



Hidrolik Memelerin İlaç Uygulama Performansını Etkileyen Faktörler

Bahadır SAYINCI* Saim BASTABAN
Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü 25240, Erzurum

*Corresponding Author

e-mail: bsayinci@atauni.edu.tr

Özet

Tarımsal üretimde hastalık ve zararlı etmenlere karşı yaygın olarak kullanılan yöntem kimyasal mücadele yöntemidir. Pestisit kullanımını gerektiren bu yöntemin başarısı, aktif maddenin hedefe ulaşmasına ve yüzeyde tutunmasına bağlıdır. İlaç uygulama performansını arttırmak için tasarım özellikleri farklı ilaçlama üniteleri geliştirilmektedir. Günümüzde, bunlar arasında kullanımı en fazla tercih edilen üniteler, hidrolik memelerin kullanıldığı konvansiyonel pülverizatörlerdir. Ancak uygulamada ilaçlama yüksekliği, işletme basıncı, ilerleme hızı gibi işletme parametreleri uygun olmadığında, ilaçlama performansları azalmaktadır. Bu durum zararlı yönetiminde biyolojik etkinliğin azalmasına, ilaç kayıplarının artmasına ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. İlaç uygulama performansı iç ve dış faktörlerin etkisi altındadır. İç faktörler kontrol edilebilir veya değiştirilebilir özelliğe sahip olup ilaçlama ünitesinin yapısal ve işletme özelliklerini; dış faktörler ise kontrol edilemeyen özellikler olup ilaçlama zamanında hava koşulları ve bitkisel özellikleri kapsamaktadır. Bu faktörler arasındaki etkileşimin önemli olması ilaç uygulama işini daha zor ve karmaşık kıldığından ilaç uygulama tekniğinin geniş bir yelpazede incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, hidrolik memelerde ilaçlama performansına etkili bazı faktörler literatür bilgileri ışığında derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: hidrolik meme, ilaç penetrasyonu, ilaçlama performansı, sürüklenme

Factors Affecting Spray Application Performance of Hydraulic Nozzles

Abstract

In the agricultural production, widely used method against disease and harmful factors is chemical control method. The achievement of chemical control is dependent sufficiently on transportation of pesticide active ingredient to the target and deposition on the target surface. Spray units having different design properties are developed for improving spray application performance. At the present, the most preferred spray units are hydraulic nozzles used on conventional sprayers. But when the operational parameters like spray height, spray pressure, travel speed on spraying are inappropriate, application performances of spray nozzles are decreased. These cases cause to decrease biological activities, increase pesticide losses and environment pollution. Spray application performance is under the influence of internal and external factors. Internal factors have controllable or changeable properties and compromise constructive and operational properties of spray units. External factors are uncontrollable properties and include meteorological conditions and vegetable properties. Spray application is more difficult and complex, because the interactions between these properties are important. Therefore, spray application technique must be investigated extensively. In this study, some factors effecting spray application performance of hydraulic nozzles are compiled in the light of the literature.

Key Words: hydraulic nozzle, spray penetration, spray performance, drift

GİRİŞ

Tarımsal üretimde hastalık ve zararlı etmenlerin kimyasal mücadelesinde yaygın olarak kullanılan ilaçlama ünitelerinin en önemli organı hidrolik memelerdir. Hidrolik basınç enerjisiyle çalışan bu tip memelerin gövde tasarımları standart olduklarından günümüzde kullanılan ilaç uygulama ekipmanlarına uyumludurlar. Ucuz ve kolay bulunabilir olmaları ve bakım masraflarının olmaması nedeniyle kullanım alanları yaygındır. Günümüzde tarla, bağ ve bahçe ilaçlamasında kullanılan hidrolik memeler, plastik tünel ve sera gibi kapalı alanlarda da kullanılmaktadır. İlaçlama performansları ise iç ve dış faktörlerin etkisi altında değişebilmektedir. Uygulamada kontrol edilebilir veya değiştirilebilir unsurlar iç faktörler olup bunlar ilaçlama ünitesinin yapısal özellikleri (meme tipi, hüzmeye açısı, dağılım deseni, orifis ölçüsü, venturi odası, ön orifis odası, malzeme özelliği), işletme parametreleri (püskürtme basıncı, uygulama normu, ilerleme hızı, üniteler arası mesafe, püskürtme yüksekliği, meme konum açısı) ve diğer yardımcı donanımların (fan üniteli ekipmanlarda hava hızı, hava debisi, hava jeti açısı; elektrostatik yüklenme ünitesi, koruma perdeleri) etkilerini kapsamaktadır. Uygulamada kontrol edilemeyen unsurlar dış faktörler olup ortamın meteorolojik özellikleri (sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve yönü) ve bitkisel özellikler (bitki yüksekliği, bitki tacının çapı, yaprak alan indeksi, yaprak yüzey pürüzlülüğü) ilaçlama performansını etkileyebilmektedir. Bu çalışmada hidrolik memelerde ilaçlama performansına etkili bazı faktörler literatür bilgileri ışığında derlenmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

Meme Tipi

Hidrolik memeler püskürtme dağılım desenine göre yelpaze ve konik hüzmeli olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Konvansiyonel tarla pülverizatörlerinde yaygın olarak 110° hüzmeye açılı standart yelpaze hüzmeli memeler kullanılmaktadır [1, 2]. Bu tip memeler, herbisit uygulamaları için elverişli olurken, günümüzde insektisit ve fungusit uygulamalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır [3]. Standart tip hidrolik memelerle yapılan uygulamalarda, ilaç aktif maddesinin çoğu, bitkinin üst bölgesinde tutunmakta, yaprak altlarına ve bitkinin toprağa yakın olan bölgelerine hemen hiç ulaşmamaktadır [1, 3]. Aynı dağılım desenine sahip standart memelerde ilaç penetrasyonunu arttırmak için çift yarıklı tip memeler ve işletme basıncına duyarlı geniş spektrumlu memeler de geliştirilmiştir. Düşük işletme basıncında kaba yapılı damlalar üretilerek sürüklenme düzeyleri azaltılabilmektedir. Standart yelpaze hüzmeli ve standart çift yarıklı tip memelerde önerilen işletme basıncı 200-400 kPa; geniş spektrumlu memelerde ise 100-400 kPa aralığında değişmektedir [7].

Patates gibi yaprak yoğunluğu fazla olan bitkilerde yüzey kaplamayı arttırmak ve ilaç damlalarının bitkinin yüksekliği boyunca daha homojen iletilmesini sağlamak için konik hüzmeli memeler geliştirilmiştir. Ancak konik hüzmeli memelerin pülverizasyon karakteristikleri ince yapılı olmasından dolayı sürüklenmeye duyarlı damlalar üretilmekte [4] ve ilaçlama için optimum hava koşullarına gereksinim duyulmaktadır. Bu tip memeler için önerilen işletme basıncı 100-300 kPa aralığında değişmektedir. Ülkemizde kullanımı yaygın olan içi boş konik hüzmeli memeler, disk şeklinde olup girdap plaketiyle birlikte kullanılmaktadır. Bu tip memeler hem tarla hem de bahçe ilaçlamasında yüzey kaplamayı arttırmak için tasarlanmıştır [7].

Sürüklenmeyi azaltmak ve damlaların penetrasyon etkinliğini arttırmak için yeni nesil hidrolik memeler tasarlanmıştır. Sıvının giriş basıncını azaltmak için standart yelpaze hüzmeli memenin giriş orifisine daire orifisli bir plaka yerleştirilmiştir. Sürüklenme önleyici olarak anılan bu tip memelerin standart tipleri, damlaların hedef dışına taşınmasını azaltmak amacıyla tasarlanmıştır. İşletme basıncı aralığı 200-500 kPa olarak belirtilmiştir. Diğer taraftan yüzey kaplama oranını ve penetrasyon etkinliğini arttırmak ve sürüklenme potansiyelini azaltmak için çift yarıklı tip sürüklenme önleyici memeler de tasarlanmış ve işletme basınçlarının 200-400 kPa aralığında değiştiği belirtilmiştir [7]. Aynı işletme koşullarında sürüklenmenin standart memelere göre %50 daha düşük olduğu bildirilmiştir [6].

Yüzeysel ilaç dağılım düzgünlüğünü arttırmak için standart memelere nazaran daha geniş bir desende püskürtme yapan saptırmalı tip memeler geliştirilmiştir. Ancak 150-500 kPa işletme basıncı aralığında orta ve kaba yapılı damlalar üreten bu tip memelerde dağılım deseni homojenliği basınç değişimlerine duyarlı olduğundan yüksek basınçlarda üniform olmayan bir dağılım sağlamaktadırlar [5].

Yeni nesil olarak anılan bir diğer meme tipi de hava emişli yelpaze hüzmeli memelerdir. Sıvının akış dinamiğini değiştirmek için meme gövdesi daha uzun tasarlanmıştır. Gövde içerisinde bir ön orifis odasıyla birlikte türbülans odası (venturi bölgesi) bulunmakta ve sıvıyla birlikte gövdeye hava girişi sağlanmaktadır. Sıvının giriş basıncı ön orifis odasında azaltılırken, türbülans odasına giren hava, sıvının içerisinde hava balonlarının oluşmasını sağlamaktadır. Böylece kaba veya çok kaba yapılı damlaların üretilmesi sağlanarak sürüklenme azaltılmakta, penetrasyon artmakta ve hava balonlarını taşıyan damlaların yüzey gerilimi azalarak yüzeydeki kaplama oranı artmaktadır. Farklı tiplerde üretilen hava emişli memeler için önerilen işletme basınçları standart olanlarda 200-800 kPa; geniş spektrumlu olanlarda 100-600 kPa; çift yarıklı tiplerde 300-700 kPa; meme başlığıyla bütünlük yapıda olanlarda 200-800 kPa aralığında değişmektedir [7].

Turbo olarak anılan yeni nesil memelerde yüzeysel ilaç dağılım düzgünlüğünü iyileştirmek için oval görünümlü orifisin uç kısımları daha ince ve keskin şekilde tasarlanmıştır. Turbo memeler için tasarlanan geniş açılı, çift yarıklı, ikiz başlıklı olanlar, kaba yapılı damlalar üretmekte ve 100-600 kPa işletme basınçlarında kullanılmaktadır. Sürüklenmenin kontrol edilmesini sağlamak için geliştirilen turbo tip hava emişli memelerde ise çok kaba yapılı damlalar üretilmekte ve işletme basınçları 100-700 kPa aralığında değişmektedir [7].

Meme performansının en önemli göstergesi, hacimsel dağılım düzgünlüğüdür [8]. Prairie Tarım Makinaları Enstitüsü (PAMI, Kanada) tarafından laboratuvar koşullarında durağan konumda paternatörde yapılan ölçümlerde %15 düzeyindeki varyasyon için sıvı dağılımının kabul edilebilir ölçülerde olduğu bildirilmiş [9, 10], %10 düzeyindeki varyasyon için sıvı dağılımı "oldukça homojen" olarak tanımlanmıştır [10, 11]. Ancak tarla koşullarında bum kolundaki titreşim [12], patinaj nedeniyle ilerleme hızındaki varyasyon ve rüzgar nedeniyle oluşan hava türbülansları [12] yüzeysel dağılım düzgünlüğünü bozabilmektedir [13].

Püskürtme Yüksekliği ve Hüzme Açısı

Belirli bir dağılım deseninde orifisi terk eden damla kümesinin hedefe homojen olarak iletilebilmesi için belirli bir yükseklikte bindirme yaparak yüzeyde yeterince örtme sağlaması gerekmektedir. Bunun için gerekli kapatma oranı, püskürtme yüksekliğine bağlı olup meme hüzme açısına göre değişmektedir. Yüzeysel ilaçlamada 50 cm sabit meme aralığında 65°, 80°, 110° ve 120° açılı memelerle ilaçlamanın sırasıyla 75 cm, 60 cm, 40 cm ve 40 cm püskürtme yüksekliklerinden yapılması gerektiği bildirilmiştir [7].

Dar hüzme açılı memeler, daha çok uzun boylu bitkilerde penetrasyonu arttırmak amacıyla kullanılmaktadır [14]. Ancak hüzme açısı daraldıkça püskürtme yüksekliğinin artırılması, ilaç damlalarının hava sıcaklığının etkisiyle buharlaşmasına, rüzgar hızı ve ters hava akımlarıyla türbülansa uğrayarak sürüklenme potansiyelinin ve ilaç kayıplarının artmasına neden olabilmektedir [15].

Hidrolik memelerde çıkış orifisinin tasarımına bağlı olarak değişen hüzme açısı genişledikçe aynı işletme basıncında orifisi terk eden sıvı şeridi incelenerek parçalanma direnci azalmakta ve daha ince yapılı pülverizasyon oluşmaktadır. Bu tip memelerde yükseklik arttıkça ilaç damlalarının hedefe taşınma enerjisi azaldığından buharlaşma ve sürüklenme nedeniyle ilaç kayıpları artabilmektedir. Geniş hüzme açılı memelerde işletme basıncıyla birlikte ilaçlama yüksekliğinin azaltılması gerekmektedir [16].

Kaba yapılı pülverizasyon sağlayan ön orifis odalı memelerde hacimsel dağılım düzgünlüğünün püskürtme yüksekliğiyle (40-70 cm) birlikte iyileştiği bildirilirken [13], düşük basınçlı standart memede optimum yükseklik 38 cm olarak belirlenmiştir [8].

Konum Açısı

Meme konum açısı, ilaç damlalarının daha geniş bir yelpazede dağılmasını sağlayarak belirli bir yükseklikte örtme alanına bağlı kapatma oranını arttırmakta ve statik koşullarda hacimsel dağılım düzgünlüğünü iyileştirmektedir. Hidrolik memelerde konum açısı çoğunlukla 0°-30° arasında değişirken [10] içi dolu konik hüzme memelerde 30°-45° aralığında değiştiği bildirilmiştir [5, 7].

Statik koşullarda meme konum açısının, hacimsel dağılım düzgünlüğünü arttırdığı belirtilmiştir [10]. Ancak meme konum açısının artmasıyla damlanın düşey doğrultudaki kinetik enerjisi azalacağından penetrasyon etkinliğinin azalmasına neden olabilmektedir. Bu konuda değişen çevre faktörlerinin rol oynadığı tarla çalışmalarına yönelik yeterince araştırma bulunmamakta olup sadece yerfıstığı ilaçlamasına yönelik yürütülen bir çalışmada 0°-15° açılarda konumlandırılmış standart memelerin ilaç penetrasyonunu değiştirmedeği bildirilmiştir [17].

Orifis Ölçüsü

İlaçlama üniterinde meme orifis ölçüsü, işletme parametrelerine göre belirlendiğinden farklı orifis büyüklüklerinde memeler üretilmektedir. Bitki gelişme periyoduna bağlı olarak artan bitki boyu, yaprak alanı ve yoğunluğu ilaç penetrasyonunu zorunlu kıldığı gibi yüzey kaplama açısından belirli sınırlarda uygulama normunun artırılması gerekebilmektedir. Ancak aynı ölçülere sahip memelerde işletme parametrelerinin tavsiye edilen sınırların dışında kullanılması ilaçlama etkinliğini azaltmaktadır. Uygulama normunu arttırmak için orifis ölçüsü büyük olan memeleri kullanmak yerine, işletme basıncı artırıldığında debi ile basınç arasındaki ilişkiden dolayı ilaç tutunma düzeyindeki artış doğrusal olarak artmamakta, hatta damla

boyutu küçüldüğünden sürüklenme potansiyelinin artmasına neden olmaktadır. Bunun aksine uygulama normunu azaltmak için orifis ölçüsü büyük olan memelerde, işletme basıncının düşürülmesi de ilaç dağılımındaki varyasyonu arttırmaktadır [18]. Bu nedenle büyük orifis ölçülü memelerde hacimsel dağılım düzgünlüğü, ancak yüksek işletme basınçlarında iyileşmektedir [10, 13, 15].

Tarla şartlarında aynı işletme koşullarında küçük orifisli memelerin hedef yüzeyi daha büyük oranda kapladığı belirlenmiştir [19]. Bir çalışmada yerfıstığı ilaçlaması için standart tip yelpaze hüzme memelerde (Teejet 8001VS, 8003VS, 8005VS) orifis ölçüsünün ilaç penetrasyonuna olan etkileri incelenmiştir. Tüm uygulamalar aynı işletme koşullarında yapılmıştır (276 kPa işletme basıncı ve 6.4 km h-1 traktör ilerleme hızı). Araştırma sonuçlarına göre, 8005VS ölçülü meme ile bitkinin orta ve alt bölgelerinde tutunan ilaç miktarındaki varyasyonun, küçük orifisli memelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dikimden 68 ve 109 gün sonra yapılan uygulamalarda ise 8003VS ve 8005VS ölçülü memelerin penetrasyon etkinliği benzer, 8001VS'den ise daha yüksek olduğu saptanmıştır [17].

Uygulama Normu

Zararlı yönetimi açısından biyolojik etkinliği arttırmak için hidrolik memelerde ilaçlamanın minimum 150 l ha-1 normda yapılması önerilmiştir [9]. Standart memelerin ilaç tutunma etkinliği düşük olduğundan çoğu zaman uygulama normu arttırılmaktadır [20]. Ancak ilaç aktif maddesinin gereğinden çok yüksek hacimde sıvıyla uygulanması, maddenin hedefte tutunamayıp damlalar halinde toprak yüzeyine akmasına neden olabilmekte [17, 21, 22, 23] ve ilaçlama için pratik ve ekonomik bir kullanım [9] olmamaktadır. Teorikte yüksek hacimli uygulamalar hedef yüzeyde ilaç tutunmasını artırdığını düşündürse de yüksek hacimlerde hedef yüzeyde tutunan madde miktarının daha az olduğu [21, 24, 25], ilaç dağılımındaki varyasyonun [17, 26] ve ilaç kayıplarının arttığı [23] bildirilmiştir.

Biyolojik etkinlik yönüyle değerlendirildiğinde sanılanın aksine düşük uygulama normlarında ilaçlama etkinliğinin arttığı bildirilmiştir. Nitekim pamuk bitkisinde tütün yeşil kurdu (*Heliothis virescens* Fabricius [Lepidoptera: Noctuidae]) larvalarının mücadelesinde TX4, TX6, D2(23), D4(25), 8001 ölçülü hidrolik memeler kullanılmış ve farklı uygulama normlarının (56, 112 ve 168 l ha-1) popülasyon yoğunluğuna olan etkileri incelenmiştir. İlaç uygulamalarında aktif maddesi "lambda cyhalothrin" olan insektisit kullanılmış ve istenen uygulama normunu sağlamak için 1.9-7.4 km h-1 ilerleme hızı ve 117-372 kPa işletme basıncı aralığında çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, düşük uygulama normlarında ilaç tutunma düzeyinin arttığı, özellikle 56 l ha-1 uygulama normunda zararlı popülasyonunun önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır [25].

Standart tip hidrolik memelerde sürüklenmeyi azaltmak için büyük orifis ölçülü memeleri kullanmak uygun bir strateji olarak değerlendirilmesine karşın, kaba yapılı pülverizasyon sağlayan ön orifis odalı memelerde ilaç dağılımındaki varyasyondan dolayı bu strateji kabul görmemektedir [4].

İşletme Basıncı

İşletme basıncı arttığında orifisi terk eden sıvı şeridinin kalınlığı incelenerek daha küçük çaplı damlalar üretilmekte ve daha homojen bir dağılım deseni oluşmaktadır [10, 12, 13]. Düşük basınçlarda ise oluşan büyük çaplı damlalar yüzey

kaplama yönünden elverişli olmamaktadır. Tarla koşullarında püskürtme basıncının meme için önerilen aralıklarda ayarlanması, sürüklenme nedeniyle oluşan ilaç kayıplarının azaltılması açısından önemlidir.

İşletme basıncının hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkisini araştırmak amacıyla yürütülen bir araştırmaya göre, XR8004 ölçülü yelpaze hüzmeli memede püskürtme basıncıyla birlikte hacimsel dağılımdaki varyasyonun arttığı saptanmış ve 104, 207, 311 ve 380 kPa işletme basınçlarında en uygun püskürtme yükseklikleri sırasıyla 48, 38, 38 ve 36 cm olarak belirlenmiştir [11].

6505, 8001 ve 8003 ölçülü standart yelpaze hüzmeli memelerde hacimsel dağılım düzgünlüğü işletme basıncıyla birlikte artmış, %CV sadece düşük basınçlarda (207 kPa<) %10'un üzerinde bulunmuştur [10].

Farklı orifis ölçülerinde 276, 414 ve 552 kPa işletme basınçlarında denemeye alınan hava emişli memelerde de (UPLD, ultra+low drift) hacimsel dağılım düzgünlüğünün basınç artışıyla birlikte iyileştiği belirlenmiştir [13].

TJ60-8004 ölçülü çift yarıkli memede ise hacimsel dağılım düzgünlüğü 139, 209, 313 ve 382 kPa basınçlarda sırasıyla %11.5, %12.9, %10.0 ve %9.6 olarak bulunmuştur [12].

XR11004 ölçülü memede ise 138, 276 ve 414 kPa işletme basınçları arasında hacimsel dağılım düzgünlüğünün istatistiksel olarak önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır [8].

İlerleme Hızı

Farklı nominal ölçülere sahip sürüklenme önleyici memelerle (UPLD 1.5-6) yapılan yüzeysel ilaçlamada, sabit uygulama normu (93.5 l ha-1) koşullarında ilerleme hızı (6.4, 13.0, 19.0 ve 26.0 km h-1) arttığında hedef yüzeyde kaplama oranı, damla yoğunluğu ve damla taşınım etkinliğinin de arttığı sonucuna varılmıştır. Düşük ilerleme hızında (6.4 km h-1) ise yüzey kaplama oranı %14 ile yeterli bulunmamıştır [13].

Yardımcı Hava Akımlı Pülverizatörler

Yaprak ilaçlamasında penetrasyonu arttırmak sürüklenmeyi azaltmak, hedef yüzeyde daha homojen örtme sağlamak için yardımcı hava akımlı üniteler kullanılmaktadır [27, 28], özellikle yaprak altlarında beslenen zararlıları mücadelelerinde etkili olabilmektedirler [20, 29, 30, 31]. Yardımcı hava akımlı püskürtme ünitelerinin optimum koşullarda sürüklenmeyi %50-90 arasında azalttığı bildirilmiştir [32]. Yardımcı hava akımlı üniteleri uygulama etkinliklerini belirlemeye yönelik yürütülen bazı araştırmalarda hava kanalı çıkış orifisinde ölçülen hava hızları Çizelge 1'de verilmiştir.

Yardımcı hava akımlı tarla pülverizatörlerinde burun kolunun bir metre uzunluğu için yoğunlukla 0.3-0.4 m³ s⁻¹ debide hava üretilmektedir [32, 33]. Ancak bazı araştırmalarda hava miktarı yetersiz bulunmuş ve optimum hava debisinin 0.9 m³ s⁻¹ ve hava hızının 25 m s⁻¹'den daha fazla olması gerektiği belirtilmiştir [28, 34]. Yardımcı hava akımlı ünitelerde ilaç penetrasyonu için havanın yörengesi, memeyi terk eden damlalara doğru yönlendirilmektedir [35]. Hidrolik memelerde en uygun hava jeti açısı 20°-25° olarak belirlenmiştir [28, 34].

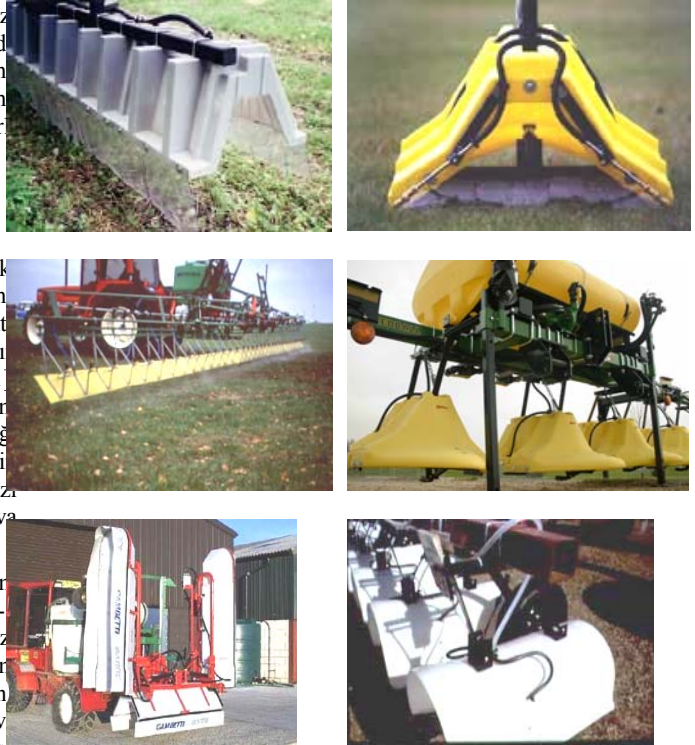
Çizelge 1. İlaçlama ünitelerinde hava kanalı çıkış orifisinde ölçülen hava hızları

Püskürtme memesi	Hava hızı (m s ⁻¹)	Literatür
Hidrolik meme	4	[36]
Hidrolik meme	35	[37]
Hidrolik meme	37	[38]
Hidrolik meme	16	[39]
E.statik hava akımlı üniteler	11*	[40]
Hidrolik meme	15	[41]
Hidrolik meme	30	[42]
Hidrolik meme	>25	[28]
Yaprak altı ilaçlaması	35*	[28]
Hidrolik meme	31	[22, 32]
Döner diskli meme	25*	[31]

*: Önerilen optimum hava hızlarıdır.

Koruma Perdeleri

Hidrolik memelerde sürüklenme nedeniyle oluşan ilaç kayıplarını azaltmak için koruma perdeleri kullanılmaktadır (Şekil 1). Araştırmalarda çok çeşitli koruma perdeleri tasarlanmış ve sürüklenme potansiyelini azaltmadaki etkinliklerinin farklı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Hidrolik memelerde sürüklenmeyi azaltmak için kullanılan bazı koruma perdeleri

Rüzgar hızının ilaç kayıp oranına etkisini incelemek üzere yürütülen bir araştırmada konik ($\emptyset 1$ mm, 800 kPa, 0.55 l min⁻¹, DV0.5=155 μ m) ve yelpaze hüzmeli memeler (11001, 400 kPa, 0.48 l min⁻¹, DV0.5=136 μ m) kullanılmış, sabit ilerleme hızında (4.9 km h⁻¹) ve rüzgar hızının 4 km h⁻¹ olması durumunda ilaç kayıp oranları sırasıyla %51 ve %58 olarak bulunmuştur. İlaç kayıp oranları, mekanik koruma perdesiyle sırasıyla %16 ve %15; pnömatik koruma perdesiyle sırasıyla %43 ve %50 olarak belirlenmiştir. Hacimsel dağılım düzgünlüğü ise en yüksek rüzgar hızında (4 km h⁻¹) konik ve yelpaze hüzmeli memelerde sırasıyla %74 ve %78 olarak ölçülmüştür. Bu oranlar mekanik koruma perdesiyle sırasıyla %37 ve %30'a; pnömatik koruma perdesiyle sırasıyla %63 ve %68'e düşürülmüştür [43].

Tasarım özellikleri farklı dokuz adet koruma perdesinin sürüklenmeyi azaltmadaki etkisini ortaya koymak amacıyla 110° hüzmeye açılı standart (Albus APE) ve düşük sürüklenme önleyici (Albus ADE) hidrolik memelerle rüzgar tüneline yürütülen bir araştırmada, 150 kPa ve 300 kPa (0.61-1.17 l min⁻¹) işletme basınçlarında uygulamalar yapılmış ve paternatörde rüzgar hızının (2.75-4.80 m s⁻¹) hacimsel yer değiştirmeye etkileri incelenmiştir. Hacimsel ortanca çaplar 150 kPa işletme basıncında standart ve düşük sürüklenme önleyici memelerde sırasıyla 84-103 μ m ve 95-133 μ m; 300 kPa işletme basıncında sırasıyla 68-85 μ m ve 78-110 μ m olarak ölçülmüştür. Performansı en düşük koruma perdesinde, sürüklenmenin %13 düzeyinde azaldığı belirlenmiştir. Perdesiz kullanım ile karşılaştırıldığında aynı tip memede sürüklenmenin çift plakalı düzende %59 düzeyinde azaldığı saptanmıştır. Orifis ölçüsü büyük ve yüksek debili memelerde koruma perdeleri daha etkili bulunmuştur. Standart meme (0.61 l min⁻¹) ile karşılaştırıldığında düşük sürüklenme önleyici memelerde hacimsel yer değiştirme oranı %20-%67 arasında azalmıştır. Aynı koşullarda sürüklenmeyi azaltma yönüyle perdesiz kullanılan yüksek debili düşük sürüklenme önleyici memelerin standart memelere göre avantaj sağlamadığı sonucuna varılmıştır [44].

İlaçlamada sürüklenmeyi azaltmak için birbirine simetrik çift katmanlı, birbirine simetrik üç katmanlı ve düz çift katmanlı tasarlanan farklı metal plakalı koruyucu perdelerin performanslarını belirlemek üzere rüzgar tüneline yürütülen bir araştırmada da 8001 (276 kPa, 0.46 l min⁻¹) ve 8003 (276 kPa, 1.36 l min⁻¹) orifis ölçülerine sahip iki tip yelpaze hüzmeli standart hidrolik meme kullanılmış ve her biri 138 kPa, 276 kPa ve 414 kPa işletme basınçlarında denemeye alınmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, sürüklenme potansiyelinin azalmasında üç katmanlı koruma perdesinin daha etkin olduğu bildirilmiştir. Sürüklenmeyi azaltma oranı simetrik üçlü koruma perdeli, simetrik ikili koruma perdeli ve tek yönlü ikili koruma perdeli uygulamalarda sırasıyla %61, %55 ve %48 düzeyinde bulunmuştur. Tüm uygulamalarda işletme basıncındaki artışın sürüklenmeyi azalttığı belirlenmiştir. Rüzgarlı şartlarda koruma perdeleri kullanılmadığı zaman büyük orifisli memelerin (8003) sürüklenme düzeyi (%15), küçük (8001) olanlara göre (%50) daha düşük olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra koruma perdeleri kullanıldığında sürüklenme açısından orifis ölçüsü küçük olan memelerin daha avantajlı olduğu bildirilmiştir [35].

Meme Malzemesi ve Üretim Hataları

Hidrolik memeler çoğunlukla pirinç, polimer, paslanmaz çelik, sertleştirilmiş paslanmaz çelik ve seramik

malzemelerden üretilmektedir. Seramik memeler diğerlerine göre pahalı olmalarına karşın aşınma dayanımları yüksektir. Aynı çalışma koşullarında polimer, paslanmaz çelik, sertleştirilmiş paslanmaz çelik ve seramik malzemeye üretilen memelerin aşınma dayanımlarının pirinç malzemeye göre sırasıyla 2, 4, 8 ve 20 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir [48]. Aşınma sonucu orifis şekli ve ölçüsü bozulan memenin debisi artarak hacimsel dağılım düzgünlüğünün azalmasına neden olmaktadır. Varyasyon katsayısı (CV) %15'i aştığı [9, 10] durumda memelerin yenileriyle değiştirilmesi gerekmektedir.

Metal olmayan memelerde hacimsel dağılım düzgünlüğüne ait varyasyon katsayısının daha düşük olduğu bildirilmektedir. Geniş spektruma sahip XR11004 nominal ölçülü yelpaze hüzmeli memede varyasyon katsayısı küçükten büyüğe doğru sırasıyla %9.6 (seramik), %10 (polimer), %11.6 (sertleştirilmiş paslanmaz çelik), %11.9 (paslanmaz çelik) ve %11.9 (pirinç) olarak bulunmuştur [8].

Hacimsel dağılım düzgünlüğüne etki eden diğer önemli faktör, üretim hatalarıdır. Bir araştırmada Türkiye'de kullanılan konik hüzmeli meme plakalarında delik çaplarının üretici firmaların bildirdiğinden farklı olduğu belirlenmiştir. Varyasyon katsayısının meme plakası delik çapları için %0.99-%5.29 aralığında; meme debileri için (plaka grupları ve basınca bağlı olarak) %1.1-%3.8 aralığında; hacimsel dağılım düzgünlüğü için %26-%45 aralığında değiştiği saptanmıştır [49].

Meteorolojik Faktörler

İlaçlama performansına etkili en önemli meteorolojik faktörler rüzgar hızı ve doğrultusu, hava sıcaklığı, bağıl nem, atmosferik kararlılık ve ters hava akımlarıdır [45]. İlaç damlalarının hedefe ulaşmasında etkili olan bu faktörler meme tipi ve işletme parametrelerine bağlı olarak damla spektrumunda yer alan küçük çaplı damlaların hedef dışına sürüklenmesine veya buharlaşma nedeniyle atmosfere karışmasına neden olmaktadır. Bu faktörler arasında ilaç sürüklenmesine neden olan en önemli etmen rüzgar hızıdır [15]. Bu nedenle ilaçlama için rüzgar hızı maksimum 10 km h⁻¹ olarak bildirilmiştir [32]. Optimum rüzgar hızı koşullarında hava sıcaklığının düşük, bağıl nemin yüksek olduğu sabah ilaçlamasında tutunmanın arttığı [21, 46], gece ilaçlamasında ise hedef yüzeyde çiy nedeniyle oluşan nemin yüzey akış nedeniyle ilaç damlalarının tutunma etkinliğini azalttığı bildirilmiştir [21].

Rüzgar hızının 5.6 km h⁻¹ olduğu ortamda 255 kPa işletme basıncında 8002 ölçülü yelpaze hüzmeli standart memenin sürüklenme düzeyi %19 bulunmuştur [9].

Hava akımlı ve konvansiyonel uygulamalarda sabit 7.8 km h⁻¹ ilerleme hızında ve sabit 100 l ha⁻¹ uygulama normu koşullarında sırasıyla 80-2R (195 kPa, DV0.5=185 μ m) ve D2-23 (785 kPa, DV0.5=165 μ m) ölçülü memeler kullanılmış ve 1-5 m s⁻¹ (3.6-18.0 km h⁻¹) aralığında değişen rüzgarlı şartlarda yardımcı hava akımlı uygulamaların sürüklenmeyi önemli düzeyde azalttığı belirlenmiştir. Araştırmada hava hızının püskürtme yüksekliğinde 2.7 m s⁻¹ (9.7 km h⁻¹) olması durumunda ilaçlamanın yapılmaması gerektiği belirtilmiştir. Sürüklenme oranı konvansiyonel uygulamalarda %5.5, yardımcı hava akımlı uygulamalarda ise %0.6 olarak bulunmuştur [32].

Bitkisel Özellikler

İlaçlamada yaprak yüzey pürüzlülüğü damlanın tutunma direncinde önemli bir etkiye sahiptir. Damla boyutundaki her 100 μ m'lik artışın yüzeyi pürüzsüz, uzun tüylü, kısa tüylü ve kalın-mumsu özellikteki yapraklarda tutunmayı

sırasıyla %16, %10, %8 ve %6 düzeyinde azalttığı belirlenmiştir [47].

İlaçlamada hedef alınan bitkinin boyu ile yaprak alan indeksine bağlı bitkisel özellikler damlaların penetrasyonunu etkilemektedir. Gerek yabancı ot, gerekse zararlı ve hastalık mücadelesinde ilaç aktif maddesinin hem yüzeysel hem de bitkinin yüksekliği boyunca homojen bir şekilde taşınması gerekmektedir. Ancak bitkinin gelişme periyoduna bağlı olarak artan yaprak sayısı, yaprak alanı ve bitki boyu, ilaç damlalarının bitkinin toprağa yakın olan bölgelerine ulaşmasını engellemektedir. İlaç damlalarının penetrasyon etkinliğini artırarak ilaç aktif maddesinin bitkinin alt bölgelerine ulaşmasını sağlamak için kaba yapılı damlalar üreten hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelerin uygun olduğu belirtilmektedir [3].

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmış ve çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

- Son yıllarda ilaç uygulama etkinliğini arttırmak ve sürüklenmeyi azaltmak için kaba yapılı damlalar üreten memeler kullanılmaya başlanmıştır.
- Uzun boylu bitkilerde ilaç penetrasyonunu arttırmak için dar hüzmeye açılı hidrolik memeler önerilmektedir.
- Hacimsel dağılım düzgünlüğü için hüzmeye açısı küçüldükçe püskürtme yüksekliği artırılmalıdır. Ancak sürüklenme potansiyeli arttığından kaba yapılı damlalar üreten ön orifis odalı memeler tercih edilebilir.
- Meme konum açısı, hacimsel dağılım düzgünlüğünü iyileştirmektedir. Ancak damla hızı azaldığından konum açısının uygunluğu meme tipi ve işletme parametrelerine göre belirlenmelidir.
- Büyük orifis ölçülü memelerde düşük işletme basıncı veya küçük ölçülü memelerde yüksek işletme basıncı, yüzeysel ilaç dağılım düzgünlüğünü azaltmaktadır.
- Hidrolik memelerde yardımcı hava akımı için önerilen optimum hava debisi, bu kolunun bir metre uzunluğu için 0.9 m³ s⁻¹ ve hava hızı 30-35 m s⁻¹ arasındadır.
- İlaç aktif maddesinin gereğinden çok yüksek hacimde sıvıyla uygulanması, maddenin hedefte tutunamayıp kaybına neden olmaktadır.
- İşletme basıncının meme için önerilen sınırlarda kullanılması, ilaç kayıpları ve dağılımdaki varyasyonun azalması açısından önemlidir.
- Optimum rüzgar hızı koşullarında ilaçlamanın yüksek ilerleme hızlarında yapılması, yüzeysel ilaç dağılım düzgünlüğünü iyileştirmektedir.
- Standart hidrolik memelerde sürüklenmeyi azaltmak için bu kolunda koruma perdeleri kullanılabilir.
- İlaçlamanın, düşük sıcaklık ve yüksek nem koşullarında ve rüzgar hızının düşük olduğu sabah vakitlerinde yapılması, ilacın hedefe ulaşma ve yüzeyde tutunma etkinliğini arttırmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Zeren Y, Bayat A, 1986. Elektrostatik yüklemde bitki üzerinde ilaç tutunma etkinliğinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 280-294, 5-7 Mayıs 1986, Adana.
- [2] Aksoy H, Bayat A, 1996. Micromax tip döner diskli memeye ait işletme karakteristikleri ve ilaç uygulama etkinliğinin saptanması. 6. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi Bildiri Kitabı, 400-407, 2-6 Eylül 1996, Ankara.
- [3] Zhu H, Dorner JW, Rowland DL, Derksen RC, Ozkan HE, 2004. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. Biosystems Engineering, 87(3): 275-273.
- [4] Wolf RE, 2005. Comparing downwind spray droplet deposits of four flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and analyzed using DropletScan™ software. Applied Engineering in Agriculture, 21(2): 173-177.
- [5] Srivastava AK, Goering CE, Rohrbach RG, 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE Textbook Number 6, p601, ISBN 0-929355-33-4.
- [6] Hofman V, Wilson J, 2003. Choosing Drift Reducing Nozzles. www.agbiopubs.sdstate.edu/articles/FS919.pdf (08.11.2006)
- [7] Teejet 2006. www.teejet.com (06.11.2006).
- [8] Wang L, Zhang N, Slocumbe JW, Thierstein GE, Kuhlman DK, 1995. Experimental analysis of spray distribution pattern uniformity for agricultural nozzles. Applied Engineering in Agriculture, 11(1): 51-55.
- [9] Bode LE, Butler BJ, Pearson SL, Bouse LF, 1983. Characteristics of the micromax rotary atomizer. Transactions of the ASAE, 24(4): 999-1004.
- [10] Azimi AH, Carpenter TG, Reichard DL, 1985. Nozzle spray distribution for pesticide application. Transactions of the ASAE, 28(5): 1410-1414.
- [11] Krishnan P, Williams TH, Kemble LJ, 1988. Technical Note: Spray pattern displacement measurement technique for agricultural nozzles using spray table. Transactions of the ASAE, 31(2): 386-389.
- [12] Krishnan P, Gal I, Kemble LJ, Gottfried SL, 1993. Effect of sprayer bounce and wind condition on spray pattern displacement of TJ60-8004 fan nozzles. Transactions of the ASAE, 36(4): 997-1000.
- [13] Womac A, Etheridge R, Seibert A, Hogan D, Ray S, 2001. Sprayer speed and venture-nozzle effects on broadcast application uniformity. Transactions of the ASAE, 44(6): 1437-1444.
- [14] Matthews GA, Thornhill EW, 1994. Pesticide application equipment for use in agriculture. Vol. I. Manually carried equipment. FAO Agricultural Services Bulletin, 112/1, ISSN: 1010-1365, 163p, Rome-Italy.
- [15] Dursun E, Çilingir İ, Erman A, 2000. Tarımsal savaşım ve mekanizasyonunda yeni yaklaşımlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2000, www.zmo.org.tr/etkinlikler (03.06.2005).
- [16] Sumner 1997. Reducing Spray Drift. Cooperative Extension Service, The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences Athens.
- [17] Zhu H, Rowland DL, Dorner JW, Derksen RC, Sorensen, R. B., 2002. Influence of plant structure, orifice size, and nozzle inclination on spray penetration into peanut canopy. Transactions of the

- ASAE, 45(5): 1295-1301.
- [18] Salyani M, 1999. Spray volume rate errors in intermittent operation of hydraulic nozzles. *Applied Engineering in Agriculture*, 15(1): 31-34.
- [19] Al-Sarar A, Hall FR, Downer RA, 2006. Impact of spray application methodology on the development of resistance to cypermethrin and spinosad by fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). *Pest Management Science*, 62: 1023-1031.
- [20] Coates W, Palumbo J, 1997. Deposition, off-target movement, and efficacy of Capture™ and Thiodan™ applied to cantaloupes using five sprayers. *Applied Engineering in Agriculture*, 13(2): 181-188.
- [21] Hoffmann WC, Salyani M, 1996. Spray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. *Transactions of the ASAE*, 39(1): 17-32.
- [22] Piché M, Panneton B, Thériault R, 2000a. Field evaluation of air-assisted boom spraying on broccoli and potato. *Transactions of the ASAE*, 43(4): 793-799.
- [23] Bayat, A, Bozdoğan, NY, Soysal, A, Öztürk, G, 2006. Hava akımlı bahçe pülverizatörleriyle gelişmiş turuncgil ağaçlarına yüksek hacimli ilaç uygulamaları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(3): 181-188.
- [24] Whitney JD, Salyani M, Churchill DB, Knapp JL, Whiteside JO, Linell RC, 1989. A field investigation to examine the effects of spray type, ground speed, and volume rate on spray deposition in Florida citrus. *Journal of Agricultural Research Engineering*, 42(4): 275-283.
- [25] Reed JT, Smith DB, 2001. Droplet size and spray volume effects on insecticide deposit and mortality of Heliothine (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 94(3): 640-647.
- [26] Salyani M, Whitney JD, 1988. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. *Transactions of the ASAE*, 31(2): 390-395.
- [27] Watson DB, Wolf RL, Kapusta G, 1984. Development of improved row crop spraying. *Transactions of the ASAE*, 28(5): 1445-1448.
- [28] Panneton B, Phillion H, Thériault R, Khelifi M, 2000b. Spray chamber evaluation of air-assisted spraying on potato plants. *Transactions of the ASAE*, 43(3): 529-534.
- [29] Coates W, 1996. Spraying technologies for cotton: Deposition and Efficacy. *Applied Engineering in Agriculture*, 12(3): 287-296.
- [30] Holownicki R, Doruchowski G, Godyn A, Swiechowski W, 2000. Variation of spray deposit and loss with air-jet directions applied in orchards. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77(2): 129-136.
- [31] Bayat A, Bozdogan NY, 2005. An air-assisted spinning disc nozzle and its performance on spray deposition and reduction of drift potential. *Crop Protection*, 24: 651-960.
- [32] Piché M, Panneton B, Thériault R, 2000b. Reduced drift from air-assisted spraying. *Canadian Agricultural Engineering*, 43(3): 117-122.
- [33] Panneton B, Piché, M, 2005. Interaction between application volume, airflow, and spray quality in air-assisted spraying. *Transactions of the ASAE*, 48(1): 37-44.
- [34] Panneton B, Phillion H, Thériault R, Khelifi M, 2000a. Spray chamber evaluation of air-assisted spraying on broccoli. *Crop Science*, 40(2): 444-448.
- [35] Sidahmed MM, Awadalla HH, Haidar MA, 2004. Symmetrical multi-foil shields for reducing spray drift. *Biosystems Engineering*, 88(3): 305-312.
- [36] Zeren Y, Moser E, 1987. Sulandırılmış ilacın pamuğa iletilmesinde elektrostatik yüklenme ve düşey hava akımının ilaç tutulmasına etkisi. 3. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu, 510-535, 26-29 Ekim 1987, İzmir.
- [37] Mercan S, Bayat A, Zeren Y, 1988. Tarla pülverizatörlerinde damlaların hava akımı ile taşınmasında biyolojik etkinliğin saptanması. *Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi*, 247-258, 10-12 Ekim 1988, Erzurum.
- [38] Manor GA, Hofner RO, Phishler G, Epstein Y, Nakash T, Jacobi M, 1989. Air stream facilitated application of cotton foliage treatments. *Transactions of the ASAE*, 32(1): 37-40.
- [39] Womac AR, Mulrooney JE, Scott WP, 1992. Characteristics of air-assisted and drop-nozzle sprays in cotton. *Transactions of the ASAE*, 35(5): 1369-1376.
- [40] Almekinders H, Ozkan HE, Reichard DL, Carpenter TG, Brazee RD, 1993. Deposition efficiency of air-assisted, charged sprays in a wind tunnel. *Transactions of the ASAE*, 36(2): 321-325.
- [41] Bayat A, Zeren Y, 1994. Pamuk ilaçlamada farklı ilaç uygulama yöntemlerinin ilaç tutunması ve ilaç kayıpları açısından değerlendirilmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, 209-220, 20-22 Eylül 1994, Antalya.
- [42] Dursun E, 1996. Farklı ilaç uygulama yöntemlerinin damla sıklığına etkilerinin belirlenmesi. 6. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 380-389, 2-6 Eylül 1996, Ankara.
- [43] Dursun E, Çilingir İ, Güner M, 1994. Tarla pülverizatörlerinde koruyucu perdeli bum sisteminin ilaç kayıpları ve ilaç dağılım düzgünlüğüne etkilerinin belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, 241-248, 20-22 Eylül 1994, Antalya.
- [44] Ozkan HE, Miralles A, Sinfort C, Zhu H, Fox RD, 1997. Shields to reduce spray drift. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67: 311-322.
- [45] Dursun E, 1998. Tarımsal ilaç uygulamalarında sürüklenmeyle meydana gelen ilaç kayıpları ve sürüklenmeye etkili faktörler. *Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi*, Tekirdağ.
- [46] Kirk LW, Bouse LF, Carlton JB, Franz E, Stermer RA, 1992. Aerial spray deposition in cotton. *Transactions of the ASAE*, 35(5): 1393-1399.
- [47] Smith DB, Askew SD, Morris WH, Shaw DR, Boyette M, 2000. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. *Transactions of the ASAE*, 43(2): 255-259.
- [48] Beard R, 1999. *Spray Nozzle Operating Life*. Utah State University Extension, Electronic Publishing, February 1999, AG/Pesticides/17.
- [49] Dursun E, Karahan Y, Çilingir İ, 2000. Türkiye'de üretilen konik hüzmeli bazı meme plakalarında delik çapı ve düzgünlüğünün belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(3): 135-140.