

Anthonis, Jan, Josse De Baerdemaeker, and Herman Ramon. 2006. Section 5.7 Application Techniques for Crop Protection, pp. 289-294 of Chapter 5 Precision Agriculture, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE. Copyright American Society of Agricultural Engineers.

Çevirmen: Tamer UÇAR

Çeviri Editörleri: Sefa TARHAN ve Mehmet Metin ÖZGÜVEN

## 5.7 Bitki Korumada İlaç Uygulama Teknikleri

Yazarlar: J. Anthonis, J. De Baerdemaeker ve H. Ramon

Çevirmen: Tamer UÇAR

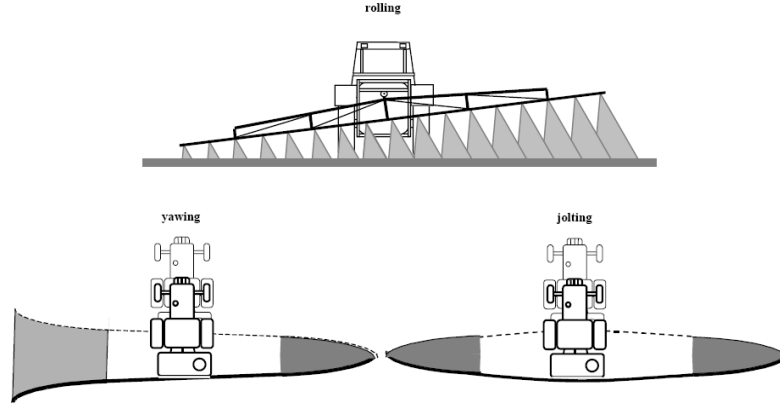
**Özet:** Bu bölümde, püskürtme uygulamaları farklı yönleriyle tartışılmaktadır. İlk bölümde düşey düzlemde püskürtme çubuğunun hareketleri ve pülverizatörün tarlanın eğimine göre otomatik olarak ayarlanmasını sağlayan olanaklar ele alınmaktadır. Daha sonra yatay püskürtme çubuğunun hareketlerinin önemi vurgulanmakta ve bu titreşimleri azaltmak için çözümler önerilmektedir. Hassas bir pülverizasyon uygulaması için sıvı akışının ve basıncının ayrı ayrı ayarlanabildiği düzenekler de ele alınmaktadır. Son olarak, pülverizasyonda kullanılan bilgi sistemleri anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Püskürtme çubuğu dengeleme, Otomatik ayar sistemi, PWM meme, Püskürtme kılavuzu, Püskürtme uygulaması, Püskürtme çubuğu.

### 5.7.1 Giriş

Kimyasal ajanların etkin dağılımı, bitki dal ve yaprakları içerisindeki püskürtme kaplamasının tekdüzeliği ile yakından ilişkilidir [1]. Yapılan deneyler ve simülasyon çalışmaları, püskürtme çubuğunun istenmeyen hareketlerinin düzgün olmayan damlacık birikmesine yol açtığını göstermektedir. Bu durum gereğinden (%100) daha az veya daha fazla (%0 ile %800 arasında değişen oranlarda) ilaç dağılımına neden olmaktadır [2-5].

Püskürtme çubuğunun ilaç dağılım düzgünlüğüne etki eden en önemli hareketleri düşey ve yatay düzlemdeki çubuk hareketlerinden meydana gelmektedir. Bu titreşim hareketleri düşey düzlemde “yuvarlanma” (rolling), yatay düzlemde ise “sapma” (yawing) ve “sarsma” (jolting) olarak nitelendirilmektedir. Bu titreşimler ve püskürtme dağılım desenine etkileri Şekil 1’de gösterilmektedir. Püskürtme çubuğu stabilizasyonunun iyileştirilmesi, püskürtme kaplama düzgünlüğünü ve pestisit etkinliğini arttırmaktadır.



Şekil 1. Püskürtme çubuğu titreşimleri ve püskürtme dağılım desenine etkileri.

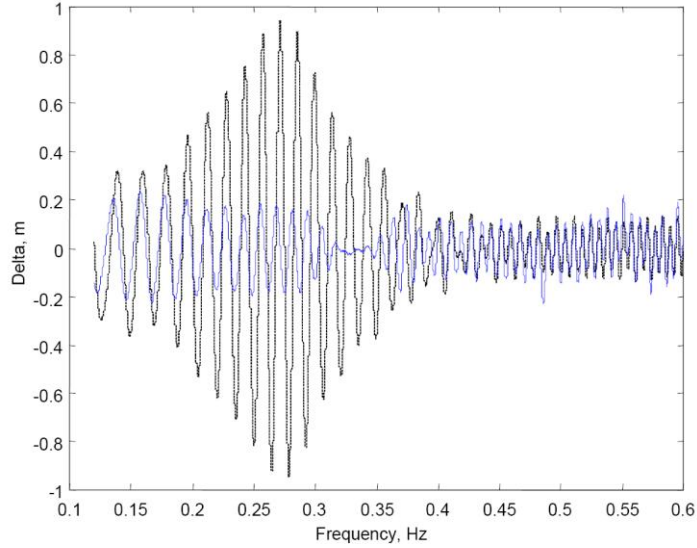
Yönlendirilmiş püskürtme, yatay ve düşey çubuk titreşimlerinin azaltılması için önem kazanan bir başka argümandır. Yere çok yaklaşan memeler çok küçük püskürtme konisi oluşturur ve komşu koniler arasında bindirme yapamayarak tarlada ilaçlanmamış alanlara neden olur (Şekil 1). Optik sensörlerle yabancı otları anında (çevrimiçi) algılayan sistemde, optik sensörden gelen belirli sayıdaki en son yatay piksel şeritlerinin entegrasyonu, püskürtme sistemini kontrol edici düzeneği etkinleştiren karar algoritmasına bilgi akışını sağlar [6]. Aşırı yatay çubuk titreşimleri, karar algoritması ve püskürtme sistemini kontrol eden düzenek için yanlış piksel şeritleri üretilmesine neden olur (yani sisteme yanlış bilgi gönderilmiş olur).

### 5.7.2 Düşey Stabilizasyon

Modern tarla pülverizatörlerinin pek çoğunda püskürtme çubuğunun düşey titreşimlerini (yuvarlanma) azaltmaya yarayan düşey bir pandül sistemi bulunmaktadır. Süspansiyon ünitesi, tarla yüzeyinin engebeli olmasından kaynaklanan traktör veya treyler titreşimlerinin püskürtme çubuğunu etkilememesi için çubuğun bu titreşimlerden izole edilerek her zaman yer çekimi doğrultusuna dik konumda kalmasını sağlar. Bu ünite düşük geçiş filtresi gibi davranır ve traktörün yüksek frekanslı yuvarlanma titreşimlerini uygun şekilde filtreler. Ancak süspansiyon ünitesinin doğal frekansı düşük frekanslarda traktörün yuvarlanma titreşimini yükseltir. Püskürtme çubukları zayıf sönümlü yapılar olduğundan, tarladaki çalışma esnasında bu yükseltme püskürtme çubuğunun aşırı fakat çok yavaş yuvarlanma titreşimleri yapmasına neden olur. Pandül püskürtme çubuğunu yer çekimi doğrultusuna dik pozisyonda tutmaya çalışması nedeniyle, eğimli arazilerde çubuğu toprak yüzeyine paralel tutmak için özel kilitleme veya ayar mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır [7].

Pasif pandül süspansiyon ünitesinin performansının yüksek frekanslarda istenen düzeyde (pandülün doğal frekansının ötesinde) olması nedeniyle, enerjiyi tasarruf etmek için otomatik ayar mekanizmasının sadece düşük frekanslarda aktif

olması gerekir. Bu nedenle *yavaş aktif sistem* olarak adlandırılır. Otomatik ayar mekanizması eyleyici bir hidrolik silindir, püskürtme çubuğunun yere göre konumunu belirleyen iki ultrasonik sensör ve bir kontrolörden oluşmaktadır. Şekil 2’de kontrolörün düşük frekanslarda pasif sisteme sönümlenme ekleyerek çalışmasını göstermektedir. Pandülün doğal frekansının ötesinde pasif süspansiyonla etkileşim olmamaktadır [8,9].



Şekil 2. Süspansiyona geriye çekik sinüs dalgaları eklenmesi halinde püskürtme çubuğunun uç kısımlarının hareketini gösteren grafik. Kesik çizgili grafik kontrolcü olmadan, düz çizgili grafik (düşük genlik) ise yavaş aktif kontrolcülü hareketi göstermektedir.

### 5.7.3 Yatay Stabilizasyon

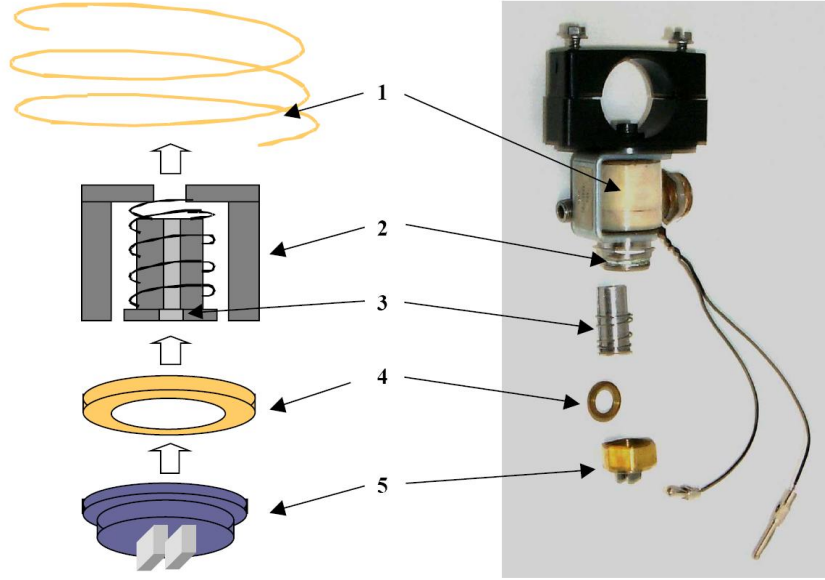
Pülverizatörlerin püskürtme çubuğunun yatay düzlemdeki dengesi için çubuğun yere paralelliğinde kullanılan tarla yüzeyi veya yerçekimi gibi bir referans bilgi bulunmamaktadır. Dahası deneysel ve teorik araştırmalar göstermiştir ki, püskürtme çubuğunun sapma ve sarsma titreşimleri sonucu oluşan düzgün olmayan püskürtme deseni, çubuğun yuvarlanma hareketinden daha kritik bir öneme sahiptir. Ramon ve De Baerdemaeker [2], püskürtme memeleri ile hedef yüzey arasındaki uzaklığın istenen uzaklık değerine göre %50'den fazla sapma göstermediği durumlarda, püskürtme çubuğunun yuvarlanma (roll) titreşiminden dolayı oluşan dağılım desenindeki sapmanın istenen dağılıma göre %85 ile %140 arasında kaldığını hesaplamışlardır. Halbuki yatay düzlemde, püskürtme çubuğunun uç kısımlarındaki 30 cm civarında genlik değerine sahip küçük bir titreşim bile, istenen ilaç dozunun üç katına kadar aşırı doz uygulanmasına neden olabilmektedir. Mevcut tasarımlar püskürtme çubuğu ile traktöre bağlı ana çatı arasına konulan kauçuk bloklarla sınırlı kalmaktadır. Bir başka tasarımda ise aktif yatay süspansiyon düşüncesi başarılı bir şekilde geliştirilmiş ve etkileri simüle edilmiştir [10,11].

#### 5.7.4 Yönlendirilmiş Pülverizasyon için Uygun Püskürtme Araçları

Seçici püskürtmede, püskürtme memelerinin niteliğinin özellikle püskürtme dinamiğine büyük bir etkisi vardır. Hidrolik sistemin ölü zaman, zaman gecikmesi, yükselme zamanı ve pik zaman üzerindeki etkisinin en aza indirgenmesi için bu memelerin açma ve kapama sürelerinin mümkün olduğu kadar kısa olması gereklidir. Mekansal çözünürlüğün mümkün olduğu kadar küçük tutulabilmesi için her bir memenin bağımsız çalışması önerilir. Ayrıca memelerin güvenli, uzun ömürlü ve doğru dozu verecek şekilde kalması gerekir. Damlacık spektrumunun dengeli kalması açısından borulardaki basınca etkisinin mümkün olduğunca küçük tutulması gerekir. Damlacık spektrumuna etki etmeden memelerdeki debiyi değiştirebilme yeteneği bir avantaj olacaktır.

Uygulamada, geleneksel pülverizatör memelerinin püskürtme debisi sıvı basıncı ile kontrol edilmektedir. Ancak, damlacık çapı dağılımı akışkan basıncı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Selenoid ve motor valfleri püskürtme çubuğu kısımlarını sabit tutmak için çubuk üzerine monte edilir ve her bir püskürtme memesini ayrı ayrı çalıştırmak için kullanılamaz. Açma ve kapama sırasında, hidrolik ekipmanda basınç dalgalanmalarına neden olurlar ki bu dalgalanmayı kontrol altına almak zordur. Yükselme zamanları fazladır ve motor valfleri için 15 saniyeye kadar artabilir ki bu da hareket dinamiğinin kabul edilemez derecede yavaş olduğunu gösterir. Ayrıca, bu valflerin işletme güvenliği sorgulanabilir. Buradan, seçici ürün korumada selenoid ve motor valflerinden kaçınmanın daha uygun olacağı sonucu çıkarılabilir.

Bu bakımdan, *darbe genişlik modülasyonu (PWM, Pulse Width Modulated)* püskürtme memeleri seçici ilaçlamada yeni olanaklar sunmaktadır. Her bir PWM memede (Şekil 3), çevrim zamanı olarak adlandırılan kısa ve sabit bir zaman diliminde memelerin ayrı ayrı açılıp kapanmasını sağlayan bir elektromanyetik selenoid valf bulunmaktadır. Selenoide bir gerilim uygulandığında, meydana gelen manyetik kuvvet ferromanyetik çekirdeği yukarı çeker ve memeyi açar. Gerilim düştüğünde yay çekirdeği ilk konumuna doğru geri iter ve memeyi kapatır. Açık konum (hizmet çevrimi) ile kapalı konum arasındaki oran, memenin akışkan debisini belirler. Memenin değişken debisi sırasında kanalcıkdaki basınç dengeli kalıyorsa, damlacık spekturumunda önemli bir değişiklik olmadan bu oran 10 katına kadar değiştirilebilir. Elektrikli kanalcıklar ucuz ve kolay monte edilebilir olması yanında, her bir meme diğerlerinden bağımsız olarak kolaylıkla işletilebilir. Ayrıca, Giles ve Ben Salem [12] PWM memelerin çok hızlı hareket dinamiğine sahip olduğunu ve bu nedenle yeni bir debi seçildiğinde geçiş süresinin ihmal edilebilecek kadar kısa olduğunu göstermişlerdir. Halen piyasada mevcut memelerin çevrim zamanı 0.1 s yani çevrim frekansı 10 Hz'dir. Halbuki deneylerle desteklenen teorik çalışmalar [13], özellikle hizmet çevrimi küçük olduğunda 10 Hz çevrim frekansında püskürtme sıvısının şeritler halinde oluştuğunu ispat etmiştir. Bu araştırma çerçevesinde PWM memelerin çevrim frekansı 25 Hz'e kadar sorunsuz olarak arttırılabildiği görülmüştür.



Şekil 3. Bir PWM memenin yapısı.  
(1, Selenoid; 2, içi boş silindir; 3, armatür ve yay; 4, conta; 5, meme ucu).

### 5.7.5 Pülverizatörler için Enformasyon Teknolojisi

En son çıkan modern pülverizatörlerde gelişmiş bilgisayar sistemleri bulunmaktadır. Püskürtme yapılacak alanın sınırları ve alanda bulunan objeler biliniyorsa, bir konumlama sistemi (örneğin GPS) ile rehberlik sistemi pülverizatörü tarlada yönlendirir. Tarlanın dijital haritası mevcutsa doğrudan sisteme yüklenebilir. Yeni veya ortadan kalkmış objeler için güncelleme yapılabilir. Sistem, yapılan işlemin aşamalarını ve muhtemel tehlikeleri ekranda göstererek raporlama yapar. Bu enformasyon sistemleri ile üst üste bindirmelerden kaçınılabılır. Gerçek püskürtme çubuğu uzunluğu 40 m'ye kadar olduğunda bindirmeler büyük olasılıkla gerçekleşmektedir.

Sözü edilen modern bilgisayar sistemleri hidrolik sistemdeki basınç ve debiyi, püskürtme yapılan alan ölçüsünü, alınan yolu vb değerleri de kaydetmektedir. Gelecekte, rehberlik sistemlerinin pülverizasyon işlemine ait bilgiyle birleştirilmesi ile yapılan ilaçlamanın etkisini gösteren dozaj haritaları çıkarılabilecek ve bu bilgi sonradan elde edilecek yabancı ot haritaları ile ilişkilendirilebilecektir. Bu bilgiden yola çıkılarak, yabancı ot gelişim trendleri ortaya konulabilecek ve daha etkin işlem şemaları hazırlanabilecektir. İlaçlama dozaj haritaları tarımsal ürünlerin kalite derecelendirme işlemlerinde de büyük öneme sahiptir.

Günümüzde, tarlanın eğimini izleyen aktif düşey süspansiyon sistemine sahip püskürtme çubukları görülmeye başlanmıştır. Bitki tacının üzerindeki yüksekliği ölçen sensörler yardımıyla elde edilen bilgi de kaydedilebilir. Püskürtme çubuğu üreticilerinin süspansiyon sistemlerini optimize etmesini sağlayacak çok yararlı

bilgiler içeren ve püskürtme çubuğu titreşimlerini ölçen titreşim algılayıcılarından gelen sinyaller bile kayıt altına alınabilir.

### Kaynaklar

1. Göhlich, H. 1985. Deposition and penetration of sprays. *BCPC monogram No 28, Symposium on Application and Biology*, 172-182.
2. Ramon, H., and J. De Baerdemaeker. 1997. Spray boom motions and spray distribution Part 1: Derivation of a mathematical relation. *J. Agricultural Engineering Research* 66: 23-29.
3. Ramon, H., B. Missotten, and J. De Baerdemaeker. 1997. Spray boom motions and spray distribution Part 2: Experimental validation of the mathematical relation and simulation results. *J. Agricultural Engineering Research* 66: 31-39.
4. Langenakens, J., H. Ramon, and J. De Baerdemaeker. 1995. A model for measuring the effect of tire pressure and driving speed on horizontal sprayer boom movements and spray pattern. *Trans. ASAE* 38(1): 65-72.
5. Nation, H. J. 1982. The dynamic behaviour of field sprayer booms. *J. Agricultural Engineering Research* 27: 61-70.
6. Ramon, H., J. Anthonis, E. Vrindts, R. Delen, J. Reumers, D. Moshou, K. Deprez, J. De Baerdemaeker, F. Feyaerts, L. Van Gool, R. De Winne, and R. Van den Bulcke. 2002. Development of a weed activated spraying machine for targeted application of herbicides. *Aspects of Applied Biology* 66: 147-164.
7. Anthonis, J., K. Deprez, M. Lannoije, H. Van Brussel, and H. Ramon. 1999. Mathematical modelling and comparison of several passive vertical spray boom suspensions. *Third International Symposium on Mathematical Modelling and Simulation in Agricultural and Bio-Industries*, Uppsala (Sweden), 35-41.
8. Deprez, K., J. Anthonis, H. Ramon, and H. Van Brussel. 2002a. Development of a slow active suspension for stabilizing the roll of spray booms Part 1: Hybrid Modelling. *Biosystems Engineering* 81(2): 185-191.
9. Deprez, K., J. Anthonis, H. Ramon, and H. Van Brussel. 2002b. Development of a slow active suspension for stabilizing the roll of spray booms Part 2: Grey Box Modelling. *Biosystems Engineering* 81(3): 273-279.
10. Anthonis, J. 2000. Design and development of an active horizontal suspension for agricultural spray booms. PhD thesis. Leuven, Belgium: Katholieke Universiteit Leuven.
11. Anthonis, J., H. Ramon, and J. De Baerdemaeker. 2000. Implementation of an active horizontal suspension on a spray boom. *Trans. ASAE* 43(2): 213-220.
12. Giles, D. K., and E. Ben-Salem. 1992. Spray droplet velocity and energy in intermittent flow from hydraulic nozzles. *J. Agricultural Engineering Research* 51: 101-112.
13. Delen, R., L. Clijmans, J. Anthonis, and H. Ramon. 2004. A non-linear model to approximate the dynamics of a pulse width-modulated spray nozzle. *Mathematics and Computers in Simulation* 65(1-2): 39-48.