

TARIMSAL SAVAŞIM VE MEKANİZASYONUNDA YENİ YAKLAŞIMLAR

Prof. Dr. Ergin DURSUN¹ Prof. Dr. İbrahim ÇİLİNGİR¹ Dr. Arzu ERMAN²

ÖZET

Hastalık, zararlı ve yabancı otların neden olduğu ürün kayıplarının önlenmesinde kimyasal tarım ilaçları (pestisitler) çok önemli bir yere sahiptir. Ancak kimyasal mücadelede kullanılan ilaçların insan sağlığı, çevre ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemesi ve artan üretim maliyetleri nedeniyle tarımsal ilaçlar hassas, dikkatli ve en az ilaç kaybına neden olacak şekilde uygulanmalıdır. Yapılan araştırmalar, püskürtülen ilacın yaklaşık % 50-80'lik kısmının hedef yüzeylere ulaşmadığını, ya sürüklenme yoluyla hedef dışına taşındığını ya da aynı alan içerisindeki toprak yüzeyine ulaştığını göstermektedir. İlaç sürüklenmesi, ilaçlama sırasında veya ilaçlamadan sonra, ilaçlamanın yapıldığı hedef alandan hedef olmayan bir alana doğru ilaç damlacıklarının hava içerisindeki hareketi olarak tanımlanmaktadır. İlaç damlacıklarının atmosfer içindeki bu hareketi, bazı durumlarda çiftlik sınırları içinde kalırken belirli koşullarda tarla veya çiftlik sınırlarından çok uzak mesafeleri etkileyebilmektedir. İlaç sürüklenmesi (drift) problemi ciddi bir sağlık ve güvenlik problemidir. İlaç sürüklenmesinin azaltılması, yalnızca uygulama etkinliğini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda çevre kirliliğini ve ilaç uygulama maliyetlerini azaltmaktadır. İlaç sürüklenmesini tam olarak ortadan kaldırmak imkansız olup sıvı ilaçların uygulandığı her yerde oluşabilmektedir.

Uygulayıcıya ve çevreye olan risk potansiyelini en düşük seviyeye indirerek ilaç kullanımında maksimum etkinlik elde etmek için yeni yöntemler ve ekipmanlar geliştirmek amacıyla üniversitelerde, araştırma merkezlerinde ve sanayide oldukça fazla sayıda araştırma yapılmış olup bu çalışmalar halen devam etmektedir.

Son gelişmelerle; sürüklenme yoluyla oluşan ilaç kayıplarını azaltarak püskürtülen ilaç damlacıklarının hedefte toplanma etkinliğini artırmak, bitki kanopisi içerisine ilaç penetrasyonunu artırmak, yaprak alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarını artırmak, hedef olmayan alanlara ilaç püskürtülmesini önleyerek ilaç tüketimini azaltmak ve böylece ilaçlama maliyetini düşürmek gibi hedeflere ulaşmak için mevcut ekipmanlarda bazı değişiklikler yapılması ya da bazı yeni sistemlerin kullanıma sunulması amaçlanmıştır. Bu gelişmelerden bazıları; yeni tip memeler (düşük sürüklenme sağlayan memeler, pnömatik memeler, döner diskli memeler, CP memeler, çift yarık ve yana hüzmeli memeler, çok başlıklı memeler), yardımcı hava akımlı ilaçlama tekniği, elektrostatik yükleme tekniği, püskürtme çubuğu koruyucu düzenleri, bağ-bahçe ilaçlamaları için yeni pülverizatör tipleri (tünel pülverizatörleri, pnömatik pülverizatörler), bitki kanopisini algılayarak püskürtme yapan sistemler, değişken oranlı herbisit uygulama teknolojisi, pülverizatör geçiş yerlerinin GPS ile belirlenmesi, doğrudan enjeksiyon sistemi, ürün eğici sistem ve püskürtme borusu dengeleme sistemleri şeklinde sıralanabilir.

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, ANKARA

²Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, ANKARA

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede fiziko-mekanik, genetik, biyolojik ve biyoteknik gibi yöntemlere rağmen Dünya'da ve ülkemizde kimyasal mücadele en fazla kullanılan yöntemdir. Kimyasal mücadelede ise tarım ilaçları (pestisitler) kullanılmaktadır. Türkiye'de yıllara göre değişmekle birlikte tarım alanlarında kimyasal mücadele için kullanılan tarım ilacı miktarı yılda ortalama 30 – 35 bin ton civarındadır.

Hastalık, zararlı ve yabancı otların neden olduğu ürün kayıplarının önlenmesinde tarım ilaçları çok önemli bir yere sahiptir. Ancak kimyasal mücadelede kullanılan ilaçların insan sağlığı, çevre ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemesi ve artan üretim maliyetleri nedeniyle tarımsal ilaçlar hassas, dikkatli ve en az ilaç kaybına neden olacak şekilde uygulanmalıdır (Dursun, 2000).

Ancak, ilaç uygulamalarında amaca uygun olmayan ekipman kullanımı, kullanılan ilaçlama ekipmanının yanlış kalibrasyonu ve buna bağlı olarak birim alana atılan ilaç miktarının gereğinden çok veya az olması, yanlış ilaç seçimi, ilaçlamanın uygun zamanda yapılmaması ve ilacı uygulayan kişinin bilgisizliği gibi etkenler ilaç uygulama etkinliğinin azalmasına, ilaçlama maliyetinin artmasına ve çevre kirliliğine neden olmaktadır.

İlaç uygulamaları karmaşık bir işlemdir ve ürün üretimindeki diğer çoğu işlemde daha fazla deneyim, yönetim ve duyarlılık gerektirir. İlaç uygulaması, pülverizatör deposundaki sıvı ilacın tekdüze (homojen) karıştırılması, ekipmandan hedef yüzeye etkin taşınması, hedef yüzey üzerinde tutunması ve son olarak ilaç aktif maddesinin böcek ya da bitkiye penetrasyonu gibi bir çok kritik aşamayı içermektedir (Ozkan ve Fox, 1998).

Yapılan araştırmalar, püskürtülen ilacın yalnızca küçük bir kısmının hedefe ulaştığını ve önemli bir kısmının ise asla hedefe ulaşmadığını göstermektedir. Herrington ve ark. (1981) tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre, çalı tipi ağaçlarda yeni yapraklanma döneminde püskürtülen ilacın % 9-22'sinin hedef yüzeylerde tutulduğunu, gelişmenin tamamlandığı tam yapraklanma döneminde ise % 22-37' lik kısmının hedef yüzeylerde toplandığını vurgulamışlardır. Fox (1998) ise tam vejetasyon döneminde uygulanan ilacın sadece % 55'inin kanopi üzerine yerleştiğini, % 25'inin toprağa aktığını, % 20'lik kısmının hava ile hedef dışına taşındığını bildirmiştir. Bu sonuçlar, püskürtülen ilacın yaklaşık % 50-80'lik kısmının hedef yüzeylere ulaşmadığını, ya sürüklenme yoluyla hedef dışına taşındığını ya da aynı alan içerisindeki toprak yüzeyine ulaştığını göstermektedir. İlaç sürüklenmesi (drift) problemi ciddi bir sağlık ve güvenlik problemidir. Çünkü ilaç sürüklenmesinin azaltılması yalnızca uygulama etkinliğini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda çevre kirliliğini ve ilaç uygulama maliyetlerini azaltmaktadır.

Uygulayıcıya ve çevreye olan risk potansiyelini en düşük seviyeye indirerek ilaç kullanımında maksimum etkinlik elde etmek için yeni yöntemler ve ekipmanlar geliştirmek amacıyla üniversitelerde, araştırma merkezlerinde ve sanayide oldukça fazla sayıda araştırma yapılmış olup bu çalışmalar halen devam etmektedir. Tarımsal savaşım ve mekanizasyonunda yeni yaklaşımlar konulu bu makale kapsamında, ilaç

sürüklenmesinin azaltılması ve uygulama etkinliğinin iyileştirilmesine yönelik olarak pestisit uygulama teknolojilerindeki önemli gelişmeler verilmektedir.

2. İLAÇ SÜRÜKLENMESİ (DRIFT) VE ETKİLİ FAKTÖRLER

İlaç sürüklenmesi, ilaçlama sırasında veya ilaçlamadan sonra, ilaçlamanın yapıldığı hedef alandan hedef olmayan bir alana doğru ilaç damlacıklarının hava içerisinde hareketi olarak tanımlanmaktadır. İlaç damlacıklarının atmosfer içindeki bu hareketi, bazı durumlarda çiftlik sınırları içinde kalırken belirli koşullarda tarla veya çiftlik sınırlarından çok uzak mesafeleri etkileyebilmektedir (Ozkan, 1995).

İlaç sürüklenmesi, çoğunlukla ilaçlama sırasında ilaç damlacıklarının hedef bölgeden uzağa doğru fiziksel hareketiyle ilişkilidir. Airborn drift olarak adlandırılan bu tip sürüklenme, ilaç uygulama yöntemleri ve makinalarıyla ilgili faktörlerden kaynaklanmaktadır. Küçük ilaç damlacıkları, hedef yüzeyler üzerine yerleşmeden önce binlerce metre uzağa hareket edebilirler. Hava içerisindeki çok küçük damlacıklar ise atmosfer içinde buharlaşabilir ve kilometrelerce uzağa taşınabilirler. İlaç sürüklenmesi, bazen ilaçlama yapıldıktan sonra hedef yüzeye yerleşen ilaç damlacıklarının buharlaşmasıyla (vapor drift) oluşabilir. Buharlaşma yoluyla oluşan sürüklenme, genellikle pestisitlerin buharlaşma özelliğiyle ilişkilidir. (Ozkan, 1998).

İlaç sürüklenmesinde önemli rol oynayan faktörler aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir: uygulama sırasındaki hava koşulları (rüzgar hızı ve doğrultusu, hava sıcaklığı, nisbi nem ve sıcaklık, atmosferik kararlılık ve ters hava akımları), damla çapı ve spektrumu, pestisit formülasyonunun buharlaşma ve viskozite gibi karakteristik özellikleri, meme yüksekliği, operatörün bilgi ve becerisi'dir (Dursun, 1998).

Rüzgar hızı ilaç sürüklenmesini etkileyen en önemli faktördür. Rüzgar hızı arttıkça hedef alanın dışına taşınan pestisit miktarı ve bu pestisitlerin hareket mesafeleri artmaktadır. Bir damlacık hava içerisinde düşerken, suyun yüzey molekülleri buharlaşır. Bu buharlaşma damlacığın büyüklüğünü ve kütlelerini azaltır ve uygulama bölgesinden daha uzağa sürüklenmesine neden olur. Düşük nisbi nem ve/veya yüksek sıcaklık koşulları ilaç damlacıklarının daha hızlı buharlaşmasına ve daha yüksek sürüklenmeye neden olur (Johnstone, 1978). Kararlı olmayan atmosfer koşulları da sürüklenmeyi artırmaktadır. Rüzgar hızı ve doğrultusundan sonra sürüklenmeyi etkileyen en önemli faktör ilaç damlacık büyüklüğüdür. Küçük damlacıklar hava içerisinde yavaşça düşer ve hava hareketi ile daha uzağa taşınırlar. Tarla pülverizatörleriyle yapılan uygulamalarda, 100 µm' den daha küçük damlaların sürüklenme ile hedef alanın dışına çıktığını, 50 µm' den daha küçük çaplı damlaların ise hedefe ulaşmadan önce tamamen buharlaşmaktadır (Zhu ve ark., 1994). Damlacık büyüklüğü yanında damla spektrumu yani damla çap dağılımı da sürüklenmeye etkilidir. Bazı pestisit formülasyonlarının buharlaşma özelliği çok fazladır. Bu tip formülasyonlarla yapılan ilaçlamalarda, oluşturulan damlacıkların çapları buharlaşma nedeniyle hızla küçülmekte ve sürüklenmeye elverişli hale gelmektedirler. Memenin yerden yüksekliği arttıkça, genellikle rüzgar hızı da artar. Ayrıca meme yüksekliğinin artmasıyla damlaların hedefe ulaşma mesafeleri de artmakta ve böylece rüzgarın sürüklenme etkisine daha uzun süre maruz kalmaktadır. Operatörler uygulama koşullarına göre hem ekipman hem de

atmosferik koşullara ilişkin kararları doğru vermek suretiyle hemen hemen her koşulda ilaç sürüklenmesini en düşük seviyeye indirebilirler (Dursun, 1998).

3. İLAÇ SÜRÜKLENMESİNİN AZALTILMASI VE UYGULAMA ETKİNLİğİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK GELİŞMELER

Pestisit uygulama teknolojilerinin iyileştirilmesine yönelik son geliŐmelerde; sürüklenme yoluyla oluşan ilaç kayıplarını azaltarak püskürtülen ilaç damlalarının hedefte toplanma etkinliğini artırmak, bitki kanopisi içerisine ilaç penetrasyonunu artırmak, yaprak alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarını artırmak, hedef olmayan alanlara ilaç püskürtülmesini önleyerek ilaç tüketimini azaltmak ve böylece ilaçlama maliyetini düşürmek gibi hedeflere ulaşmak için mevcut ekipmanlarda bazı değişiklikler yapılması ya da bazı yeni sistemlerin kullanıma sunulması amaçlanmıştır. Bu geliŐmelere iliŐkin açıklamalar aşağıda verilmiştir.

3.1. Yeni Memeler

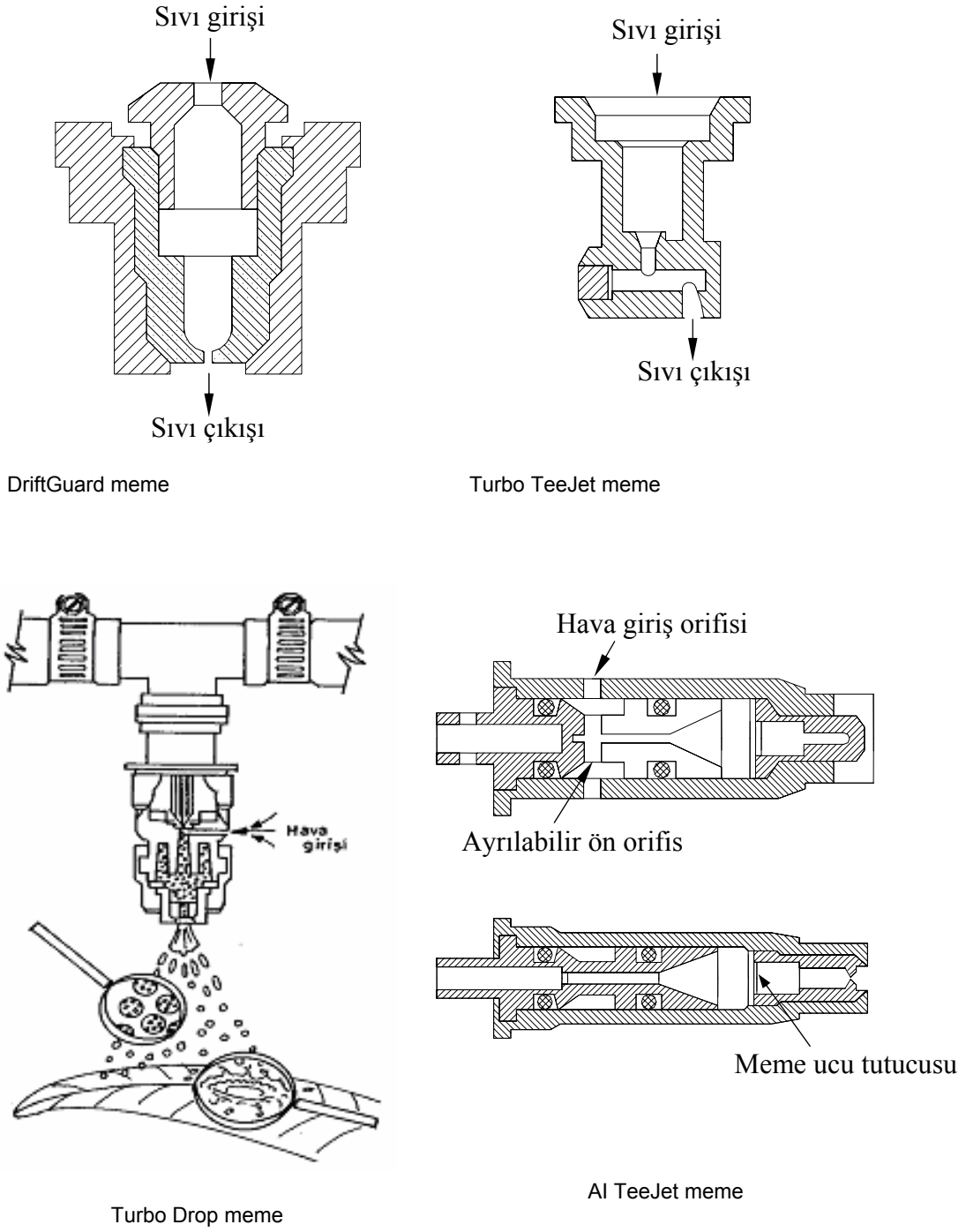
3.1.1. Düşük sürüklenme sağlayan memeler

Dünyada meme üreticisi firmaların hemen hepsi, son yıllarda “Low- Drift” memeler olarak adlandırdıkları yeni meme tiplerini tanıtmıŐlardır (Şekil 1). Bu memeler, standart tip yelpaze hzmelili memelere göre aynı verdi ve çalışma basıncında daha büyük çaplı damlalar üretmektedirler. Bu tip memelerle 200 m’ den kk damlaların sayısı % 50 – 80 oranında azaltılabilmektedir. Böylece, aynı büyüklükteki standart yelpaze hzmelili memelere göre sürüklenme eğilimi daha az olan damlalar oluŐurmaktadırlar. Bu memelerde genellikle bir n orifis bulunmakta ve sıvı bu n orifisten geçerken hızı düŐerek asıl çıkış orifisinden daha büyük damlalar halinde kmaktadır. DriftGuard ve Turbo TeeJet dıŐındaki memelerde, meme gövdesi üzerindeki bir delikten içeriye emilen hava ile sıvı birbirleriyle karıŐmakta ve sıvı meme ucundan çıkarken hava kabarcıklı damlalar meydana gelmektedir. Damlalardaki hava, damla büyüklüğünü bir dereceye kadar artırarak damla hızında da bir artış sağlamaktadır (Dursun, 2002).

3.1.2. Pnömatik memeler

Klasik tip hidrolik memelere sahip modern pülverizatörlerde ilerleme hızı deęiŐtięinde, birim alana uygulanan ilaç miktarını (ilaç normu) sabit tutmak için bir kontrol sistemi yardımıyla basınc deęiŐtirilir. Ancak basınctaki deęiŐimler damla büyüklüğünü etkiler. Basınc azaldığında damla büyüklüğü artar, basınc arttığında ise damla büyüklüğü azalır.

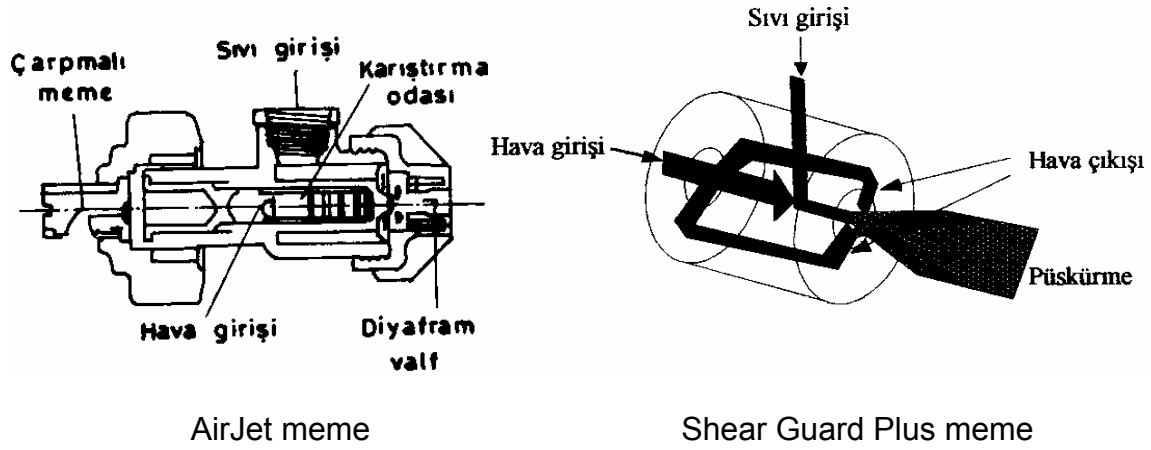
Klasik tip memelerle çalışmada, sürüklenmeyi azaltmak için damla büyüklüğünü artırmak genel bir stratejidir. Genellikle bu durum ilaç uygulama hacminin artırılması ve/veya basıncın azaltılmasıyla sağlanmaktadır. Ancak bazı kimyasallarla yüksek etkinlik sağlanabilmesi için iyi bir kaplamaya gereksinim duyulmakta olup büyük çaplı damlalar bu amaca uygun değildir. Bu soruna çözüm bulmak amacıyla son yıllarda geliŐtirilen pnömatik memelerde, meme verdisinden bağımsız olarak yalnızca hava basıncı veya hem hava hem de sıvı basıncı değiştirilerek damla büyüklüğü değiştirilebilmektedir. Rüzgarlı koşullarda ilaç



Şekil 1. Düşük sürüklenme sağlayan (Low – drift) memeler (Ozkan, 1998).

sürüklenmesini azaltmak için büyük damlalar, hedefin tamamen kaplanması gerekli olduğunda ise küçük damlalar oluşturulabilmektedir. Son yıllarda AirJet ve Shear Guard Plus olarak adlandırılan iki ayrı tip pnömatik meme bulunmaktadır (Şekil 2).

AirJet memede, sıvının damlacıklar şeklinde parçalanması için hava ile sıvı meme içerisinde karıştırılmaktadır. Bir ayar ünitesi, basınç arttıkça memeye giren sıvı miktarını azaltmaktadır. Sıvıyı damlacıklar halinde parçalamak için $4 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik hava debisine sahip bir kompresör kullanılmaktadır. Püskürtme çubuğu üzerindeki memeler arasındaki mesafe 50 cm'dir. Shear Guard Plus memesi, püskürtme çubuğu üzerine 20 cm aralıklarla bağlanmaktadır. Bir fan tarafından sağlanan hava akımı 24 mm çaplı içi boş bir fiberglas çubuk ile püskürtme çubuğu üzerindeki memelere verilmektedir. Hava, hem memenin merkezindeki bir kanaldan, hem de meme merkezinin her iki yanında bulunan iki dar kanaldan geçmektedir. Yan kanallardan gelen hava, sıvının çıktığı noktada meme merkezindeki havaya doğru yönlendirilmekte olup temel fonksiyonu, standart yelpaze huzmeli memelerin dağılım paternine benzer bir püskürtme paterni elde etmektir. Sıvı, meme merkezindeki hava akımının içine verilmektedir. Hava ve sıvı karşılaştığında, sıvı damlalar halinde parçalanmaktadır. Meme içerisine verilen sıvı miktarını değiştirmek için bir meme plakası kullanılmaktadır. Bu meme ile çalışmada, operatör hava hızını ayarlayabilir ve pülverizatörün ilerleme hızından bağımsız olarak damla büyüklüğünü değiştirebilir. Damla büyüklüğü ise 100-500 μm arasındadır (Ozkan ve Fox, 1998).



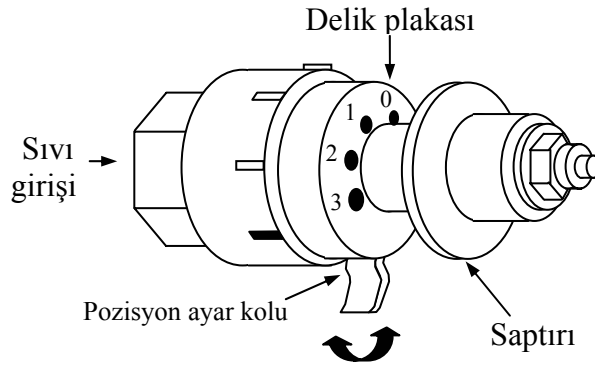
Şekil 2. Pnömatik memeler

3.1.3. Döner diskli memeler

Klasik tip hidrolik memeler son derece geniş spektrumlu damlalar üretirler. Ayrıca, bu memelerle oluşturulan ortalama damla çapları genellikle 150 μm 'den daha büyüktür. Fakat insektisit ve fungusit uygulamalarında, 10-50 μm arasındaki küçük çaplı damlaların kullanılması tercih edilmektedir (Matthews, 1992). Döner diskli memelerle düşük uygulama hacimlerinde (10-40 L/ha) ilaçlama yapılabildiği gibi, insektisit ve fungusitler için optimum biyolojik etki sağlayacak damla çaplarıyla ilaçlama yapılabilmektedir (Western ve ark., 1985). Döner diskli memelerle kontrollü damla uygulamaları yapılmakta olup, disk hızı (disk devir sayısı) değiştirilerek ve veride herhangi bir değişim olmaksızın damla çapları değiştirilebilmektedir. Bu memelerin elle taşınır tipleri olduğu gibi son yıllarda tarla pülverizatörlerinde kullanımı oldukça artmıştır (Çilingir ve Dursun, 2002).

3.1.4. CP memeler

Bu memeler, bir tarladaki ilaçlama işlemi tamamlandıktan sonra diğer bir ürünün ilaçlanması için farklı bir tarlaya geçildiğinde, amaca uygun olarak meme büyüklüğünün değiştirilmesinde kolaylık sağlar. Meme, delik büyüklükleri farklı olan bir orifis plakası ve deflektörlü memelerin oluşturduğu ilaç dağılım paternine benzer bir dağılım paterni sağlayan kavisli bir dairesel yönlendirme plakasından oluşmaktadır (Şekil 3). Pozisyon ayar kolu yardımıyla orifis plakası çevrilerek meme başlıkları değiştirilmeksizin istenilen verdi seçilebilmektedir (Ozkan ve Fox, 1998).



Şekil 3. CP meme

3.1.5. Çift yarıklı (ikiz) ve yana hüzmeli (merkezi kaçık) memeler

Yelpaze hüzmeli bu memeler özel amaçlar için geliştirilmişlerdir. Çift yarıklı yelpaze meme, tahıllarda başaklanma zamanı fungusit uygulamaları gibi çok iyi yüzey kaplamanın gerekli olduğu koşullarda kullanılır. Bu memelerle hem ilacın bitki içerisine penetrasyonu artırılmakta, hem de küçük damlalarla yaprak üzerinde iyi bir kaplama elde edilmektedir (Çilingir ve Dursun, 2002).

Yana hüzmeli memeler, yana doğru tek ya da çift taraflı yelpaze hüzme veren yarıklı memelerdir. Bu memelerden iki adet kullanılarak kontak etkili herbisitler veya sıvı gübreler bitki kök bölgelerine doğru bant şeklinde uygulanabilmektedir. Çift taraflı hüzme veren tipler ise yaprak altında geniş bant ilaçlamaları için uygun olup hüzme açıları 150°'dir (Çilingir ve Dursun, 2002).

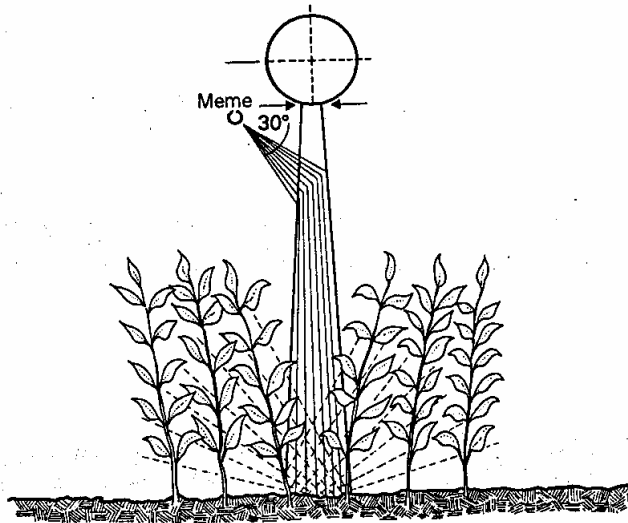
3.1.6. Çok başlıklı memeler

Pülverizatör üreten firmalardan bazıları ürettikleri pülverizatörlerin püskürtme sistemlerinde çok başlıklı memeleri kullanmaktadırlar. Bu memeler ikili, üçlü, dördü ve beşli başlık grubu şeklindedir. Başlık üzerindeki memeler aynı tipin farklı büyüklükleri olabileceği gibi yelpaze ve konik hüzmeli gibi farklı tipler de olabilmektedir. Böylece başlık grubu üzerinde amaca uygun meme büyüklüğü ve tipi seçilerek çeşitli bitkilerde değişik hastalık, zararlı ve yabancı otlara karşı ilaç uygulamaları yapılabilmektedir.

3.2. Yardımcı hava akımlı ilaçlama tekniği

Yardımcı hava akımlı ilaçlama tekniği, meyve bahçelerinde yapılan tarımsal ilaç uygulamalarında uzun zamandır kullanılmaktadır. Fakat tarla ürünlerinde yardımcı hava akımlı ilaç uygulamaları nispeten yeni olup, özellikle son 10 yılda yardımcı hava akımlı püskürtme sistemine sahip tarla pülverizatörlerinin kullanımı artmıştır.

Bu tip pülverizatörlerin klasik tarla pülverizatörlerinden tek farkı, hava akımı sağlayan bir fan ve hava akımının memeler üzerine iletilmesi amacıyla püskürtme çubuğu (bum) boyunca uzanan bir hava kanalına sahip olmalarıdır. Hava kanalı, silindirik olup genellikle fandan itibaren püskürtme çubuğu ucuna doğru çapı küçülmektedir. Çok sık dokunmuş kalın bir bez veya plastik malzemeden yapılmış hava kanalı fanın çalışmasıyla şişmekte ve silindirik duruma gelmektedir. Bazı pülverizatörlerde ise sac malzemeden silindirik bir boru şeklinde hava kanalı bulunmaktadır. Hava kanalının alt kısmında belirli aralıklarla hava çıkış delikleri bulunmaktadır. Bu deliklerin çapları 4-5 cm olup delik eksenleri arasındaki mesafe 8-10 cm'dir. Bazı pülverizatör tiplerinde ise hava çıkış delikleri yerine hava kanalının alt kenarı boyunca uzanan bir açıklık bulunmaktadır. Bu pülverizatörlerin yapısal özelliklerinde bazı küçük farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklardan en önemlisi hava akımı ve memenin birbirlerine göre konumlarıdır. Meme geriye doğru 30° eğimli iken hava akımı dikey olabildiği gibi, meme dikey iken hava akımı memeye doğru 30° açılı olabilmektedir. (Çilingir ve Dursun, 2002). Bu tip pülverizatörlerde, memeler tarafından üretilen damlalar hava akımı ile hedef yüzeylere taşınmakta olup damlaya kazandırılan hız ve enerji, klasik pülverizatörlere göre oldukça fazladır. Böylece, damlaların rüzgarla sürüklenme tehlikesi azalmakta, damlaya kazandırılan ek taşıma enerjisiyle damlaların hedef yüzeylerde toplanma etkinliği artmakta, bitkinin iç kısımlarına doğru penetrasyonu artmakta, küçük çaplı damlalarla ilaçlama yapılmasına olanak vermektedir (Hislop ve ark., 1995; Cooke ve ark., 1990; Dursun, 2002). Rüzgarın sürükleme etkisi azaltıldığı ve klasik pülverizatörlere göre daha yüksek rüzgar hızlarında bile çalışılabildiği için ilaçlama yapılabilen gün sayısı artmaktadır (Hadar, 1991). Şekil 4' de yardımcı hava akımlı tip bir tarla pülverizatörünün çalışma ilkesi görülmektedir.



Şekil 4. Yardımcı hava akımlı tip bir tarla pülverizatörünün çalışma ilkesi

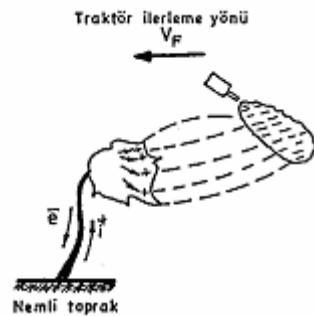
Heilsbronn ve Anderson (1991), yaptıkları araştırmada klasik uygulamalardaki ilaç kaybının hava akımlı uygulamaya göre 2 kat daha fazla olduğunu ve hava akımı hızı ve doğrultusunun da ilaç kayıplarının azaltılmasında önemli bir etkiye sahip olduğunu açıklamışlardır. May (1991), iki farklı yardımcı hava akımlı pülverizatörü şeker pancarı üzerinde denemiştir. Her iki pülverizatörün ilaç driftini yaklaşık % 50 oranında azalttığını belirtmiştir. Watson ve Wolf (1985) ise yardımcı hava akımlı uygulamayla klasik uygulamaya göre mısırdaki % 100, soya fasulyesinde ise % 234 oranında kalıntı artışı elde ettiklerini bildirmişlerdir.

3. 3. Elektrostatik yüklemeli ilaç uygulama tekniği

Elektrostatik yükleme tekniği, endüstriyel uygulamalarda 50 yıldan daha fazla bir süredir kullanılmasına karşın tarımsal ilaç uygulamalarında 1970'li yıllarda kullanılmaya başlamıştır. Bu teknikte, sıvı ilaç damlaları statik elektrik ile yüklenmekte ve yüklenmiş damlalar bitkiye yaklaşırken bitkide zıt bir yük oluşmaktadır. Bu zıt (karşı) yük, bitkiden toprağa bir kısım elektron akışıyla olmaktadır (Şekil 5). Böylece damlalar ve bitki yüzeyleri arasında elektrostatik çekim kuvveti oluşturularak yüklü damlaların bitki yüzeyleri üzerine çökmesi sağlanmaktadır (Law ve Lane, 1982). Sıvı ilaçların elektrostatik yüklenmesinde korona, kontak ve indüksiyon olmak üzere üç farklı yükleme yöntemi kullanılmaktadır (Law, 1978; Marchant ve ark., 1985; Hussain ve Kleisinger, 1992). Elektrostatik yüklemenin faydaları şu şekilde sıralanabilir:

- İlaç damlaları üzerine etkili olan yerçekimi kuvvetine ek olarak bir elektriksel kuvvet uygulandığı için, bitkiler üzerinde daha fazla ilaç toplanmaktadır.
- Damlalar üzerine etkili olan bu ek elektriksel kuvvet, rüzgarın sürüklenme etkisini azaltmada yardımcı olmaktadır. Bu durum, hem ilaç kayıplarının hem de çevre kirliliğinin azalmasına olanak vermektedir.
- Aynı elektriksel yüklenmiş damlaların doğal olarak birbirlerini itmesi nedeniyle bitki yüzeyleri üzerinde daha düzgün bir ilaç dağılımı elde edilir.
- Elektriksel bir yüklenmiş damlalar, elektriksel alan çizgilerine bağlı olarak değişik yörüngeler izledikleri için yaprak altlarının da yeterli miktarda ilaç alması sağlanmaktadır.

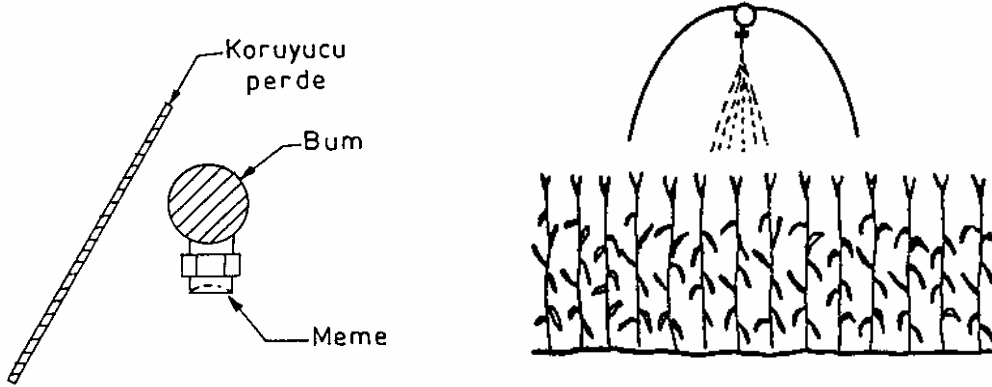
Elektrostatik yüklemenin yukarıda belirtilen yararlarına karşın ilk maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle, Avrupa ve Amerika'daki kullanıcılar tarafından yaygın bir kabul görmemiştir. Buna karşın, çevresel kirlenme endişesi ve pestisit tüketiminin azaltılmasına yönelik baskılar elektrostatik ilaçlama tekniğinin daha yaygın kullanılmasını zorlamaktadır.



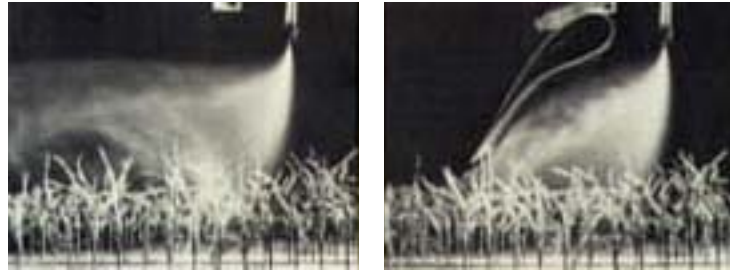
Şekil 5. Elektrostatik yüklemenin esası

3.4. Püskürtme çubuğu koruyucu düzenleri

Son yıllarda tarla pülverizatörlerinin püskürtme sistemlerinde koruyucu perde veya örtü şeklinde çeşitli tip düzenler kullanılmaya başlanmıştır. Bu düzenler, genellikle mekanik koruyucu perdeler şeklinde olup ya püskürtme çubuğunu tamamen kaplamakta, ya püskürtme çubuğunun önüne veya arkasına düşeye göre belirli bir açıda yerleştirilmekte ya da her memenin üzerine ayrı ayrı yerleştirilmiş koruyucu şemsiyeler şeklindedir. Bazı pülverizatörlerde ise pnömatik tip koruyucu perdeler bulunmaktadır. (Rogers and Jackson, 1987; Göchlich ve Westphal, 1991; Ozkan ve ark., 1997). Şekil 6' da iki farklı tip mekanik koruyucu sistem verilmiştir. Bu tip koruyucu sistemler, rüzgarın sürüklemeye etkisini azaltarak klasik pülverizatörlerle ilaçlama yapılamayacak kadar yüksek rüzgar hızlarında bile ilaçlamanın etkin bir şekilde yapılmasını sağlayabilmekte ve ilaçlama yapılabilen gün sayısını artırmaktadırlar. Smith ve ark. (1982) mekanik koruyucu perdelerin rüzgarla sürüklenen ilaç kalıntılarını % 70.7 kadar azalttığını bildirmişlerdir. Ozkan ve ark. (1997), bir rüzgar tüneline yaptıkları çalışmada 9 farklı mekanik tip koruyucu tasarımının rüzgarla sürüklenen ilaç kalıntı miktarına etkilerini araştırmışlardır. Sonuçta, koruyucusuz duruma göre çift katlı tasarımın rüzgarla sürüklenen kalıntıyı % 59 kadar azalttığını bildirmişlerdir. Şekil 7' de mekanik koruyucu perdenin ilaç sürüklenmesini azaltma etkinliği görülmektedir.



Şekil 6. İki farklı tip mekanik koruyucu sistem

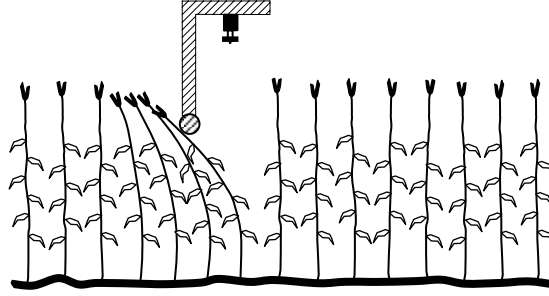


Şekil 7. Mekanik koruyucu perdenin ilaç sürüklenmesini önleme etkisi

3.5. Ürün Eğici (Crop-Tilter) Sistem

Bu sistem püskürtme çubuğuna paralel olarak uzanan bir kirişten ibarettir. Kiriş memelerin önünde ve meme seviyesine göre aşağıda olup ürünün üst kısımlarına

etki edecek konumdadır (Şekil 8). İlaçlama sırasında, kiriş ürünü ileriye doğru yönlendirmekte ve hemen arkasındaki memenin püskürttüğü ilacın ürünün alt kısımlarına doğru penetrasyonunu arttırmaktadır (Göhlich ve Westphal, 1991; Dursun, 1994). Bu sistemin diğer bir yararı ise, püskürtme çubuğunun ürüne daha yakın çalışmasını sağlayarak ilaç sürüklenmesini azaltmasıdır. Klasik püskürtme sistemleriyle karşılaştırıldığında, ürün eğicilerin kullanımıyla sürüklenme kayıpları % 20 oranında azaltılabilmektedir (Miller ve Jeffery, 1989).



Şekil 8. Ürün eğici sistemin şematik görünümü (Göhlich ve Westphal, 1991)

3.6. Yeni Bağ-Bahçe Pülverizatörleri

Konvansiyonel olarak adlandırılan ve hidrolik memelere sahip aksiyal fanlı yardımcı hava akımlı pülverizatörler, bağ-bahçelerde pestisit uygulamalarında yıllardır kullanılmaktadır. Çünkü kullanımları kolaydır ve farklı bitki koşullarında kolayca çalışırlar. Bununla birlikte büyük ilaç kayıpları ve dağılım tekdüzeliğindeki yetersizlik bu pülverizatörlerde ortaya çıkan iki önemli sorundur. Örneğin bağ ilaçlamalarında, asmaların üst yapraklarında toplanan kalıntı miktarı alt yapraklara göre 2-3 kat fazladır. Elma bahçelerinde toprağa kayıplar, uygulanan toplam dozun %14 ile % 39'u arasında değişebilmektedir. Sürüklenme kayıpları ise % 23-45'tir. Bağlarda toplam kayıplar asmaların ilk gelişim döneminde % 64-94, tam vejetasyon döneminde ise % 44-67 olarak kaydedilmiştir (Pergher ve ark., 1997). Sonuçta, uygulanan ilacın etkinliği azalmakta ve çevre kirliliği artmaktadır.

Yaprak üzerinde eşit olmayan ilaç dağılımı, konvansiyonel bir pülverizatörden püskürtülen ilaç ve hava akımı yönünün kontrolündeki güçlüklerle yakından ilgilidir. Bitki geometrisi ve ilaç dağılımının birbirine uyumu önemlidir.

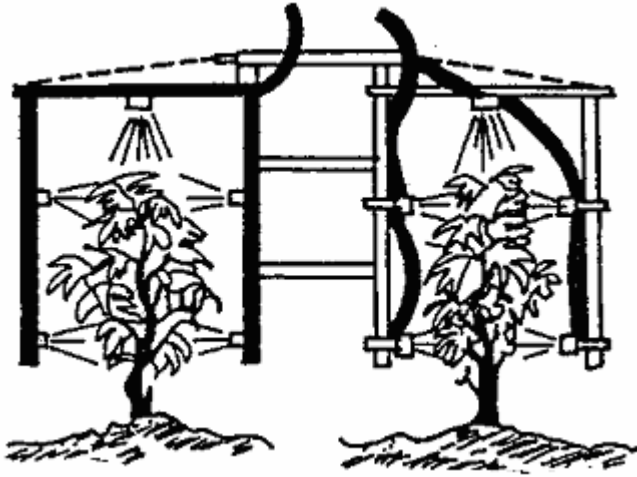
Bağ ilaçlamasında son yıllardaki eğilimler, kayıpları azaltmak ve kalıntıyı iyileştirmek için, konvansiyonel olmayan pülverizatörlerin kullanılması yönündedir. Yapılan çalışmaların çoğu, bitki ile ilacın karşılaşması için, pülverizatör hava çıkışlarının ayarlanması üzerine odaklanmıştır. Bu amaçla ilk adımda, ayarlanabilir akışlı aksiyal fanlar kullanılmıştır.

Fanın ürettiği hava hızı ile çıkış kanalı aralığının mesafesi arasında ters orantı vardır. Böylece ilaçlanacak bitkinin gelişme evresine bağlı olarak uygun hava hızı ayarlanabilmektedir. Örneğin, çiçeklenme evresinde bitkiye zarar vermeyecek değerde hava hızına ihtiyaç olduğundan kanal aralığı artırılırken, tam gelişim evrelerinde yaprakların her iki yüzeyinde de iyi bir kaplanma elde etmek için yüksek hava hızı tercih edilmekte olup kanal aralığı azaltılmaktadır. Ayrıca, pülverizatör üzerindeki aksiyal fanın hava kanalları içerisine, açılı ayarlanabilen yönlendiriciler

yerleştirilerek, bitkilerin belirli bölgelerine % 40-50 daha fazla hava akımı gönderilebilmektedir (Erman, 2002).

3.6.1. Tünel pülverizatörler

Bağ-bahçe ilaçlamalarında tünel tipi pülverizatörlerin kullanımı son yıllarda artmaya başlamıştır. İlk tünel tipi pülverizatörler, sırayı içine alacak şekilde çalı tipi bitkiler veya asmalar için 1970'li yılların başında geliştirilmiştir. Başlangıçta, konvansiyonel yüksek hacim ilaçlamalarına bağlı olarak büyük damlalar elde edilmiştir. Küçük damlalarla düşük hacimlerde yapılacak uygulamalar ile daha etkili bir kaplanma ve iyi bir biyolojik etkinlik sağlanabileceği görülmüş ve 1990'lı yılların başından itibaren Avrupa ülkelerinde prototip üretiminde büyük artış ortaya çıkmıştır. İlaç kayıplarında sağladığı azalma, birçok araştırma enstitüsü için bu pülverizatörleri araştırma konusu yapmıştır. Üstelik, özellikle çevre bilincinin geliştiği ülkelerde ticari olarak da tünel tipi pülverizatörlerin gelişimi ve üretimi desteklenmiştir (Şekil 9) (Erman 2002).



Şekil 9. Tünel tipi pülverizatörlerde püskürtme sistemi

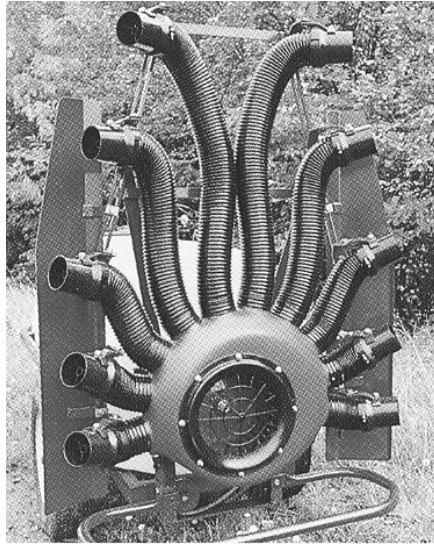
Tünel tipi pülverizatörler, ilaçlanan ağaç veya asma sırasını örtü altına alacak şekilde kapalı bir çatıya sahiptirler. Bazı tipleri klasik püskürtme sistemlerine, bazıları da yardımcı hava akımlı ilaçlamaya olanak sağlayacak şekilde fanlara sahiptirler. Bazı modellerinde ise geri dönüşümlü sistem bulunmaktadır (Ozkan ve Fox, 1998). Bu tiplerinde, püskürtülen ilacın bir kısmı, bitki kanopisini geçebilmekte ve toplanmak üzere tünelin duvarlarına çarpmakta ve oradan ilaç deposuna geri gönderilmektedir. Bu tip tünel pülverizatörle yapılan çalışmalarda; örneğin böğürtlende % 40, tatlı mısırdada % 30 ilaç geri kazanımı sağlanmıştır (Beasley ve ark., 1983). Geri dönüşüm sistemleri hedef yüzey üzerine yerleşmeyen ilacın büyük kısmını toplayıp daha sonra kullanılmasına imkan tanıyan sürüklenmeyi de azaltmaktadır. Konvansiyonel bir pülverizatörle karşılaştırıldığında, toprak yüzeyine sürüklenmede % 85 azalma sağlayabilmektedir. Son ilaçlanan sıradan 4 m uzaklıktaki bir mesafeye sürüklenen ilaç miktarı, tünel pülverizatörde uygulanan dozun %1'i iken konvansiyonel pülverizatörde bu oran % 8'dir (Huijsmans ve ark., 1993).

Uygulama tekniği, iyi bir biyolojik etkinlik için anahtar rolü oynamaktadır. Araştırma sonuçları; kanopi içerisindeki kalıntı miktarı, kaplanma ve tekdüze dağılım açısından tünel pülverizatörlerin konvansiyonel pülverizatörlere göre daha iyi bir performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Ancak biyolojik etkinlik araştırmalarında elde edilen sonuçlar çok açık değildir. Yine de bu pülverizatörlerin en azından konvansiyonel pülverizatörlerle aynı seviyede hastalık ya da zararlı kontrolü sağlayabildiği görülmektedir (Hollownicki ve ark., 1996).

Sonuç olarak tünel tipi pülverizatörlerin en önemli avantajı, hedef dışına ilaç sürüklenmesini engelleyerek hem çevre kirliliğini azaltması hem de ilaç tüketimi açısından tasarruf sağlamasıdır. Bu teknik, rüzgarlı koşullarda uygulamaya da izin vermektedir. Ayrıca operatör daha az ilaca maruz kalmakta ve böylece güvenlik artmaktadır. Ne var ki, kanopi boyutları ve sıra aralıkları, bu pülverizatörlerin kullanımında önemli bir sorun olabilmektedir. Ancak bitki çeşidi ve bahçe tesisindeki yeni gelişmele,r tünel pülverizatörlerinin kullanılma potansiyelini artırmaktadır.

3.6.2. Pnömatik pülverizatörler

Yaygın olarak kullanılan yardımcı hava akımlı pülverizatörlerden yola çıkılarak geliştirilmiş olan pnömatik pülverizatörler, düşük hacim uygulamaları için uygun olmaktadır. Bu pülverizatörlerde, düşük basınçtaki sıvının yüksek hızdaki hava akımıyla karşılaşması sonucu damla oluşumu gerçekteşmektedir. Hedefe yakın çıkış ağızları sayesinde sürüklenme azaltılırken, küçük damlalar ile kaplanma iyi ve tekdüze olmaktadır. Son yıllarda pülverizatör üreten firmalar tarafından farklı tasarımlara sahip pnömatik pülverizatörler üretilmiştir. Şekil 10'da yeni model pnömatik tip bir pülverizatör görülmektedir.



Şekil 10. Yeni model pnömatik tip bir pülverizatörü.

Bazı pülverizatör modelleri bağ ve bahçe ilaçlamalarının her ikisinde de kullanılırken, son yıllarda sadece bağ için makinalar geliştirilmiştir. Bu ekipmanların performanslarının değerlendirilmesine ve iyileştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

3.7. Bitki Kanopisini Algılayarak Püskürtme Yapan Sistemler

Modern bahçelerde, sıra üzerindeki ağaçların arasında oldukça geniş boşluklar bırakılmaktadır. Ayrıca, herhangi bir nedenle kurumuş olan ağaçların yerine dikilmiş yeni ağaçların kanopi yapısı, hacimsel olarak daha küçük olmakta ve böylece kanopiler arasındaki boşluk artmaktadır. Bu boş alanlar konvansiyonel uygulamalarda, sürüklenme ve ilaç kayıpları için temel bölgeleri oluşturmaktadır. Bu nedenle pülverizatör üreten çeşitli firmalar, son 10 yıldır bitki kanopisini algılayan sensörler geliştirmişlerdir. Hedef belirleme sisteminde yer alan bu sensörler, ağacın bulunduğu ve bulunmadığı alanı ayırt etmektedir. Sensörler hedefi algıladığında memelerin püskürtme yapmasına izin vermekte, aksi halde memeleri kapatmaktadır. Hedef yok iken yani boşluklarda ilaç püskürtülmediği için, ilaç uygulaması yalnızca hedefleri içine alan bölge ile sınırlı olmaktadır.

Hedefin belirlenmesi için gelişmiş birçok teknik kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; lazer taraması, ultrasonik sensörler ve spektral sistemlerdir. Lazer tekniği (LIDAR-ışık algılama ve ağaç aralık tarama sistemi), ağaç kanopisini ölçülendirebilmektedir. Bu sayede uygulanacak dozun ayarlanması da mümkün olmaktadır. Ancak bu tekniklerin çok pahalı olması günümüzde ticari olarak kullanımlarını sınırlamaktadır.

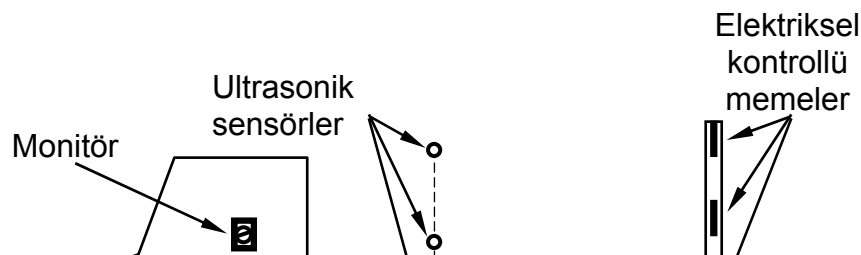
Ultrasonic sensörler, vejetasyonun olup olmadığını belirleyebilmektedir. Ancak sensörlerin tarama alanı geniş olduğundan küçük boşlukları tanımlamaları mümkün olmamaktadır (Balsari ve Tamagnone, 1998).

Optik yansıma prensibine göre çalışan spektral sistemler, hem hedefi hem de hedef karakteristiklerini ve vejetasyon tipini belirleyebilmektedir. Sensör tarafından emilen ışın demetleri çok dar olduğu için küçük boşlukları bile tespit edebilmektedir (Doruchowski ve ark., 1998).

Şekil 11' de verilen sistemde, pülverizatörün ön kısmına yerleştirilen ultrasonik sensörler ile ağaç yüksekliği ve ağaçlar arası mesafe algılanmakta ve bu duyarılardan elde edilen çıktılara göre pülverizatörün arka kısmına yerleştirilmiş olan püskürtme memeleri açılıp kapatılmaktadır. Memeler ağaç yüksekliği, ağaçlar arası mesafe ve pülverizatörün hızına göre sistemdeki bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Araştırma sonuçlarına göre, sistem başarıyla kullanılabilir özellikte olup uygulanan pestisit miktarında % 10 – 35 oranında azalma görülmüştür (Balsari ve Tamagnone, 1997).

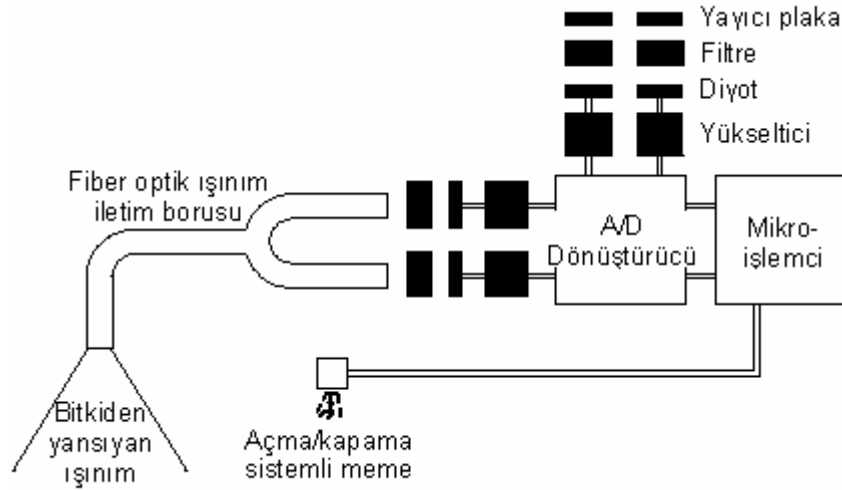
3.8. Değişken Oranlı Herbisit Uygulaması

Tarladaki yabancı ot ile yetiştirilen ürünün, belli dalga boyunda ışık yansıtma değerlerinin farklı olma özelliğinden yararlanılarak ürün ve yabancı ot birbirinden ayırt edilebilmektedir. Böylece, tarlanın farklı bölgelerindeki yabancı ot yoğunluğuna göre değişken oranlarda herbisit uygulanarak yabancı ot kontrolü sağlanabilmektedir. Şekil 12'de yabancı otu algılayarak püskürtme yapan bir sistem şematik olarak gösterilmiştir. Burada yabancı otları buğday anızından ve topraktan ayırmak için optik esaslı bir sistem kullanılmıştır. Sistem, toprak yüzeyinden yansıyan ışınımı toplayan bir toplaç, fiber optik iletim borusu, filtre, diyot ve yükseltgeçten oluşur.



Şekil 11. Ağaç yüksekliği ve ağaçlar arası mesafeyi algılayarak püskürtme yapan pülverizatörün şematik görünümü

Yükseltgeç ile yükseltilen elektriksel diyot çıktı gerilimi analogdan dijitale dönüştürülmekte ve mikro işlemci tarafından okunmaktadır. Mikro işlemci, elde edilen sinyale göre yabancı ot bulunup bulunmadığına karar verir ve yabancı ot olduğuna karar verdiği durumda bir selenoid valfe elektrik sinyali göndererek valfin açılmasını ve ilaç püskürtülmesini sağlar. Bu sistemde, her meme bir yabancı ot algılama sistemi ve bir açma / kapama valfi ile donatılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda; alışıl gelmiş ilaçlamaya kıyasla ilaçlanan alan miktarında % 90 oranında bir azalma sağlandığı, yabancı otların % 95 etkisiz hale getirildiği gözlenmiştir (Felton ve ark., 1991).



Şekil 12. Optik esaslı yabancı ot algılama ve püskürtme sistemi

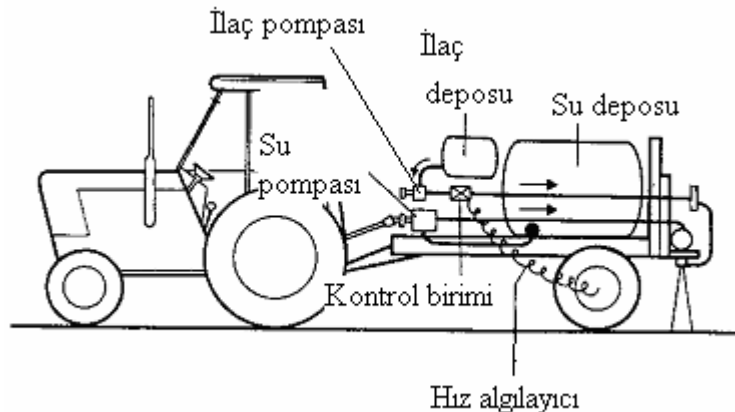
3.9. GPS Kullanılarak Pülverizatör Geçiş Yerlerinin Belirlenmesi

Özellikle iş genişliği büyük olan tarla pülverizatörleriyle çalışılırken, tarlanın sonunda diğer bir şeridin ilaçlanması amacıyla yapılan dönüşlerden sonra yeni pülverizatör yolunun belirlenmesi oldukça güçtür. Uygun olmayan pülverizatör konumu, ya aynı alanların yeniden ilaçlanması (aşırı örtme) nedeniyle gereksiz ilaç

tüketimine, ya da iki ilaçlama şeridi arasında ilaçlanmayan alanlar nedeniyle yetersiz kontrol sağlanmaktadır. Günümüzde, pülverizatörün bir geçişi sırasında ilaçlanan alanın tanımlanması için köpük memeleri ve mekanik tip işaretleme sistemleri (Marking Systems) kullanılmaktadır. Son zamanlarda ise bu görev GPS veya FM radyo sinyalleri kullanılarak yapılabilmektedir. Bu sistemlerde, tarlanın çevresinde bir ilk geçiş yapılır. Sonra GPS yardımıyla tarlanın bir köşesinde pülverizatörün konumu kaydedilir. Kontrol birimine pülverizatörün iş genişliği girildikten sonra tarlanın uzunluğu boyunca bir geçiş yapılır. Bu ilk geçiş asıl ilaçlama şeridini oluşturmaktadır. Pülverizatör ikinci geçiş için döndüğünde, kontrol panelindeki bir seri ışıklardan oluşan ışık göstergesi, pülverizatörün asıl ilaçlama şeridinin merkezine göre nerede olduğunu göstermektedir (Ozkan ve Fox, 1998).

3.10. Doğrudan Enjeksiyon Sistemi

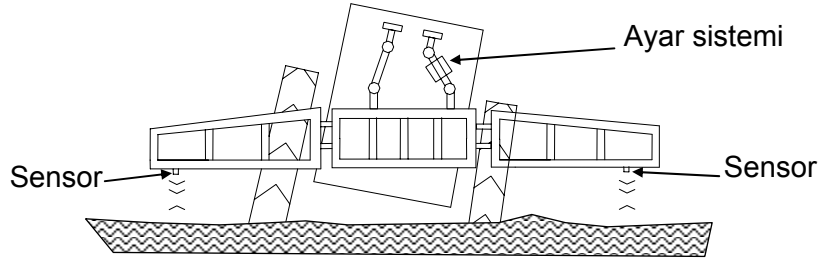
Bu sistemlerde etkili ilaç formülasyonu ve su ayrı ayrı depolardadır. Su sabit bir akış oranında memelere gönderilmekte, ilaç formülasyonu ise pülverizatörün ilerleme hızına bağlı olarak memelere yakın bir noktada su içerisine farklı oranlarda enjekte edilmektedir. Hız değişimine göre enjeksiyon oranlarının ayarlanmasıyla birim alana uygulanan ilaç dozunun aynı kalması sağlanmaktadır. Bu sistemin en önemli faydalarından birisi de ilaç etkin maddesi ve suyun ayrı depolarda olması nedeniyle, ilaçlamadan sonra ilaç deposunda artı kalan etkin ilaç formülasyonu bir sonraki uygulama için ilaç deposunda saklanabilir veya orijinal kabı içerisine bir hortum yardımıyla doldurulabilir (Legg ve Miller, 1989; Dursun,1994). Böylece, klasik pülverizatörlerde olduğu gibi ilaçlamadan sonra depoda kalan ilaç karışımının neden olduğu çevre kirliliği sorunu ortadan kalkmakta, operatörün ilaçla teması azalmakta ve ilaçlamadan sonra pülverizatörün temizlenmesi kolaylaşmaktadır. Şekil 13' de doğrudan enjeksiyon sistemli bir pülverizatör şematik olarak gösterilmiştir. Burada, traktörün kuyruk milinden hareket alan pompa, suyu depodan alarak düşük bir basınçla püskürtme sistemine basar. İlaç pompası ise ilaç deposundan aldığı ilacı yüksek bir basınçla püskürtme hattındaki taşıyıcı suyun içerisine enjekte eder. Bir hız algılayıcısı ile pülverizatörün tekerleğinden ilerleme hızı algılanarak kontrol birimine iletilir. Elektronik kontrol birimi, ilerleme hızındaki değişime göre ilaç dozaj pompasının farklı miktarlarda ilaç enjekte etmesini sağlar.



Şekil 13. Doğrudan enjeksiyon sistemli bir pülverizatör (Matthews, 1992)

3.11. Püskürtme borusu (bum) dengeleme sistemleri

Tarla pülverizatörleriyle çalışılırken iş genişliği boyunca ilaç dağılım düzgünlüğünün sağlanabilmesi için püskürtme borusu üzerindeki meme aralıklarının ve meme yüksekliğinin uygun olması yanında püskürtme borusu stabilitesinin sağlanması gereklidir (Dursun, 1994). İlaçlama sırasında tarla eğimi veya düz bir tarlada engebe koşulları ne olursa olsun, püskürtme borusu daima tarla yüzeyine paralel tutulabilmelidir. Tarla pülverizatörlerinde iş genişliği arttıkça, arazi engebelerinden gelen titreşimler özellikle püskürtme borusunun uç kısımlarına doğru salınım etkisini daha fazla artırmaktadır. (Nation, 1980) Böylece memelerin hedef yüzeyden olan uzaklıkları değiştiği için iş genişliği boyunca ilaç dağılımı da bozulmaktadır. Bu nedenle tarla pülverizatörlerinde püskürtme borularının stabilitesini iyileştirmek için dengeleme sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. Modern pülverizatörlerde püskürtme boruları askı sistemine salınımlı dengeleme sistemleriyle bağlanırlar. Bunlar, pasif ve aktif dengeleme sistemleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Pasif dengeleme sistemlerinde püskürtme borusu kendiliğinden yer düzlemine paralel duruma gelmektedir. Bu amaçla; değişik tasarımlara sahip pasif dengeleme sistemleri kullanılmaktadır. Aktif kontrol sisteminde ise püskürtme borusu yer düzlemine zorunlu olarak paralel duruma getirilmektedir. Şekil 14'de gösterilen aktif kontrollü dengeleme sisteminde, püskürtme borusu uç kısımlarında bulunan ultrasonik sensörler yardımıyla yere olan uzaklık algılanarak bir ayar sistemine iletilmektedir. Ayar sistemi, bir hidrolik silindire kumanda ederek püskürtme borusunun yere olan paralelliğini korumaktadır (Çilingir ve Dursun, 2002).



Şekil 14. Aktif bum dengeleme sistemi (Legg ve Miller, 1989)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal üretimde verim ve ürün kalitesi açısından tarımsal ilaçların (pestisitlerin) etkin olarak uygulanması kaçınılmazdır. Etkin bir ilaç uygulamasında; hedef dışına sürüklenen ilaç miktarı ve böylece çevre kirliliği azalmakta, hedefte toplanan ilaç kalıntı miktarı artmakta ve ilaç dağılım düzgünlüğü iyileşmektedir. Bunlara bağlı olarak, uygulanan ilacın biyolojik etkinliği arttığı gibi ilaçlama maliyeti de azalmaktadır. Ancak pestisit uygulamalarında kullanılan geleneksel yöntemler ve ekipmanların etkinlikleri oldukça düşüktür. Son yıllarda pestisit uygulama ekipmanlarında önemli yenilikler yapılmıştır. Ne yazık ki, bu yeniliklerden bazıları uygulayıcılar tarafından henüz yaygın bir kabul görmemiştir. Bunun en önemli sebepleri ise ekipmanların ilk maliyetlerinin yüksek olması ve uygulayıcıların bu teknolojiler hakkında yeterli bilgiye sahip olmamasıdır. Fakat uygulayıcıların bu teknolojiler konusunda eğitim yoluyla bilgilendirilmesi ve etkinliği yüksek uygulama ekipmanlarının kabul edilebilir ücretlerle uygulayıcılara sağlanması, ilaç uygulamalarının etkin bir şekilde yapılmasına yardımcı olacaktır.

İlaç sürüklenmesini azaltan ve ilaç uygulama etkinliğini artıran yeni teknolojiler olarak yukarıda sunulanların hemen hiçbirisi ülkemizde kullanılmamaktadır. Ülkemizde imal edilen ve çiftçiler tarafından kullanılan ilaçlama ekipmanlarının hepsi konvansiyonel tiplerdir. Bazı yerli üretici firmalar tarafından özellikle son yıllarda üretilen pülverizatörlerde kalite açısından önemli iyileşmeler sağlanmış olmasına karşın, yeni teknolojiler açısından oldukça yetersizdirler. Bu nedenle ilaçlama makinası üreten yerli firmaların, ülkemiz çiftçilerinin satın alma güçlerini de göz önünde bulundurarak yeni teknolojilere ve tasarımlara sahip makinalar üretmelidirler.

5. KAYNAKLAR

- Balsari, P. And M. Tamagnone,1997. An automatic Spray Control for Air Blast Sprayers: First Results. Precision Agriculture' 97, Proceedings, Volume 2 Technology, IT and Management, SCI, Bios Scientific Publishers, p.619-626.
- Balsari, P. and M. Tamagnone, 1998. An Ultrasonic Airblast Sprayer. Abstracts of the International Conference on Agricultural Engineering, Oslo, Paper No.98-A-017:585-586.
- Beasley, E.O., R.P. Rohrbach, C.M. Mainland, and J.R. Meyer, 1983. Saturation Spraying of Blueberries with Partial Spray Recovery. Trans. ASAE 26(3), 732-736.
- Cooke, B.K., E.C. Hislop, P.J. Herrington, N.M. Western, and F. Humpherson-Jones, 1990. Air-Assisted Spraying of Arable Crops in Relation to Deposition, Drift and Pesticide Performance. Crop Protection, 9 (4): 303-311.
- Çilingir, İ. ve E.Dursun, 2002. Bitki Koruma Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1531, Ders Kitabı:484, 248 s., Ankara.
- Derksen, R.C., H.E.Ozkan, R.D.Fox and R.D. Brazee, 1997. Effectiveness of Turbodrop and Turbo TeeJet Nozzles in Drift Reduction. ASAE Paper No. 971070, ASAE, 2950, Niles Road, St. Joseph, MI 49085.
- Doruchowski, G., P. Jaeken and R. Hollownicki, 1998. Target Detection as Tool of Selective Spray Selection on Trees and Weeds in Orchards. SPIE Conference on Precision Agriculture and Biological Quality, Boston, November. Proc. SPIE 3543, 290-301.
- Dursun, E.,1994. Tarla Pülverizatörlerinde İlaçlama Özelliklerinin İyileştirilmesi Olanakları. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi, 148 s., Ankara.
- Dursun, E.,1998. Tarımsal İlaç Uygulamalarında Sürüklenmeyle Meydana Gelen İlaç Kayıpları ve Sürüklenmeye Etkili Faktörler. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ.
- Dursun, E., 2000. Meme Aşınmasının Pülverizasyon Karakteristiklerine Etkileri. Ekin Dergisi Yıl : 6, Sayı 21.
- Dursun, E., 2002. İlaç Sürüklenmesinin Azaltılmasına Yönelik Uygulama Yöntemlerindeki Gelişmeler. Ekin Dergisi Yıl : 4, Sayı 12, s.51-55.
- Erman, A. 2002. Bağlarda ilaç uygulamaları. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Semineri (yayınlanmamış), Ankara.
- Felton, W.L., A.F. Doss, P.G. Nash, and K.R. McCloy, 1991. A Microprocessor Based Controlled Technology to Selectively Spot Spray Weeds. Automated

- Agriculture for the 21st Century Proceedings of the 1991 Symposium, 16 – 17 December, Chicago, Illinois. St. Joseph American Society of Agricultural Engineers, s. 427 – 432.
- Fox, R.D. 1998. Air-blast/ Air-Assisted Application Equipment and Drift. In Proceedings of the North American Conference on Pesticide Spray and Drift Management, 108-129, Portland, Maine, Orono.
- Göchlich, H. ve O. Westphal, 1991. Zur Verminderung von Pflanzenschutzmittelverlusten. Landtechnik, 3/91: 113-116.
- Hadar, E., 1991. Development Criteria for an Air-Assisted Ground Crop Sprayer. In: Air-Assisted Spraying in Crop Protection. BCPC Monograph 46, (Ed. By A. Lavers, P. Herrington and E.S.E. Southcombe), pp. 23-27, BCPC, Farnham, UK.
- Heilsbronn, R.R. and P.G. Andersen, 1991. Ein Beitrag zur Umweltgerechten Applikation von Pflanzenschutzmitteln. Landtechnik, 3/91: 116-119, Düsseldorf, Deutschland.
- Herrington, P.J., H.R. Mapother, and A. Stringer, 1981. Spray Retention and Distribution on Apple Trees. Pesticide Science, 12 :515-520.
- Hislop, E.C., N.M. Western, and R. Butler, 1995. Experimental Air-Assisted Spraying of Maturing Cereal Crop under Controlled Conditions. Crop Protection, 14 (1): 19-26.
- Hollownicki, R., Goszczynski, W., G. Doruchowski, and N. Nowacka, 1996. Comparison of Apple Scab Control with Traditional and Tunnel Sprayers at Full and Reduced Chemical Rates. Proceedings the International Conference on Integrated Fruit Production, IOBC wprs Bull. 19(4), 385-386.
- Huijsmans, J.F.M., H.A.J. Porskamp and B. Heijne, 1993. Orchard Tunnel Sprayers with Reduced Emission to the Environment. Proceedings of the Second International Symposium on Pesticides Application Techniques, ANPP Ann. 1/2, 297-304.
- Hussain, M.D. and S. Kleisinger, 1992. Electrostatic Charging of Spray Liquids Produced from Flat Fan Hydraulic Nozzles. Agricultural Engineering Journal, 1(2): 59-69.
- Johnstone, D.R., 1978. Statistical Description of Spray Drop Size For Controlled Drop Application. Symposium on Controlled Drop Application, p. 36-42.
- Law, S.E., 1978. Embedded-Electrode Electrostatic Induction Spray Charging Nozzle: Theoretical and Engineering Design. Transactions of the ASAE, 21(5): 1096-1104
- Law, S. E. and M. D. Lane, 1982. Electrostatic Deposition of Pesticide Sprays onto Ionizing Targets: Charge – and – Mass – Transfer Analysis. IEEE Transactions of Industry Applications, IA – 18 (6): 673 – 679.
- Legg, B.J. and P.C.H. Miller, 1989. Crop Spraying Developments. Outlook on Agriculture, 18(1): 18-23, UK.
- Marchant, J.A., Dix, A.J. ve Wilson, J.M., 1985. Electrostatic Charging of Spray Produced by Hydraulic Nozzles. J. Agric. Engng. Res, 31: 329-344.
- May, M.J., 1991. Early Studies on Spray Drift, Deposit Manipulation and Weed Control in Sugar Beet with Air-Assisted Boom Sprayers. In: Air-Assisted Spraying in Crop Protection. BCPC Monograph 46, (Ed. By A. Lavers, P. Herrington and E.S.E. Southcombe), pp. 89-97, BCPC, Farnham, UK.
- Matthews, G.A., 1992. Pesticide Application Methods. 2. Edition, Longman, New York, 405 p.

- Miller, P.C.H. and B.Jeffery, 1989. Research to Improve Spray Application Methods. Research Rewied, BSRAE, England.
- Nation, H.J., 1980. The Performance and Stability of Spray Booms. Symposium on Spraying Systems, p.145-153.
- Ozkan, H.E.,1995. Herbicide Formulations, Adjuvants and Spray Drift Management. In: Handbook on Weed Management Systems, Chapter 7, Ed: A.E. Smith, Marcel Dekker Inc., pp. 217-244, USA
- Ozkan, H.E, A. Miralles, C. Sinfort, H. Zhu, and R.D. Fox, 1997. Shields to Reduce Spray Drift. J. Agric. Engng. Res, 67: 311-322.
- Ozkan, H.E. 1998. New Nozzles for Spray Drift Reduction. Extension FactSheet, Food, Agricultural and Biological Engineering, 590 Woody Hayes Dr., Columbus, OH 43210.
- Ozkan H. E. and R. D. Fox, 1998. Recent Trends in Agrochemical Application in the USA. Proceedings of Conference on Measurement and Management of Agrochemical Spraying Quality, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan 413, ROC., p. 43 – 59.
- Pergher, G., R.Gubiani and G.Tonetto, 1997. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. Crop Protection, vol.16 (1); p.25-33.
- Rogers, R. B. And K. Jackson, 1987. Autotrans Windfoil Sprayers. ASAE Paper, No. 87 – 1639, ASAE, St. Joseph, MI 49085.
- Smith, D. B., F. D. Harris, and B.J. Butler, 1982. Shielded Sprayer Boom to Reduce Drift. Transactions of the ASAE, 25 (5): 1136 – 1140, 1147.
- Watson, D.G. and R.L. Wolf, 1985. Air Carrier Technique for Row Crop Spraying Application. Transactions of the ASAE, 28(5):1445-1448.
- Western, N.M., E.C.Hislop, P.J.Herrington and S.A.Woodley, 1985. Relationship of Hydraulic Nozzle and Spinning Disc Spray Characteristics to Retention and Distribution in Cereals. BCPC Monograph 28, Symposium on Application and Biology, pp.191-199, BCPC Publications, Surrey.
- Zhu, H., D.L.Reichard, R. D. Fox, R. D. Brazee, and H.E. Ozkan, 1994. Simulation of Drift of Discrete Sizes of Water Droplets from Field Sprayers. Transactions of the ASAE, 37 (5): 1401 - 1407.