iyi bir göstergesi olarak hizmet etmektedir. Katının yüzey enerji değerinin altında yüzey gerilimine sahip sıvılar yüzeyi ıslatırlar, yani temas açısı 0'dır. ($\cos\theta = 1$).

Young (1805) Şekil 2'deki gibi bir noktada oluşan üç faz arasındaki temas çizgisi üzerinde ara yüzey gerilimi arasındaki ilişkiyi formüleştirmiştir.

$$\cos\theta = \frac{\gamma_2 - \gamma_{12}}{\gamma_1} \text{ veya} \\ \gamma_2 = \gamma_{12} + \gamma_1 \cdot \cos\theta \quad (1)$$



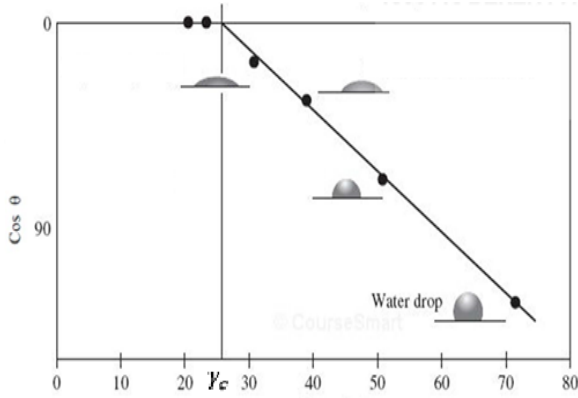
Şekil 2. Üçlü Faz Sisteminde Adezyon ve Kohezyon İşleri (Young, 1805; Hansen, 2004)

Şekil 1.'de;

- γ_1 = Sıvının Yüzey Gerilimi
- γ_2 = Katının Yüzey Gerilimi
- γ_{12} = Katı ve Sıvı Ara Yüzey Gerilimi
- θ = Temas Açısını göstermektedir

Fox ve Zisman, (1950), Sıvının yüzey gerilimi (γ_1) ile sıvının katı yüzeyinde yapmış olduğu açının kosinüsü arasında deneysel olarak bir ilişkinin olduğunu bulmuştur (Şekil 3). Zisman metoduna göre katıların yüzey enerjileri sıvıların yüzey gerilimi kullanılarak belirlenir.

Zisman metodu Şekil 3'de, çeşitli sıvıların yüzey gerilimlerine karşı $\cos\theta$ çizimleri ve $\cos\theta = 1$ karşılayan ekstra eğri çizimi arasındaki ilişkiyi kullanır. Yüzey gerilimine karşılık gelen değerler kritik yüzey gerilimi olarak bilinir (γ_c). Katının yüzey enerjisi ile Zisman'ın bu değeri eşittir. $\cos\theta$ ve sıvıların yüzey gerilimi (γ_1) arasında doğrusal ilişki kurma, yüzey gerilimi arasındaki farktan ara yüzey geriliminin belirlendiği varsayımına dayanır (Krüss 2004).



Şekil 3. Katının γ_c Değerinin Zisman Yöntemi İle Belirlenmesi (Ratner ve ark., 2004)

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

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

Bu çalışmada yaprak yüzey enerjilerinin bulunmasında Zisman yöntemiyle birlikte Young eşitliğinden elde ettiğimiz eşitlik 1.2'ye göre değerlendirmeler yapılmıştır.

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

Bu eşitlik, bir sıvının sadece yapışan kuvvetlerinin yüzey ile etkileşiminde kullanılan Fowkes teorisiyle uyumludur (Hansen 2004).

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada farklı yapıcı-yapıştırıcılar tespit edilerek bunlardan bazıları pazarda faaliyet gösteren firmalardan doğrudan veya internet aracılığıyla sipariş verilerek elde edilmiştir. Kullanılan yapıcı-yapıştırıcıların ambalajlı olarak pazara sunum biçimi Şekil 4'de, ürünlere ait bazı özellikler ise Çizelge 1'de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 1'de B, C, D, E, F, H ve J kod adlı ticari ürünler yerli üretim olup A, G ve İ kod adlı ticari ürünler ise yurt dışından temin edilmiştir. Seçilen yapıcı yapıştırıcılardan 5 tanesi Anyonik diğer 5 adedi ise Noniyonik kimyasal yapıya sahiptir. Temin edilen yapıcı yapıştırıcılardan en yüksek konsantrasyonlarla uygulama A anma kodlu ürünle olmuştur. Diğer

ürünlerde ise önerilen uygulama konsantrasyonları 0,2-1 mL.L-1 sınırlar arasında olmuştur. Çalışmada kullanılan tüm ürünlerin üzerinde satıcı firmalar tarafından "Yapıcı ve Yapıştırıcı" ibaresi yer almıştır.



Şekil 4. Testlerde Kullanılan Yapıcı-Yapıştırıcılar

Çalışmada kullanılmak üzere gerekli olan yaprak örnekleri Çukurova Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde üretimi yapılan sebze, turuncgiller ve bağ alanlarından temin edilmiştir. Denemelerde kullanılmak üzere öncelikle pazarda yaygın olarak tüketilen ürünler tercih edilmiştir. Bunların arasından bir kısmının meyve olması diğerlerinin sebzelerden seçilmesi arzu edilmiştir. Bu bitki yaprakları da kendi aralarından tüylü ve tüysüz olanları ile yüzeyi mumlu olanları ile yüzeyinde tüy bulunmadığı gibi mum tabakası da bulunmayan bitkiler tercih edilmiştir. Araştırmalarda kullanılacak yaprakların fiziksel olarak sağlam olanlarından sağlıklı görünüme sahip, canlı ve kendine has özellikleri taşıyanlardan seçilmesine dikkat edilmiştir. Bunun için Bamyacı (Habiscus esculentus), Portakal (Citrus sinensis), Limon (Citrus limon), Domates (Lycopersicon esculentum), Patlıcan (Solanum melongena L.), Biber (Capsicum annum) ve Asma (Vitis vinifera) yaprakları taze olarak bitkilerden kopararak boş kavanozlara yerleştirilmiştir.

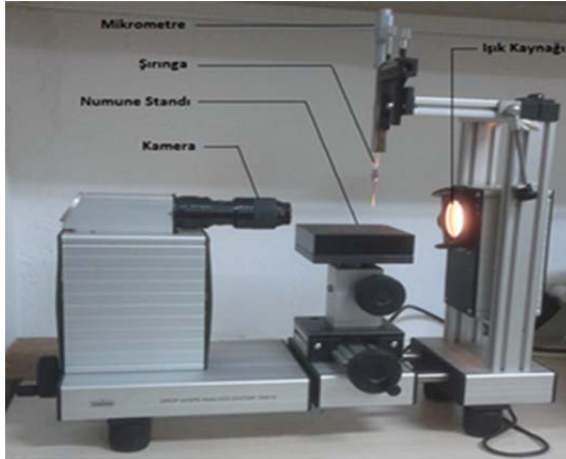
Bu kavanozlar ölçüm sırasında canlılıklarını korumak ve bozulmayı önlemek amacıyla laboratuvarında bulunan buzdolabına yerleştirilmiş ve sırası geldikçe buzdolabından alınan yaprak örneklerine ait ölçümlerin en kısa sürede yapılması sağlanacak şekilde çalışmalar yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan yapraklar Bamyada BBCH=67, Portakal ve Limonda BBCH=81, Domateste BBCH=19, Patlıcanda BBCH=73, Biberde BBCH=19 ve Asmada BBCH=71 fenolojik dönemlerinden alınmıştır (Meier, 2001).

Çizelge 1. Denemelerde Kullanılan Yayıcı ve Yapıştırıcıların Etkili Maddeleri, Etiket Dozları ve İyon Yapıları

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

*Etiket değerine göre saf su ile konsantrasyon

Araştırmada kullanılan yayıcı-yapıştırıcıların yüzey gerilimi ve damla değme açıları değerlerinin ölçümünde, Ç.Ü Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Püskürtme Laboratuvarında bulunan, Krüss firması tarafından üretilen Damla Şekil Analiz 10 cihazı kullanılmıştır (Şekil 5). Cihaz, sıvıların ve yaprak yüzeylerinin hassas karakterizasyonu için, sıvıların statik ve dinamik yüzey gerilimlerini ve yaprak yüzeyleri üzerindeki damlacıkların statik ve dinamik temas açısını ayrıca yüzey serbest enerjisini ölçebilmektedir. Şekil 5’de gösterildiği gibi; Cihaz üzerinde ışık kaynağı, düşey yönde ayarlanabilir mikrometre ile mikrometre altına yerleştirilen şırınga ve tutacağı, ayarlanabilir numune standı, ayarlanabilir zoom özelliği olan kamera ve standı bulunmaktadır. Çalışmalarda ayrıca karışım örneklerinin hazırlandığı kavanozlar ve yardımcı malzemeler kullanılmıştır.

**Şekil 5. Damla Şekil Analiz 10 Cihazı**

Metot

Ölçümlere başlayabilmek için 2 mL kapasiteli enjektöre yayıcı-yapıştırıcı karışımları çekilerek şırınga cihazdaki yerine yerleştirilmiştir. Yüzey gerilim ölçümlerini doğru yapabilmek için iğne ucunda oluşacak damlanın en büyük boyutta aslı kalması sağlanmıştır. Bunun için şırınga üzerinde bulunan mikrometrenin saat yönünde döndürülmesi ile şırınga kolunun ileri doğru hareket ettirilmesi sağlanarak iğne ucundaki damlanın boyutu kontrollü olarak ayarlanmıştır. Elde edilen görüntü monitörde bulunduğu çerçeve içerisinde en fazla doldurduğu anda ölçümler yapılmıştır. Her bir yayıcı-yapıştırıcı karışımları yüzey gerilim ölçümleri üçer tekrarlı olarak yapılarak veriler elde edilmiştir. Yayıcı-yapıştırıcılara ait yüzey gerilim değerleri Çizelge 2’de belirtildiği şekliyle bulunmuştur.

Damla Değme Açısı ölçümleri

Cihaza ait şırıngaya katkı maddeleri çekilerek yerine yerleştirilmiştir. Ölçümlerde 0,5 mm çapında iğne kullanılmıştır. Farklı yüzeylerle yapılan ölçümlerde yüzeylerin, monitörde oluşan görüntünün yarısından daha az olması numune standı ayarları vasıtasıyla sağlanmıştır. Şırınga örnek yüzey üzerinden biraz yukarıda duracak şekilde şırınga standı üzerinde bulunan ayar düğmeleri yardımıyla aşağı doğru indirilmiştir. Çoğunlukla "Circle Fitting" seçeneğine göre hesaplamalar yürütülmüştür. Bu seçenek ile ölçümü yapılamayan damlaların hesaplanmasında "Sessile Drop Fitting" seçeneği kullanılmıştır. Anlatılan bu çalışmalar, üzerinde çalışılan 11 adet yayıcı ve yapıştırıcının etiket değerlerine göre karışımları

oluşturulduktan sonra, 7 farklı yaprak yüzeyinde gösterecekleri davranışların belirlenmesi için karışımların her biri, her bir yaprak yüzeyine değme açılarının belirlenmesi için on tekrarlı olarak uygulanmıştır. Oluşan damlaların temas açıları 3. saniye için kaydedilerek hesaplamalar yapılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Katkı maddelerinin, ambalajları üzerindeki etiketlerinde belirtilen önerilere göre saf su ile seyreltilerek hazırlanmış solüsyonlarının, birçoğunun yüzey gerilim değerlerini yükselttiği görülmüştür. Karışım oluşturmadan önce birbirine yakın yüzey gerilimine sahip örneklerin, suyla seyreltilmesi durumunda oluşan yüzey gerilimleri arasında büyük farklılıkların olduğu görülmüştür (Çizelge 2). Daha dikkatli bir gözlem yapıldığında, H ve C yayıcı-yapıştırıcılarına ait yüzey gerilim değerlerinin, saf suya ait yüzey gerilim değeri seviyesinde oldukları görülmüştür. Diğer bir ifadeyle bu iki yayıcı-yapıştırıcının oluşturulan karışımların yüzey gerilim değerlerini düşürmediği, yani taşıyıcı olarak kullanılan suyun fiziki özellikleri üzerinde etkili olmadıkları, ayrıca damla oluşumu üzerinde etkili olan unsurları da değiştirmedikleri anlaşılmaktadır. Bu etkisizliğin başlıca nedeni olarak H, C ve B ürünlerinin Selüloz türevi özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir. Camacho ve ark. (2001) ve Temeltaş (2007), yapmış oldukları çalışmada etkili maddesi bu içeriğe sahip formülasyonlar için benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Selüloz türevlerinin, killer ve doğal zamkların farmasötik teknolojisinde viskoziteyi artırmak ve çökmeyi yavaşlatmak amacıyla süspansiyon ajanları olarak kullanıldığı bildirilmektedir (Acartürk, 2009). Ayrıca endüstride bu ürünlerden kıvamlaştırıcı ve kıvam koruyucu olarak yararlanıldığı belirtilmektedir (Canlı, 2012). Aynı zamanda bu karışımların uygulandığı yüzeylerde tutunma, temas açısı gibi damla karakterleri üzerinde de uygulama sıvısının kapasitesini geliştirmedikleri tespit edilmiştir. Karışım halinde en düşük yüzey gerilime G ve F katkı maddesinin sahip olduğu belirlenmiş olup, içerik bakımından organosilikon yapıları oldukları gözlenmiştir. İ ve A katkı maddelerin de düşük yüzey gerilimi oluşturdukları tespit edilmiştir. Genel olarak Çizelge 2 değerlendirildiğinde, noniyonik yayıcı-yapıştırıcıların, anyonik yayıcı-yapıştırıcılarından daha yüksek yüzey gerilim oluşturdukları gözlenmiştir.

Çizelge 2. Yayıcı ve Yapıştırıcı Karışımlarına Ait Yüzey Gerilimleri

Karışım	Önerilen Doz (mL.L ⁻¹)	Ürün	
		Yüzey Gerilimi (mN/m)	Suyla Karışımın Yüzey Gerilimi (mN/m)
A	2,5	24,47	26,92 ^c *
B	0,3	25,12	62,51 ^g
C	0,5	37,04	73,29 ^h
D	1	29,29	49,24 ^f
E	0,5	20,87	41,94 ^e
F	0,4	28,17	25,23 ^b
G	0,2	24,54	20,21 ^a
H	1	24,53	73,51 ^h
İ	1	22,21	27,49 ^c
J	0,5	29,55	35,64 ^d
Saf Su	-	73,21	-

Damla Değme Açısı Bulguları

Yayıcı-yapıştırıcı karışımlarının yaprak yüzeylerinde, üçüncü saniye sonunda oluşturdukları temas açıları incelenmiştir. Saf su, C, B ve H yayıcı-yapıştırıcılarından üretilen damlaların yaprak yüzeylerinde oluşturdukları değme açıları ortalamalarının 80⁰ den yüksek olmaları nedeniyle, yaprak yüzeylerinde tutunamayarak akmaya meyilli oldukları sonucu Çizelge 3'ten çıkarılmıştır. Bu yayıcı-yapıştırıcıların yüksek yüzey gerilimine sahip oldukları ve içeriklerinin selüloz türevlerinden oluşması, pazarda yaygın olarak satışı bulunan karboksimetilselüloz ve sodyumkarboksimetilselüloz gibi içeriklere sahip katkı maddelerinin etkili sonuç vermediği sonucunu oluşturmaktadır. G, A ve İ yayıcı-yapıştırıcıları ile hazırlanmış karışımlardan elde edilen damlaların, yaprak yüzeylerinde, tarımsal mücadelede istenilen açıları oluşturacak şekilde yayılma gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu yayıcı-yapıştırıcıların ise karışımlar arasında en düşük yüzey gerilimi oluşturan katkı maddeleri oldukları gözlenmiştir. D, E, F ve J yayıcı-yapıştırıcıları ise, hidrofil ile hidrofob aralığında değme açıları oluşturmuş, dolayısıyla orta seviye yayıcı-yapıştırıcıları kategorisi olarak değerlendirilmiştir.

Yaprak Yüzey Enerjilerinin Belirlenmesi

Yüzey enerjileri, yapraklara uygulanan sıvıların oluşturdukları temas açıları ile sıvı karışımlarına ait yüzey gerilimlerinin 2. eşitlikte yerlerine konulmasıyla elde edilmiştir. Farklı yaprakların, yüzeylerine uygulanan damlaların davranışları üzerinde değişim sağlayan yüzey enerji verileri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. Yayıcı ve Yapıştırıcı damlacıklarının 3. Saniyede Yaprak Yüzeyindeki Temas Açıları (°)

Bitki Türü	Saf Su	A	B	C	D	E	F	G	H	İ	J
Bamya	87,8	41,8	100,4	86,2	69,2	63,7	69,0	35,0	72,4	32,8	71,9
Portakal	86,3	45,8	54,1	82,1	74,2	85,3	49,1	43,1	82,9	43,2	67,1
Limon	72,9	43,4	75,2	94,1	61,1	55,8	54,6	31,5	66,0	60,2	75,4
Domates	100,0	49,0	94,8	100,1	84,1	73,7	46,9	56,6	99,5	46,7	85,3
Biber	81,8	43,7	87,1	83,8	79,0	73,5	72,6	35,6	77,6	45,5	72,4
Patlıcan	95,2	53,5	86,7	91,3	85,1	68,0	77,4	43,3	93,1	47,5	74,5
Asma	114,0	42,6	96,5	115,7	105,6	97,5	94,1	45,7	110,1	54,5	100,7

Çizelge 4. Yaprakların Ortalama Yüzey Enerji Değerleri (mN/m)

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

a. 1.12. eşitliğe göre

b. Zisman Metoduna göre

Zisman yöntemi ile bulunan sonuçlar incelendiğinde, en yüksek yüzey enerjisinin biber yaprağı yüzeyinde olduğu görülmüş, en düşük yüzey enerjisinin ise domates yaprağına ait olduğu anlaşılmıştır. Yaprak yüzeylerinde oluşan değme açılarının, yine yaprakların sahip olduğu yüzey enerjilerinin etkisi ile olduğu bilinmektedir. Buna göre yüzeyinde en düşük temas açılarını oluşturan yaprakların biber bitkisine ait olmadığı, bu değerlerin limon yaprakları üzerinden elde edildiği Çizelge 3'te görülmektedir. Aynı şekilde üzerinde en büyük temas açılara sahip damlaları taşıyan yaprakların domates yapraklarına ait olmadığı, bu değerlerin asma yaprakları yüzeyinden elde edildiği yine Çizelge 3'ten anlaşılmaktadır. Daha önceki uyarılar dikkate alındığında, Zisman metodunun hatalı sonuçlar verdiği (Hejda, 2010), bu araştırma sonucunda da görülmektedir. Bunun yerine elde edilen verilerle daha uyumlu sonuçlar veren 2. eşitlikten faydalanılmıştır. Bu eşitliğe göre yapılan çalışmalar sonucunda limon ve portakal yapraklarının diğer yapraklara göre hidrofilik karakterde olduğu anlaşılmakta ve en yüksek yüzey enerjisine sahip ürün yaprakları olarak ön plana çıkmaktadır. Asma, domates ve patlıcan bitkisi yapraklarının ise uygulanan damlalara karşı daha

hidrofobik davranış gösterdiği görülmektedir. Bu yapraklara ait yüzey enerjilerin ise en düşük seviyede olduğu Çizelge 3 belirtilmektedir. Bamya ile biber bitkisi yaprakları ise her iki grup arasında yüzey enerjileri üreterek sıralamayı oluşturmaktadırlar.

Yüzeylerine uygulanan katkı maddeli damlaların davranışları üzerinde değişim sağlayan güç olan yaprak yüzey enerji verilerine göre, limon ve portakal yapraklarının diğer yapraklara göre hidrofilik karakterde olduğu anlaşılmakta ve en yüksek yüzey enerjisine sahip ürün yaprakları olarak ön plana çıkmaktadır. Hidrofilik özellikteki bu bitkilere karşı süper yayıcı-yapıştırıcıların tank karışımı olarak tavsiye edilmesi, pülverizasyonun etkinliğini arttırmak yerine azaltacağı yönünde tespitler yapılmıştır. Çünkü bu yüzeylerin yüksek enerjiye sahip olmaları nedeniyle uygulama sıvılarının pülverizasyon sırasında yaprak yüzeylerine tutunmalarını azaltarak akış oranını arttırdıkları bildirilmiştir. Asma, domates ve patlıcan bitkisi yaprakları ise hidrofobik davranış göstermektedir. Hidrofobik yüzeylerde daha etkili mücadele için püskürtme sıvılarının fiziksel özellikleri üzerinde önemli etki gösteren G gibi süper yayıcı ve yapıştırıcıların kullanılması, etkinliğin artırılması bakımından önemle tercih edilmelidir.

Daha bilinçli bir kullanım için yaprakların sahip oldukları yüzey enerjileri ile uygulama sıvısına ait yüzey gerilim değerleri karşılaştırılarak düşük yüzey enerjisine sahip yapraklar için uygulama sıvısının yüzey gerilimini çok düşüren süper yayıcı-yapıştırıcıların kullanımı tercih edilmelidir. Yüksek yüzey enerjisine sahip bitki yaprakları ile yapılacak mücadele için ise uygulama sıvısında daha yüksek yüzey gerilimi oluşturan yayıcı-yapıştırıcıların kullanımının, diğer faktörler göz önünde bulundurularak tavsiye edilmesi uygun olacaktır.

SONUÇ

Tarım ilaçlarıyla kullanılan katkı maddeleri, yanlış veya herhangi bir bilgi olmadan kullanılması

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

Farklı karakterlere sahip yapraklara karşı uygulanacak ilaç uygulamasında kullanılması düşünülen katkı maddeleri arasından üretimi gerçekleştirilen yüzlerce yayıcı ve yapıştırıcı içerisinden nasıl bir seçim yapılması gerektiğinin belirlenmesi için bu araştırmada yaprak yüzeylerindeki damlacıkların türlere göre değişiminin, enerji açısından tespiti yapılmıştır. Etiketlerinde, kendisiyle hazırlanacak olan karışımın yüzey gerilim değerinin belirtilmesi ile birçok yayıcı-yapıştırıcı arasından tarımsal mücadelesi yapılan bitki türünün yüzey enerjisinin bilinmesi halinde daha kolay seçme yapılacağı anlaşılmaktadır. Laboratuvar şartlarında, farklı özelliklere sahip bir seri sıvının yüzey gerilimleri ile bu sıvıların, yaprak yüzeylerinde oluşturdukları temas açlarına göre bulunan yüzey

enerjileri değerleri, tarla uygulamalarında benzer sonuçlar elde etmek için bir öngörü sağlayacaktır. Ayrıca satışı yapılan çok sayıda yayıcı-yapıştırıcı arasından daha rahat seçme yaparak daha etkin sonuçlar elde edilecektir. Özellikle entansif tarım yapılan, konvansiyonel ürünlere ait yaprakların yüzey enerjileri bulunarak veriler indeks halinde yayınlanmalıdır ve yayıcı-yapıştırıcıların oluşturacakları yüzey gerilimleri etiketlerinde bulundurma zorunluluğu sağlanmalıdır. Böylece uygulayıcı, mücadelede ilaç etkinliğini geliştiren yayıcı-yapıştırıcının seçiminde daha kolay tercih yaparak hem işletme ekonomisi, hem de milli ekonomi kaynakları daha verimli kullanılmalıdır. Yayıcı-yapıştırıcıların oluşturdukları karışımların yüzey gerilim değerleri belirlenerek yaprak yüzey enerjileri ile karşılaştırmalı olarak öneriler oluşturulmalıdır. Bu uygulamanın yaygınlaşmasıyla birlikte üreticiler, imalatını yaptıkları ürünlerinin hangi bitkiler için daha uygun olacağı ile ilgili tavsiyelerde bulunabileceği gibi çiftçiler de mücadelesini yaptığı hastalık, zararlı ve yabancı otlara karşı ilaçlama etkinliğini arttıran yayıcı ve yapıştırıcıyı seçebilecek bir ölçüde sahip olabilecektir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Camacho, F. G., Grima, E. M., Miron, A. S., Pascual, V. G., Chisti, Y., 2001. Carboxymethyl cellulose protects algal cells against hydrodynamic stress. Department of Chemical Engineering, University of Almería, E-04071 Almería, Spain. *Enzyme and Microbial Technology* 29, 602-610
- Fox, H. W., Zisman, W. A., 1950. The spreading of liquids on low energy surfaces, *J. Colloid Sci.*, 5, 514-531.
- Fowkes, F. M., 1964. Attractive forces at interfaces, *Industrial and Engineering Chemistry* 56, 40-52.
- Girifalco, L. A., Good, R. J., 1957. A Theory For The Estimation of Surface and Interfacial Energies. I. Derivation and Application to Interfacial Tension, *The Journal of Physical Chemistry* 61, 904-909.
- Hansen, F. K., 2004. The Measurement of Surface Energy of Polymers by Means of Contact Angles of Liquids on Solid Surfaces. University of Oslo.
- Krüss, 2004. Drop Shape Analysis. Krüss GmbH. Hamburg.
- Owens, D. K., Wendt, R. C., 1969. Estimation Of The Surface Free Energy Of Polymers, *Journal of Applied Polymer Science* 13, 1741-1747.
- Ratner B., Hoffman A., Schoen F. and Lemons J., 2004. *Biomaterials Science*, 2nd edition San Diego: Elsevier Academic Press..
- Rulison, C., 2000. Two-Component Surface Energy Characterization As Predictor Of Wettability And Dispersability, Application Note 213, Krüss GmbH, Hamburg.
- Temeldaş, M., 2007. Tarım İlaçları İçerisine Katılan Yayıcı-Yapıştırıcıların Püskürtme Tekniği Açısından Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi. Adana.
- Tekinalp, İ., 2008. Flotasyon performansına etkiden kinetik özellikler ile Yüzebilirlik değişkenleri arasındaki ilişkinin Araştırılması, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Wu, S., 1971. Calculation Of Interfacial Tension İn Polymer System, *Journal of Polymer Science* 34, 19-30.
- Zisman, W.A., 1964. Relation of Equilibrium Contact Angle to Liquid and Solid Constitutions in Contact Angle, Wettability and Adhesion. *Advances in Chemistry Series*. American Chemical Society: Washington D.C., Vol.43, 1-51.
- Young, T., 1805. An Essay on the Cohesion of Fluids, *Phil. Trans R. Soc.* 95, 65-87 London.