

**Derleme (Review)**

## Bitki koruma alanında kullanılan adjuvantlar

Halil TOPUZ<sup>1</sup>

Enver DURMUŞOĞLU<sup>2\*</sup>

Hasan BALCI<sup>2</sup>

### Summary

#### Adjuvants used in plant protection

Pesticides are a complementary element of modern agriculture and production period of all the agro-ecological systems in the world requires more pesticide application. Adjuvants are chemicals adding to formulations or mixtures, with the aim of obtaining expected benefits from pesticides. Two types of effect related to adjuvants would be mentioned. They increase efficiency of pesticides and also improve physical and chemical characteristics of application mixtures. Today, more than 3,000 chemical compounds delineated as adjuvant and they have a market share of 1,5 billion dollars in the world, although there is very limited information and research about on this subject in Turkey.

**Key words:** Adjuvant, pesticide, plant protection

**Anahtar sözcükler:** Adjuvant, pestisit, bitki koruma

#### 1.Giriş

Adjuvantlar, pestisitlerden beklenen performansın artırılmasını sağlamak amacıyla, formülasyonlara veya uygulama karışımına eklenen çeşitli kimyasallardır. Bazı adjuvantlar, pestisit ile uygulama suyu arasındaki çözünürlük, stabilite (kararlılık), pH dengesi, uyuşabilirlik, tamponlama ve köpüklenme gibi konularda olumlu katkılar sağlarken, bazıları ilaçlı sıvının sürüklenmesini veya buharlaşmasını azaltmakta, bazıları pestisitlerin bitki dokularına penetrasyonunu kolaylaştırarak, bazıları da uygulandıkları yüzeye ilaçlı sıvının daha iyi yapışıp homojen bir şekilde yayılmasına katkı vererek fayda sağlamaktadırlar (Underwood, 2000; Green & Beestman, 2007).

Günümüzde 3000'den fazla kimyasal bileşiğin adjuvant olarak nitelendirildiği bilinmektedir (Underwood, 2000). Dünyada satılan adjuvant miktarının 2001 yılında 1,0 milyar, 2005 yılında ise 1,5 milyar US \$ seviyesine çıktığı bildirilmektedir (Knowles, 1995). Herbisitlere tolerant, zararlılara dirençli transgenik bitkilerin daha geniş alanlarda yetiştirilmesiyle, mevcut pestisit kullanım alışkanlıklarının değişeceği ve bitkiye özel pestisit üretimi ile paralel adjuvant kullanımının daha da önem kazanacağı çok önceden beri ifade edilmektedir (Underwood, 1998).

Adjuvantlarla ilgili ilk bilimsel kayıt olarak, Amerika'da böcek yumurtalarının öldürülmesinde gazyağına yüzey gerilimini azaltan bir adjuvant olarak sabun çözeltisinin eklenilmesi gösterilmektedir (Hazen,

<sup>1</sup> Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, 35100, Bornova, İzmir

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

\* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: enver.durmusoglu@ege.edu.tr

Alınış (Received): 22.08.2011

Kabul edilmiş (Accepted): 26.09.2011

2000). Ancak adjuvantlarla ilgili temel gelişmeler, 1940-1960 yılları arasında 2,4 D ve DDT gibi tarım ilaçlarının geliştirilmesi sırasında, onların yaygın ve yoğun bir şekilde kullanılmaları sayesinde olmuştur. Çünkü o dönemlerde, pestisitlerin hedef organizmalara zehirli etkileri yanında, uygulama sırasında ilaçlı su damlalarının yaprak yüzeyine tutunması ile yaprağı ıslatma performansı gibi konular, adjuvantlar üzerinde detaylı çalışmaları başlatmıştır. Yine aynı dönemlerde, pestisitlerin etkinliğini artırmak için sabunların yerine iyonik olmayan yüzey gerilimini azaltan bazı adjuvantlar geliştirilerek kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmelerin sonucunda 1960-70'li yıllarda adjuvant olarak yağ konsantresinin kullanımı başlamış ve özellikle de pestisitlerin yapraklar tarafından alınım oranını (penetrasyon) arttıran organosilikon bazlı adjuvantların keşfi önemli bir gelişme olarak ortaya çıkmıştır. Pestisitlerin yapraktan bitkiye alınmasını kolaylaştıran adjuvantlar, genelde herbisit tüketim miktarının azaltılması amacıyla (çoğunlukla çıkış sonrası uygulanan herbisitlerle) kullanılmıştır (Green, 2000; Underwood, 2000). 1980'li yıllarda metil ester tohum yağları ve gübre bazlı olanların keşfi ile adjuvantlar herbisitlerle birlikte daha yaygın kullanılmıştır. Bu yaygın kullanım sonucu adjuvantlar, 50'nin üzerinde herbisit için etiketlerinde tavsiye edilmiştir. 1990'lı yıllardan itibaren de daha düşük dozda pestisit uygulamaları sağlayan ve pestisit uygulama problemlerini azaltan adjuvantlar geliştirilmiştir (Anonymous, 2005).

Adjuvant kullanımının artarak yaygınlaşması, bir yandan adjuvantlar üzerine araştırmaları yoğunlaştırmış, bir yandan da çok farklı tip ve içerikte adjuvant üretilmesine neden olmuştur. Diğer yandan, adjuvantların saf kimyasallar olmayıp genelde karışımlar halinde olmaları ve içeriklerinin sürekli güncellenmesiyle, onların net olarak tanımlanması oldukça güçleşmiştir. Ayrıca adjuvant üreticilerinin yeni ürünlerini piyasaya çıkarmalarındaki yasal zorluklar nedeniyle sürekli güncelledikleri ürünlerinin içeriğini tam olarak açıklamaktan kaçınmaları yine adjuvantların net olarak tanımlanmasını zorlaştırmaktadır (Green & Foy, 2000; Hazen, 2000). Bu durum adjuvantların birbirine yakın birçok tanımının bulunmasına ve onların farklı şekillerde gruplandırılmalarına yol açmıştır. Diğer yandan farklı ülkelerdeki çeşitli ruhsatlandırma işlemleri farklı şekilde tanımlama ve gruplandırmayı zorunlu kılmıştır. Örneğin; ABD'de 2500 kimyasal ürün adjuvant olarak adlandırmış ancak bunlara ruhsat zorunluluğu getirilmemiştir. Bu ürünler ne tavsiye edilmekte ne de yasaklanmaktadır. Buna karşın, Kanada'da ise tüm adjuvantların ruhsat alma zorunluluğu bulunmaktadır. İngiltere'de ise formülasyon içinde bulunan ıslatıcı ve yayıcıların ruhsatlandırma zorunluluğu varken, uygulama karışımına eklenen adjuvantlarda pestisitlerin etkisini arttırdığı ile ilgili bir iddiası yoksa, ruhsatlandırma zorunluluğu bulunmamaktadır. Fransa'da uygulama karışımına eklenen herhangi bir maddenin ruhsat alması gerekmektedir. Almanya ise uygulama karışımına eklenen adjuvantların kullanımına müsaade etmemektedir (Ruiter et al., 2003). Ülkemizde ise birçok ülkede olduğu gibi adjuvantlar ruhsat almadan perakende olarak satılabilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada, adjuvant terminolojisi, sınıflandırılması ve etiketlenmesi ile ilgili bilgiler adjuvantlar üzerinde uzmanlaşmış Amerikan Test ve Malzeme Derneği (American Society for Testing and Materials = ASTM) ile Avrupa Adjuvant Birliği'nin (European Adjuvant Association = EAA) tanımları temel alınarak sunulmuştur.

## 2. Adjuvantların Tanımı ve Sınıflandırılması

ASTM'ye göre adjuvant; uygulama karışımına eklenerek kimyasalın etkinliğine veya karışımın fiziksel karakteristiğine yardım eden veya modifiye eden maddeler olarak tanımlanırken, EAA'ya göre ise pestisitlere ilave edilerek onların etkinliğini arttıran ve önemli oranda pestisit özelliği göstermeyen su dışındaki maddeler olarak tanımlanmaktadır (Green, 2000; Hazen, 2000).

Adjuvantların sınıflandırılmaları, etki şekillerine (fonksiyonlarına) göre olabildiği gibi, kullanılan kimyasala (organosilikon gibi), adjuvantın kaynağına (bitki veya petrol yağları gibi), kullanım şekline (uygulama şekli) göre de olabilmektedir. Bu sınıflandırmalardan özellikle kullanım şekillerine ve etki şekillerine göre olan sınıflandırmalar öne çıkmaktadır (Penner, 2000a).

Kullanım şekline göre adjuvantlar; pestisit üretimi sırasında aktif maddeye ilave edilen "Formülasyon Adjuvant" ve pestisit aktif maddesinin performansını arttırmak için uygulama esnasında tank karışımına eklenen "Sprey Adjuvant" olarak sınıflandırılmaktadır (Lopresti, 2004).

Bu eserde adjuvantlar, ASTM tarafından kabul edildiği gibi etki şekillerine göre sınıflandırılarak irdelenecektir (Çizelge 1).

Etki şekillerine göre adjuvantlar; pestisitlerin biyolojik etkinliğini arttıran “Aktivatör Adjuvantlar” ve uygulama karışımının fiziksel ve kimyasal karakteristiğini etkileyen “Yardımcı Adjuvantlar” olarak sınıflandırılmaktadır (Hess, 1999; Hazen, 2000; McMullan, 2000; Tu & Randal, 2001).

Çizelge 1. Etki şekillerine göre adjuvantların sınıflandırılması (Tu & Randal, 2001)

Aktivatör Adjuvantlar	Yardımcı Adjuvantlar (sprey modifiye adjuvantları da içerir)
1- Sürfaktantlar a- İyonik olmayanlar (noniyonik) (organosilikonları da içerir) b- İyonik olanlar (anyonik, katyonik) c- İki yönden de etkileyenler ( amfoterik)	1- Islatıcı maddeler (yayıcılar) 2- Sürüklenmeyi önleyiciler ve Köpük yapıcılar 3- Renklendiriciler 4- Köpüklenmeyi önleyiciler 5- Koyulaştırıcılar
2- Yağlar (ürün yağ konsantresini içerir) a- Petrol yağları b- Bitkisel yağlar	6- Yapıştırıcılar 7- Bağdaştırıcılar (uyum sağlayıcılar) 8- pH dengeleyiciler (asitlendirici ve tampon görevi gören maddeler)
3- Amonyumlu (azotlu) gübreler	9- Nem tutucular 10- UV emiciler

## 2.1. Aktivatör Adjuvantlar

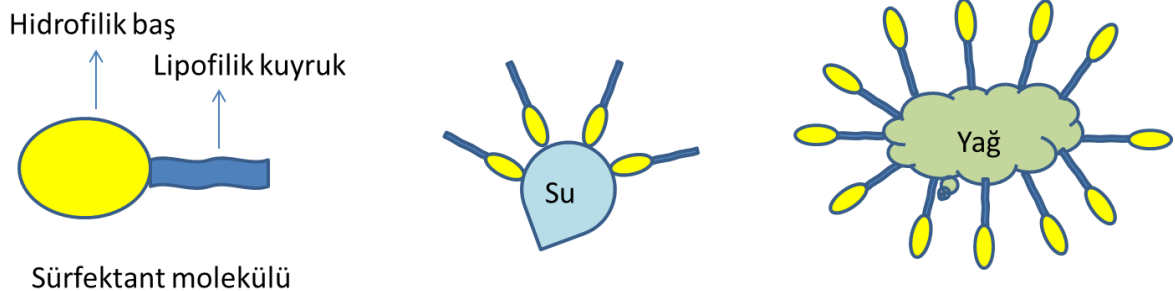
Aktivatör adjuvantlar pestisit formülasyonuna veya uygulama karışımına eklenerek pestisit; etkinliğini, bitki tarafından alınımını ve yaprak üzerinde tutunmasını arttıran, suyla yıkanmasını ve buharlaşmasını azaltan maddelerdir. Aktivatör adjuvantlar daha düşük dozda pestisit uygulamalarına olanak sağlar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

Aktivatör adjuvantların; sürfaktantlar, yabancı otlar için taşıyıcı yağlar, ürün yağları, ürün yağ konsantresi, bitkisel yağlar, metil ester tohum yağları (MOS), silikon türevleri ve azotlu gübreler gibi birçok alt grubu bulunmaktadır. Bazı pestisit formülasyonları (özellikle herbisitler) içerisinde aktivatör adjuvantları içermektedir. Örneğin glyphosate aktif maddeli RoundUp Ultra® bir sürfaktant, triclopyr aktif maddeli Pathfinder II® ise bir sürfaktant ve yardımcı adjuvantlardan renklendirici içermektedir (Tu & Randal, 2001).

### 2.1.1. Sürfaktantlar

Sürfaktantlar “Surface active agent” (Yüzey aktif maddeler) sözcüklerinden türetilmiş olup, adjuvantların en önemli grubudur ve yüzey gerilimini azaltan maddeler olarak bilinirler. Sürfaktantların, temizlik maddeleri, gıda, ilaç, ziraat, tekstil, kimya endüstrisi, plastik endüstrisi vb. geniş bir kullanım sahası vardır (Miller & Westra, 1998).

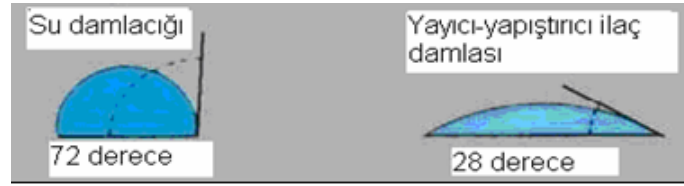
Sürfaktantlar, hidrofilik (suyu seven) ve hidrofobik (suyu sevmeyen) kısım içeren moleküllerdir (Şekil 1).



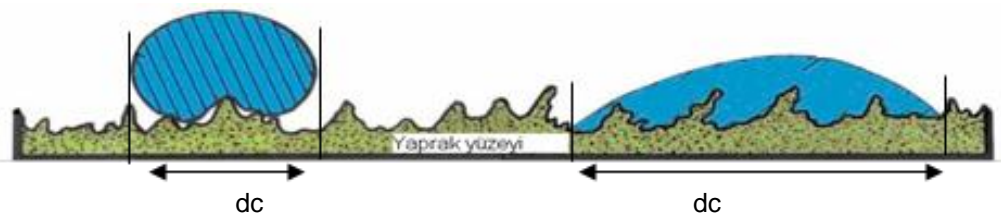
Şekil 1. Sürfektant moleküllerinin yapısı ve işlevi.

Sümfaktanların hidrofilik ve lipofilik kısımlarının birbirine oranı, maddenin su sever (hidrofilik) ya da yağ sever (lipofilik) olmasını belirler. Genellikle Hidrofil-Lipofil Dengesi değeri 3-6 arasında olan sümfaktanlar su/yağ emülsiyonlaştırıcı, 7-9 arasında olanlar ıslatma reaktifi, 8-18 arasında olanlar yağ/su emülsiyon yapıcı olarak sınıflandırılırlar. Emülsiyonu yapılacak bileşenler için kullanılacak sümfaktanın Hidrofil-Lipofil Dengesi değeri, bu bileşenlerin Hidrofil-Lipofil Dengesi değerlerine yakın olan maddelerden seçilmelidir. Sümfaktant maddeler yüzey gerilimini azaltarak buldukları sıvının yüzey karakteristiğini iyileştiren, emülsiyonunu, dağılımını, tutulumunu, yayılımını sağlayarak sıvının bulunduğu yüzeye emilimini arttıran maddelerdir (Ahrens, 1994).

Şekil 2 ve 3'de de görüldüğü gibi, sümfaktanlar bitki yüzeyi ile ilaç damlası arasındaki teması geliştirirler (Temeldaş, 2007). Bununla birlikte; ilaç damlacıklarının bitki yüzeyinde düzenli dağılımını sağlamak, bitkide tutunmasını arttırmak ve su tutumunu arttırmakla kurumasını yavaşlatmak, ilacın yaprak yüzeyindeki tüy, pul vb. yapılardan geçerek bitkiye alınımını sağlamak ve bitki yüzeyindeki ilaç tortusunun kristalizasyonunu önlemek gibi yollarla ilacın emilimini arttırmak etkili olurlar (Tu & Randal, 2001).



Şekil 2. Su damlacığı ile sümfaktantlı su damlacığı değme açıları (Temeldaş, 2007).



Şekil 3. Tüylü yüzeyli yaprak yüzeyinde su ve sümfaktantlı su damlacığının yaprak yüzeyindeki değme çapı (dc) (Temeldaş, 2007).

Sümfaktanlar kendi içinde ise sulu çözeltilerdeki iyonize olma yetenekleri temel alınarak sınıflandırılır. Buna göre sümfaktanlar iyonik olmayanlar, iyonik olanlar (anyonik, katyonik) ve iki yönden de etkileyenler (amfoterik) olmak üzere sınıflandırılırlar. İyonik olanlar taşıdıkları elektrik yüküne göre aktif kısmında (-) yük taşıyanlar anyonik, aktif kısmında (+) yük taşıyanlar katyonik, karışımın pH'ına bağlı olarak (+) veya (-) yüke sahip amfoterik olarak adlandırılırken, iyonik olmayanlarda elektrik yükü bulunmamaktadır (Hazen, 2000; Penner, 2000b; Tu & Randal, 2001).

Sümfaktanların hangi grup olduğu özellikle birlikte kullanıldığı pestisit seçiminde önem kazanmaktadır. Anyonik sümfaktanlar kontak etkili pestisitlerde daha etkili iken, iyonik olmayan sümfaktanlar pestisit bitki kutikulasına penetrasyonuna yardımcı olduğu için daha çok sistemik etkili pestisitlerle kullanılmaktadır. Katyonik sümfaktanlar da bitkilere fitotoksik olduğu için tek başlarına kullanılmazlar (Lorenz, 1999).

### 2.1.1.1 İyonik Olmayan (noniyonik) Sümfaktanlar

Lipofilik ve hidrofilik kısım taşıyan yüksüz moleküllerden oluşan bu grup hidrofilik (su seven) yapıda olup, sümfaktant grupları içerisinde pestisitlerle en uyumlu, dolayısıyla en çok kullanılan gruptur (Lorenz, 1999; Penner, 2000b; Tu & Randal, 2001). Bitki koruma ürünlerinde yayıcı-yapıştırıcı ve emülsiyona yardımcı olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Green & Beestman, 2007).

İyonik olmayan sümfaktanlar, yeni gelişmekte olan su içerisinde bitki yetiştiriciliğinde, fungal hastalıkların kontrolünde zoosporların üzerinde tabaka oluşturup onların faaliyetlerini engellemesi sonucu etkin olarak kullanılabilir (Czarnota & Thomas, 2006).

İyonik olmayan sürfaktantlar içinde “Silikon bazlı (organosilikon) sürfaktantlar” olarak adlandırılan bir alt grup daha vardır. Süper yayıcılar olarak da adlandırılan bu grup 1980’li yıllardan sonra geliştirilmiştir. Bunlar karışımın yüzey gerilimini iyonik olmayan sürfaktantlara göre daha fazla düşürerek damlacıkların yayılımını arttırmaktadır. Ayrıca ilaç damlasının stomalardan alımını da arttırdığı bilinmektedir (Field & Bishop, 1988). Damlacıkların yayılımının artması ve stomalar tarafından hızlı absorpsiyonu sonucu organosilikon sürfaktantlar ilacın tutulumunu ve emilimi hızlandırmakta bunun sonucu pestisit uygulamasını takip eden yağışlı koşullarda bile kullanılmaktadır. Bu yüzden bu gruba yağmurda kalıcı (rainfastness) ismi verilmektedir (Roggenbuck et al., 1993; Humble et al., 2003; Green & Beestman, 2007). Organosilikon sürfaktantlar, noniyonik sürfaktantlar ile silikonların karışımından ya da sadece silikonlardan oluşur (Bakke, 2007). Yalnız organosilikon sürfaktantlar kullanılırken önerilen dozun üstünde kullanımlarda ve 30 °C’nin üstündeki sıcaklıklarda fitotoksik etki göstermesi dikkate alınmalıdır (Czarnota & Thomas, 2006).

### 2.1.1.2. İyonik (anyonik ve katyonik) sürfaktantlar

İyonik sürfaktantlar taşıdıkları elektrik yüküne göre aktif kısmında (-) yük taşıyanlar anyonik, aktif kısmında (+) yük taşıyanlar katyonik olarak isimlendirilir (Hazen, 2000; Penner, 2000b; Tu & Randal, 2001).

Anyonik sürfaktantlar; yayma ve bağdaştırma özellikleri önemli olan süper ıslatıcılar “superior wetting agent” olarak da adlandırılan bir gruptur (Hazen, 2000). Anyonik sürfaktantlar alifatik alkol sülfatlar, alkil benzen sülfonatlar, lignosülfonatlar, naftalin sülfonat formaldehit, dioktil ve dinonil sulfosüksinatlar ve fosfat esterleri içerir. Sulfosüksinatlar toz ve suda ıslanabilir granül formülasyonlar için güçlü bir ıslatıcıdır. Akil naftalin sülfonatlar ve lignosülfonatlar suyla kuru yüzeyler arasında yayılım sürecinde aktif rol alırlar ve yüzey gerilimini azaltıcı olarak üretilmezler. Bu yüzden sahte sürfaktant olarak da adlandırılırlar. Islanabilir toz (WP) ve akıcı konsantre (SC) formülasyonlarda kullanılırlar (Ruiter et al., 2003). Anyonik sürfaktantlar ayrıca katyonik pestisitlerin kötü özelliklerini iyileştirmede de kullanılabilirler (Hazen, 2000).

Katyonik sürfaktantlar ise amonyaktan elde edilen ve onun antimikrobiyal özelliklerini taşıyan genelde fitotoksik ve sert sularda çökelen yapıya sahiptir. Bu özelliğinden dolayı da sucul organizmalara yüksek oranda toksik etki gösterir. Alkilamin etoksilat iyi huylu katyonik sürfaktant olup yaygın olarak adjuvant ve emülsiyon yardımcıları olarak kullanılmaktadır. Hafif katyonik içyağı amin etoksilat, herbisitlerle özellikle de glyphosate’la yaygın olarak kullanılmaktadır (Hazen, 2000; Tu & Randal, 2001).

### 2.1.1.3. İki yönden de etkileyen (amfoterik) sürfaktantlar

Çözelti içinde aynı molekülün aktif kısmında hem pozitif hem de negatif yük taşırlar. Yapılarına ve ortam şartlarına (özellikle pH) göre anyonik veya katyonik özelliklere sahip olabilirler. Tarımsal amaçlı olarak kullanımları oldukça azdır. Amfoterik sürfaktantlar yüksek elektrolit (tuz) ortamlarla uyuşabilen, şampuan gibi ürünlerin akışkanlığını sağlayan özelliktedirler (Hazen, 2000).

### 2.1.2. Yağlar

Yağlar aslında pestisit uygulamalarında, özellikle dar yapraklı yabancı otların kontrolündeki katkıları sonucu adjuvantlara popülerlik kazandıran ilk ürünlerdir (Lorenz, 1999; Bakke, 2007). Petrolen rafine edilen petrol (mineral) yağlar ve tohum yağlarından elde edilen bitkisel yağlar olmak üzere iki tip adjuvant yağ bulunmaktadır. İlk olarak mineral yağların kullanımına başlanmış, ilerleyen dönemlerde de bitkisel yağlar devreye girmiştir. Biyolojik parçalanabilirliklerinin yüksek olması ve hammaddelerinin yenilenebilir olması gibi çevreci özellikleriyle bitkisel yağlar ve esterlerinin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır (Wang & Liu, 2007).

### 2.1.2.1. Petrol yağları

Petrol yağları veya petrol yağ konsantresi, çok iyi rafine edilmiş yağlardır. Petrol yağları yağda çözünen pestisitlerle kullanılır. Yağlar düşük miktarda (~ 1 L/da) taşıyıcı olarak kullanıldıklarında yüzey gerilimini düşürür, ıslatma ve yayılımı artırır, daha hızlı absorpsiyon sağlar, yağıştan etkilenmeyi azaltır. Bu özellikleri sayesinde de ilacın uygulanması ve daha sonrasında oluşan kayıpları azaltır.

Petrol yağları, parafinik veya naftalinik yağları içermektedir. Parafinik yağ dış kutikulanın mumsu tabakasından geçerek veya kutikulada çatlak oluşturarak özellikle herbisitlerin penetrasyonunu (emilimini) artırır. Parafinik yağ, zayıf bir çözücü olup sadece yumuşak mumsu tabakalarda etkili olur (Tu & Randal, 2001).

### 2.1.2.2. Bitkisel yağlar

Bitkisel yağlar; soya, pamuk tohumu, keten tohumu, ayçiçeği tohumu, palmye tohumu ve kanola tohumu gibi yaygın olarak kullanılan tohum yağlarından elde edilir (Lorenz, 1999; Bakke, 2007). Bitkisel yağlar, yüzey gerilimini düşürse de ilaç damlacıklarının yayılım, dağılım ve emilimini diğer sürfaktant maddeler kadar arttıramazlar (Miller & Westra, 1996).

Bitkisel yağlar, trigliserit ve metil ester tohum yağları olmak üzere iki tipten oluşur. Trigliseritler aslında yağ-süfaktant hibritleridir ve genel olarak tohum yağları olarak adlandırılır. Trigliserit yağları genel olarak % 5-7 oranında emülsiyona yardımcı süfaktant içerirken, metil ester tohum yağları % 10-20 süfaktant içerir (Tu & Randal, 2001).

Tohum yağlarının metile edilmesi tohum yağ konsantrelerinin performansını petrol yağ konsantrelerine göre arttırmıştır (Lorenz, 1999). Bu yağların kompozisyonu ve etkinlikleri elde edildikleri tohum çeşidine göre değişmektedir. Esterlenmiş tohum yağları da metil ester tohum yağlarına süfaktan veya emülsiyona yardımcı madde eklenmiş halidir. Bu yağlar diğer yağ adjuvantlarına göre daha iyi yayılım ve emilim özelliklerine sahiptir fakat daha pahalıdır (Nalewaja, 1994).

Yağlar suyla kolayca karışım oluşturmazlar. Bu yüzden tank karışımına yağ konulacağı zaman karışımın her yerinde düzenli bir dağılım için mutlaka emülsiyona yardımcı bir süfaktant eklenmelidir. Bunun için emülsiyon olabilen yağ adjuvantları, % 80-99 oranında fitotoksik olmayan yağ ve % 1-20 oranında da süfaktant eklenerek oluşturulur ve genelde toplam tank karışımının % 1'i oranında uygulama karışımına eklenir (Hess, 1999).

Emülsiyon olabilen yağ adjuvant karışımları kullanıldığında, yağda çözünen pestisitlerin bitki tarafından emilimi yağ adjuvantlara göre daha fazla olmaktadır. Süfaktant eklenmesi düzenli bir emülsiyon dağılımının yanında, yüzey gerilimini de azaltmaktadır. Bu özellikleriyle de özellikle herbisitlerin kutikulaya doğru emilimini, yaprak yüzeyinde tutumunu ve herbisit yağış öncesi bitki tarafından alınımı için geçen sürenin kısalmasını sağlar (Pringnitz, 1998). Yağlar birçok herbisit sınıfının etkinliklerini arttırmaktadır (Gauvrit & Cabanne, 1993; Wang & Liu, 2007).

Emülsiyon olabilen yağ adjuvant karışımları "ürün yağları" (crop oils), "ürün yağ konsantresi" (COC) ve "bitki yağ konsantresi" (VOC) olarak üçe ayrılır (Lorenz, 1999). Ürün yağları, yağ adjuvant karışımlarının en eskisi olup böceklerin ve fungal hastalıkların kontrolünde kullanımı, herbisitlerle olan kullanımından daha yaygındır. Ürün yağ konsantresi ve bitki yağ konsantresi ise daha çok herbisitlerle onların etkinliklerini arttırmak için kullanılmaktadır (Bakke, 2007).

### 2.1.3. Amonyumlu (azotlu) Gübreler

Amonyumlu gübreler azotlu gübreler olarak anılmakta ve uzun yıllardır herbisit uygulamalarında adjuvant olarak kullanılmaktadır. Azotlu gübreler sıklıkla sıraya ekim yapılan ürünlerde herbisit karışımına eklenerek hem herbisit etkisini arttırmak hem de ana ürünü teşvik etmek için kullanılır. Adjuvant olarak

kullanılan azotlu gübreler üre-amonyum nitrat, amonyum sülfat, amonyum nitrat ve amonyum polifosfat olup (Tu & Randal, 2001), bunlar içerisinde bu amaçla en yaygın kullanılanı amonyum sülfattır (Wang & Liu, 2007).

Amonyumlu gübreler, birçok herbisitle (glyphosate, glufosinate, 2,4-D, bentazone, imidazolinone, sülfonilüre vb.) kullanılmaktadır. Azotlu gübreler, yüzey gerilimi azaltmak, herbisitlerin yaprak yüzeyinde yayılımını arttırmak ve yaprak yüzeyinden emilimlerini arttırmak suretiyle herbisitlerin etkisini arttırmaktadırlar. Azotlu gübreler ayrıca bir yardımcı adjuvant gibi, pestisitlerin hem tank içinde hem de yaprak yüzeyinde çökmesini önler (Nalewaja & Matysiak, 2000).

Amonyum sülfat uygulama karışımında sert su iyonlarının antogonistik etkisini azaltır. Demir, çinko, magnezyum, sodyum, potasyum ve kalsiyum gibi iyonları taşıyan sert sular bazı herbisitlerin (glyphosate, 2,4-D gibi) tuzları ile reaksiyona girer ve çökmeye sebep olarak bu herbisitlerin etkisini azaltır. Amonyum sülfat glyphosate kalsiyum tuzlarının çökmesini önleyerek sert sularda bile kullanılabilir hale getirir (Thelen et al., 1995).

## 2.2. Yardımcı Adjuvantlar

Yardımcı adjuvantlar pestisit uygulamalarında ilaç ve ilaçlama performansını arttırmak için kullanılmaktadır. Yardımcı adjuvantlar pestisitlerin direkt olarak etkisini arttırmayan fakat uygulama karışımının fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirerek onun hedef bitkiye daha kolay uygulanmasını sağlayan, istenmeyen etkileri minimize eden ve pestisit uygulandığı koşullarda daha etkin olmasını sağlayan maddelerdir (McMullan, 2000).

### 2.2.1. Islatıcı ve yayıcılar

Islatıcı ve yayıcılar, yüzey gerilimini azaltarak pestisit hedef yüzeyi daha iyi ıslatmasını sağlarlar. Tipik olarak su, alkol ve ya glükol içerisinde seyreltilmiş bir noniyonik sürfaktant gibi hareket ederler. Islatıcı ve yayıcıların fonksiyonları aktivatör adjuvantlar gibi olabilmektedir (Hazen, 2000). Yalnız bazı ıslatıcı ve yayıcılar sadece uygulama karışımının fiziksel özelliklerini etkilerken, aktivatör adjuvantlar gibi biyolojik etkinliğe önemli bir katkı sağlamazlar. Islatıcı ve yayıcılar özellikle SL, SC, SE, WG ve WP formülasyonları için önemli bileşenlerdir (Çizelge 2). Islatıcı ve yayıcılar, uygulamada amaçlanan hedef yüzeyin daha iyi ıslatılması ve sürfaktantlardan daha ucuz olmaları nedeniyle tercih edilirler (Ruiter et al., 2003). Islatıcı ve yayıcıların çoğu polioksietilen esterler ve etoksi sülfatlardan elde edilmektedir (Czarnota & Thomas, 2006).

Çizelge 2. Islatıcı ve yayıcıların pestisit formülasyonlarındaki konsantrasyonu (Ruiter et al., 2003)

Formülasyon tipi	Islatıcı ve yayıcı % konsantrasyonu
Suda eriyen konsantre (SL)	3-10
Akıcı konsantre (SC)	1-5
Akıcı emülsiyon (SE)	0.1-2
Suda dağılılabilen granül (WG)	1-5
Islanabilir toz(WP)	1-5

### 2.2.2. Sürüklenmeyi önleyiciler ve köpük yapıcılar

Sürüklenmeyi önleyiciler sıvı uygulama karışımına eklenerek ilaç damlacıklarının sürüklenmesini azaltan maddelerdir (Downer et al., 1998). Sürüklenmeyi önleyiciler uygulama karışımının elastiki özelliklerini değiştirerek karışım damlacıklarının ortalama ağırlık ve genişlikten daha büyük olmalarını sağlar ve rüzgar tarafından kolayca taşınabilen küçük damla sayısını minimize eder. Sürüklenmeyi önleyiciler genelde poliakrilamidler ve polisakkaritler gibi polimerler ile belirli zamksı maddelerdir (Tu & Randal, 2001). Çizelge 3'te araştırmalar sonucu bazı adjuvantların sürüklenmeyi engelleyici etkileri gösterilmektedir.

Çizelge 3. Adjuvantların sürüklenmeyi azaltıcı etkisi (Ruiter et al., 2003)

Adjuvant	Uygulama sıvısı	Deney aleti	Rüzgar çıkış uzaklığı (m)	Sürüklenmede azalma (%)
Lesitin bazlı	Glufosinate (Basta®)	Hava tüneli	2.3	76
Kolza yağı	Su+ renklendirici	Hava tüneli	2	60
Polimer-guar zamk karışımı	Glyphosate (Roundup Biactive®)	Hava tüneli	2	80
Sıvı amonyum sülfat süspansiyon karışımı	Glyphosate (Roundup Biactive®)	Hava tüneli	2	70
Ters (inverted) emülsiyon	Ethyl parathion (Aqua 8®)	Helikopter uygulaması	>50-200	80

Köpük yapıcı veya köpürtücü maddeler de sürüklenmeyi önleyiciler gibi davranır. Bu maddeler özel ilaçlama memeleri ile kullanılıncaya değişik derecelerde stabil köpük oluşturur. Bu köpükler sıvı karışımlara göre bitki yüzeyine daha iyi kaplar. Bazen renklendiriciler gibi sınırları belirlemek içinde kullanılırlar. Köpük yapıcı maddeler uygulama karışımına % 0.1-4 arası oranlarda ilave edilir (Tu & Randal, 2001).

### 2.2.3. Renklendiriciler

Uygulama karışımının rengini değiştiren maddelerdir. Özellikle karalarda ilaçlama sınırının belirlenmesinde ve nehir kıyılarının ilaçlanmasında kullanılır. Boş arazilerde yapılan herbisit uygulamalarında el aletleriyle ilaçlama yapılıyorsa ilacın nereye uygulandığı, nereye düştüğünü belirlemek amacıyla kullanılması tavsiye edilmektedir. Renklendiriciler sayesinde ilacın nereye ulaştığı görülebilir. Bu sayede de ilaçsız yer kalması ve ikinci kez aynı yer ilaçlanması önlenmiş olur (Tu & Randal, 2001).

### 2.2.4. Köpüklenmeyi önleyiciler

Köpüklenmeyi önleyiciler, depo içerisindeki köpük oluşumunu azaltırlar. Çoğu uygulama karışımı köpüklenme eğilimindedir. Özellikle yumuşak sularda karışım sırasında ve uygulama aletlerinin temizlenmesi sırasında köpüklenme büyük problem oluşturur (McMullan, 2000). Köpüklenmeyi önleyiciler kullanılarak depo içinde köpük oluşmasını önlemek genel olarak kolaydır. Silis, alkol ve yağlar köpüklenmeyi önleyici olarak kullanılabilir. Köpüklenmeyi önleyicilerin çoğu dimetopolioksilen bazlıdır. Köpüklenmeyi önleyiciler diğer yüzey gerilim maddelerinin aksine yüzey gerilimini azaltırken hava kabarcıklarını fiziksel yolla patlatarak köpük oluşmasını engeller (Tu & Randal, 2001).

### 2.2.5. Koyulaştırıcılar

Koyulaştırıcılar veya diğer adlarıyla kıvam arttırıcılar; uygulama karışımını daha koyu ve ağır hale getirerek buharlaşmasını ve sürüklenmesini azaltan maddelerdir. Koyulaştırıcılar, buharlaşmayı azalttığı için özellikle sistemik pestisitlerde ilacın, bitki kutikulasından geçmesi için gerekli olan sürede su damlacıkları içerisinde kalmasını sağlar (Hock, 1998). Koyulaştırıcılar, poliakrilamid, polietilen polimerler, polisakkaritler (uzun zincirli şekerler) ve bitki yağlarından oluşmaktadır (Czarnota & Thomas, 2006).

Adjuvantların buharlaşmaya etkisi, direkt olarak buharlaşmayı azaltmasının yanında indirekt olarak da sürüklenmeyi azaltması sonucu hava zerrecelerinde ilaçların taşınmasını önler (Ruiter et al., 2003). Koyulaştırıcılar gerektiğinden yüksek dozda kullanıldıklarında yaprakta tortu bırakır ve ilaçlama memelerini de tıkayabilirler. Ayrıca koyulaştırıcılar etiketlerindeki fitotoksikite ve karışabilirlik tavsiyeleri dikkate alınarak sadece açık alanlarda uygulanmalıdır (Czarnota & Thomas, 2006).

### 2.2.6. Yapıştırıcılar

Yapıştırıcılar, sıvının yüzey gerilim etkisini azaltarak, püskürtülen damlacıkların daha geniş alana yayılmasına ve yaprak üzerinde daha iyi tutunmasına yardımcı olarak ilaç damlacıklarının buharlaşması,



yağmurda yıkanması ve düşmesi nedeniyle oluşan kayıpları azaltmak amacı ile kullanılır. Ayrıca güneşin mor ötesi (ultraviyole) ışınlarının zararlı etkilerine karşı koruyucu perde görevi de yapar. Böylece, ilaçların etkisini azaltan zararlı fotokimyasal reaksiyonları da engeller (Hock, 1998; Tu & Randal, 2001). Yapıştırıcılar özellikle ıslanabilir toz (WP) ve granül (G) formülasyonlar için çok faydalıdır (Hazen, 2000).

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

### 2.2.7. Bağdaştırıcılar

Bağdaştırıcılar veya uyum sağlayıcılar olarak adlandırılacak bu maddeler; pestisitlerin birbirleriyle veya gübrelere karıştırılarak kullanımında birbirine ilave edilen maddelerin fiziksel ve kimyasal olarak olumsuz etkileşimini (çökme, tortu gibi) önleyerek karışımın homojen ve uygulanabilir olmasını sağlayan maddelerdir (Wanamarta et al., 1993).

Bağdaştırıcılar fosfat esterleri ve ilave olarak aniyonik sürfaktantları içerirler (McMullan, 2000). Bağdaştırıcılar özellikle pestisitlerle gübrelere beraber uygulanmasının istendiği durumlarda veya genel olarak sıvı gübrelere kullanılarak, pestisiti suspansiyon karışımında oluşan olumsuz etkilerden korur. Çoğu herbisit azotlu gübrelere sorunsuzca kullanılabilir. Ancak uygulama karışımında kullanılan su, sert (yüksek oranda tuzlu) ve soğuksa bağdaştırıcıların başarısı düşmektedir (Tu & Randal, 2001). Gübre veya pestisitler birbirleriyle karıştırılmak istendiğinde karışımlar mutlaka etiketlerdeki tavsiyeler doğrultusunda yapılmalıdır. Pestisit ve bağdaştırıcı cam bir kavanozda uygulama öncesi karıştırılmalı ve olası problemleri önlemek için kümelene, dağılım, koyulaşma ve ısınma durumları kontrol edilmelidir (Hock, 1998).

### 2.2.8. pH dengeleyiciler

pH dengeleyiciler, asitlendirici ve tampon görevi gören maddeler olarak da bilinirler ve uygulamaya suyunun pH'sını dengeleyerek pestisit asidik veya bazik hidrolizden olumsuz etkilenmesini önlerler. Asidik veya bazik suların dışında kullanımı pestisit performansını olumsuz etkiler. Bazı pestisitlerin formülasyonları pH dengeleyiciler içerisine ilave edilmiş bir şekilde üretilir (McMullan, 2000).

### 2.2.9. Nem tutucular

Nem tutucular, yapıştırıcılar gibi pestisit yaprağın üstünde daha uzun kalmasını ve dolayısıyla da pestisit yaprağın üzerini daha iyi kaplamasını sağlar (Hazen, 2000). Püskürtülen ilaç damlacıklarındaki suyun buharlaşmasından sonra pestisit parçacıkları kristalize olarak bitkinin alamayacağı forma dönüşür. Nem tutucular yaprak üstündeki pestisit parçacıklarını nemli tutarak, kristalize olmayı önler ve pestisit emilimi için gerekli süreyi sağlar. Nem tutucular genel olarak suda çözünür maddeler olup, püskürtme damlacıklarının daha yavaş buharlaşması veya çevredeki nemin çekilmesi yollarıyla nemli kalmasını sağlar. Gliserol, propilen glikol, diethilene glikol, poli ethilene glikol, üre ve amonyum sülfat yaygın olarak kullanılan nem tutuculardır (Tu & Randal, 2001).

### 2.2.10. UV (ultraviyole) emiciler

Doğal güneş ışığı, özellikle ultraviyole ışınlar, bazı pestisitlerde bozulmaya (degradasyon) sebep olabilir. UV emici adjuvantlar, ultraviyole ışınları emerek veya pestisit kutikula içine hareketini hızlandırarak pestisitleri UV ışınların zararlı etkisinden korurlar (Green, 2000).

## 3. Adjuvant Seçimi

Uygun ve etkili bir adjuvantı seçmek güç olabilmektedir. Bunun için hangi adjuvantın seçileceğinin pestisit etiketlerinden belirlemeye çalışmak bazen oldukça zordur. Binlerce adjuvant formülasyonu

içerisinden en uygun olanını seçmek, hedef organizmanın türüne, bitkinin fenolojik dönemine ve morfolojik özelliklerine (mumsu tabaka, tüylü ve kalın yapraklar), uygulama alanının koşullarına, pestisit kullanıldığı alan (sucul, karasal) ve hava sıcaklığı ile rüzgar gibi çevre şartlarına ve pestisit uygulama metodu (kaplama ilaçlama, kısmi dal ilaçlama vb) gibi unsurların yanı sıra seçilecek ürünün uyuşabilirlik ve birbirini etkileme (interaksiyon) özellikleri ile ilaç deposundaki karışım düzenine bağlıdır. Bazı herbisit etiketlerinde hangi adjuvantların kullanılacağı (noniyonik sürfaktant gibi) tavsiye edilse de özellikle spesifik adjuvant karışımları belirtilmemektedir. Ayrıca adjuvantlarla ilgili karmaşıklık biraz da EPA (US Environmental Protection Agency = Amerikan Çevre Koruma Örgütü) gibi yasal kurumların adjuvantların kimyasal olarak sınıflandırılması konusunda güçlü bir düzen oluşturmamasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir karmaşa kaynağı da adjuvant üreticilerinin, ürünlerinde yenilikler yapmalarına rağmen ürünleri aynı isim altında satmaya devam etmeleridir. Dikkat edilmesi gereken bir diğer durum da; bazen adjuvant veya adjuvant karışımının faydalı organizmalara pestisitten daha fazla zarar verebilmesidir (Tu & Randal, 2001). Tüm bunlar göz önünde bulundurularak uygun bir adjuvant seçimi yapılması gerekli çalışmalar yapılmadan oldukça zor gözükmemektedir.

#### 4. Adjuvantların Zehirlilikleri

Adjuvantlar ağız yoluyla alındığında, solunduğunda veya deri yoluyla emildiğinde neredeyse tamamı az zehirli (akut zehirlilik sınıfı 3-4) sınıfına giren kimyasallardır. Hiçbir adjuvantın etiketinde zehirli ifadesi yer almamaktadır. Açıklanan içerikteki maddelerine göre veya üreticilerden alınan bilgiler doğrultusunda adjuvantları oluşturan maddelerde EPA tarafından zehirlilik sınıfı 1'e giren adjuvant madde bulunmamaktadır. EPA listesinde zehirlilik sınıfı 2'ye giren ise 2 adjuvant bulunmaktadır. Bunlar Herbimax® [petrol yağı-süfaktant adjuvant (Loveland Products, Inc.)] ve In-Place® [çökelmeyi ve sürüklenmeyi engelleyici (Wilbur-Ellis Co.)]. Adjuvantlara ait toksisite değerlendirmesi patent sahibi firmaların formülasyonlarının açıkladıkları özellikleriyle sınırlıdır. Hiçbir adjuvant üreticisi EPA tarafından ürünü zehirli kategorisine konulmadığı takdirde ticari sırlar dolayısıyla ürününün içeriğini açıklamamaktadır.

Adjuvantların toksisitesi ile ilgili söylenebilecek başlıca risk faktörü kullanım sırasında direkt olarak maruz kalındığında göz ve derideki tahriş edici etkisidir. Özellikle adjuvantların karışıma eklenmesi sırasında bu etkilerden korunmak için koruyucu eldiven ve gözlük kullanılmalıdır. Adjuvantlarla ilgili az sayıda toksisite testi bulunmaktadır. Bunlar da genellikle akut toksisite ve göz ve derideki tahriş edici etkilerini içermektedir (Tu & Randal, 2001).

### Özet

Pestisitler, modern tarımın tamamlayıcı bir bileşeni halindedir ve dünyanın tüm agroekosistemlerinde üretim süreci bir veya daha fazla pestisit uygulamasına gereksinim duymaktadır. Adjuvantlar pestisitlerden beklenen yararın sağlanabilmesi amacıyla formülasyonlara veya uygulama karışımına eklenen kimyasallardır. Adjuvantların iki tip etkisinden söz edilebilir. Birincisi pestisit etkinliğini artırması diğeri ise uygulama karışımının fiziksel ve kimyasal karakteristiğini iyileştirmesidir. Günümüzde 3000'den fazla kimyasal bileşiğin adjuvant olarak nitelendirildiği ve dünyada 1,5 milyar \$'lık bir pazarı olmasına karşın, ülkemizde adjuvantlarla ilgili bilgi ve araştırmalar çok sınırlıdır.

#### Yararlanılan Kaynaklar

- Ahrens, W. H., 1994. *Herbicide Handbook*, 7th ed. Champaign, IL: Weed Science Society of America, 310-318 pp.
- Anonymous, 2005. The history of adjuvant technology: Introductions from Helena (Web page: [www.helenachemical.com](http://www.helenachemical.com)), (Date accessed: July 2007).
- Bakke, D., 2007. Analysis of Issues Surrounding the Use of Spray Adjuvants With Herbicides. (Web page: [http://www.fs.fed.us/r5/spf/fhp/pesticide/surfactants\\_Jan\\_07\\_update.pdf](http://www.fs.fed.us/r5/spf/fhp/pesticide/surfactants_Jan_07_update.pdf)), (Date accessed: July 2011).
- Czarnota M. & P. Thomas, 2006. ExtensionUsing surfactants, wetting agents, and adjuvants in the the greenhouse. The University of Georgia, Bulletin 1314 / October 2006. (Web page: <http://www.caes.uga.edu/Publications>), (Date accessed: July 2011).

- Downer, R. A., R. E. Mack, R. F. Hall & A. K. Underwood, 1998. RoundUp Ultra with drift management adjuvants. In: McMullan, P. M. (ed.) *Adjuvants for Agrochemicals: Challenges and Opportunities*. Proceedings of the Fifth International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals, Chemical Producers Distributors Association, Memphis, TN, 468-474 pp.
- Field, R. F. & N. G. Bishop, 1988. Promotion of stomatal infiltration of glyphosate by an organosilicone surfactant reduces the critical rainfall period. **Pesticide Science**, **24**: 55–62.
- Gauvrit C., & F. Cabanne, 1993. Oils for weed control: uses and mode of action, **Pesticid Science**, **37** : 147-153.
- Green, J. M., 2000. Adjuvant outlook for pesticides. *Pesticide Outlook*. October, 196-199.
- Green, J. M. & C. L. Foy, 2000. Adjuvants: Test Design, Interpretation, and Presentation of Results. **Weed Technology**, **14**: 819-825.
- Green, J. M. & G. B. Beestman, 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. **Crop Protection**, **26** : 320–327.
- Hazen, J. L., 2000. Adjuvants - Terminology, classification, and chemistry. **Weed Technology**, **14**: 773-784.
- Hess, F. D., 1999. Surfactants and additives. **Proceedings of the California Weed Science Society**, **51**: 156-172.
- Hock, W. K., 1998. Horticultural Spray Adjuvants. *Agrichemical Fact Sheet 10*. (Web page: <http://pubs.cas.psu.edu/FreePubs/pdfs/uo202.pdf>), (Date accessed: July 2011).
- Humble, G. D., M. W. Kennedy & J. R. Simpelkamp, 2003. Use of nonspreading silicone surfactants in agrochemical compositions. US Patent Application 0,104,944.
- Knowles, A., 1995. Trends in the use of surfactants for pesticide formulations. **Pesticides Outlook**, **6**: 31–36.
- Lopresti J., 2004. Pesticide application fact sheet 3. Selecting and using spray adjuvant. (Web page: <http://www.murrayvalleywinegrapes.com.au>), (Date accessed: July 2011).
- Lorenz, E. S., 1999. Adjuvants for enhancing herbicide performance. *Agronomy Facts 37*. The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802.
- McMullan, P. M., 2000. Utility adjuvants. **Weed Technology**, **14**: 792-797.
- Miller, P. & P. Westra, 1996. Herbicide surfactants and adjuvants, no. 0.559. Colorado State University Cooperative Extension, Production Crop Series.
- Miller, P. & P. Westra, 1998. How surfactants work, no. 0.564. Colorado State University Cooperative Extension, Crop Fact Sheet. (Web page: <http://www.thanyagroup.com>), (Date accessed: July 2011).
- Nalewaja, J. D., 1994. Esterified seed oil adjuvants. **North Central Weed Science Society Proceeding**, **49**: 149-156.
- Nalewaja, J. D. & R. Matysiak, 2000. Spray deposits from nicosulfuron with salts that affect efficacy. **Weed Technology**, **14**: 740-749.
- Penner, D., 2000a. Activator adjuvants. **Weed Technology**, **14**: 785-791.
- Penner, D., 2000b. Introductory statement on adjuvants. *In*: Young, B. *Compendium of herbicide Adjuvants*, 5<sup>th</sup> edition. Southern Illinois University, Carbondale.
- Pringnitz, B., 1998. Clearing up confusion on adjuvants and additives. *Iowa State University Extension Agronomy* (Web page: <http://www.weeds.iastate.edu>), (Date accessed: July 2011).
- Roggenbuck, F. S., D. Penner, R. F. Burow & B. Thomas, 1993. Study of the enhancement of herbicide activity and rainfastness by an organosilicone adjuvant utilizing radiolabelled herbicide and adjuvant. **Pesticide Science**, **37**: 121-125.
- Ruiter, H., H. J. Holterman, C. Kempenaar, H. G. J. Mol, J. J. de Vlieger & J. C. Van de Zande, 2003. Influence of adjuvants and formulations on the emission of pesticides to the atmosphere. *Plant Research International*. (Web page: <http://edepot.wur.nl/38200>), (Date accessed: July 2011).
- Temeldaş, M. 2007. Tarım İlaçları İçerisine Katılan Yayıcı-Apıştırıcıların Püskürtme Tekniği Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, 52 s.
- Thelen, K. D., E. P. Jackson & D. Penner, 1995. The basis for the hard-water antagonism of glyphosate activity. **Weed Science**, **43**: 541-548

- Tu, M. & J. M. Randall, 2001. "Adjuvants, 8.1-8.24". In "Weed Control Methods Handbook: Tools and Techniques for Use in Natural Areas (Eds: M. Tu, C. Hurd & J. M. Randall). The Nature Conservancy, The Global Invasive Species Team (Web page: <http://www.invasive.org/gist/handbook.html>), (Date accessed: July 2011).
- Underwood, A. K., 1998. The challenges and opportunities of biotechnology and transgenic seeds: Shift Happens! II. The biotech shift. In P. Mc- Mullan, ed. Adjuvants for Agrochemicals. Challenges and Opportunities. Proc. Fifth Int. Symp. Adjuvants for Agrochemicals, Vol. I, Memphis, TN, 511–519 pp.
- Underwood, A. K., 2000. Adjuvant trends for the new millennium. **Weed Technology**, **14**: 765-772.
- Wanamarta, G., J. J. Kells & D. Penner, 1993. Overcoming antagonistic effects of sodium bentazon on sethoxydim absorption. **Weed Technology**, **7**: 322-325.
- Wang C. J., & Z. Q. Liu, 2007. Foliar uptake of pesticides-Present status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, **87**: 1-8.