

**T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ**

**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
KESİN RAPORU**

**DOMATES İLAÇLAMASINDA YARDIMCI
HAVA AKIMLI UYGULAMA TEKNİĞİ
ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Ergin DURSUN

Proje Numarası : 2000-25-00-002

Başlama Tarihi : 03. 02. 2000

Bitiş Tarihi : 03. 08. 2003

Rapor Tarihi : 20. 05. 2003

**Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Ankara – 2003**

1. PROJENİN ADI ve ÖZETİ

DOMATES İLAÇLAMASINDA YARDIMCI HAVA AKIMLI UYGULAMA TEKNİĞİ ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Özet

Bu çalışma, domateste yardımcı hava akımlı ilaç uygulamalarının yaprak üst ve alt yüzeylerinde tutunan ilaç kalıntı miktarına, damla sıklığına, bitki kanopisi içerisine ilaç penetrasyonuna ve ilaç sürüklenmesine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla yardımcı hava akımlı bir deneme pülverizatörü imal edilmiştir. Pülverizatör üzerinde püskürtme çubuğu boyunca uzanan ve hava ile şişirilebilen bir hava çantası bulunmaktadır. Santrifüj bir fan tarafından oluşturulan hava akımı, hava çantasının altında bulunan 40 mm çaplı ve eksenleri arasında 80 mm bulunan bir seri delikten dikey olarak aşağı doğru basılmaktadır. Fan hidrolik motorla çalıştırılmaktadır. Farklı hava hızları elde etmek için fan devri ayarlanabilmektedir. Denemelerde 21, 30 ve 37 m/s' lik hava hızları kullanılmıştır. Denemeler, üç farklı meme konumu-hava akımı doğrultusu kombinasyonunda yapılmıştır. Bunlar; ilerleme doğrultusuna göre geriye doğru 30⁰ eğimli meme-dikey hava akımı (YHA1), dikey meme-dikey hava akımı (YHA2) ve dikey meme-ileriye doğru 30⁰ eğimle yönlendirilmiş hava akımı (YHA3) kombinasyonlarıdır. Yardımcı hava akımlı uygulama etkinliğine ilaç uygulama normu ve damla çapının etkisini belirlemek için iki farklı uygulama normu (18 ve 24.4 L/ha) ve iki farklı damla çapıyla (VMD=132 ve 164 µm) denemeler yapılmıştır. Kalıntı analizleri fluorometrik yöntemle belirlenmiş ve iz maddesi olarak sodium fluorescein kullanılmıştır.

Araştırma sonuçları, yardımcı hava akımının yaprak üst ve alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarını artırdığını, damla sıklığını artırdığını, ilaç penetrasyonunu iyileştirdiğini ve ilaç sürüklenmesini azalttığını göstermiştir. Yaprak üst ve alt yüzeylerinde en yüksek ilaç kalıntıları 37 m/s' lik hava hızında elde edilmiştir. Klasik uygulamayla karşılaştırıldığında, 21, 30 ve 37 m/s' lik hava hızlarıyla yapılan yardımcı hava akımlı uygulamalar bütün bitki seviyelerindeki ortalama kalıntı miktarını sırasıyla 30.96, % 40.65 ve % 43.87 oranlarında artırmıştır. YHA3 uygulamasıyla bitkiler üzerinde sağlanan ortalama ilaç kalıntıları, YHA1 ve

YHA2 uygulamalarına göre daha yüksek olmuştur. Klasik uygulama ile karşılaştırıldığında, YHA1, YHA2 ve YHA3 uygulamaları bitkilerde toplanan ortalama kalıntıları sırasıyla % 43.9, % 54.2 ve % 61.3 oranlarında artırmıştır. Düşük norm ve küçük damla çaplı uygulamada yardımcı hava akımının etkinliği, yüksek norm ve büyük damla çaplı uygulamaya göre daha yüksek bulunmuştur. Yardımcı hava akımı, hava hızı ve rüzgar hızına bağlı olarak ilaç sürüklenmesini % 21.3-43.5 arasında azaltmıştır.

Anahtar Kelimeler: Domates ilaçlaması, yardımcı hava akımı, ilaç kalıntı miktarı, ilaç penetrasyonu, damla sıklığı, ilaç sürüklenmesi

DETERMINATION OF AIR-ASSISTED SPRAY APPLICATION EFFICIENCY IN TOMATO SPRAYING

Abstract

This study was conducted to determine the effects of air-assisted spray application on spray deposition on both the upper and lower leaf surfaces, droplet density, spray penetration into plant canopy, and spray drift in tomato. An air-assisted experimental sprayer was built for this study. This sprayer has an inflatable air bag along the boom. Air-assisted produced by a centrifugal fan is forced vertically down through a series of circular holes, 40 mm in diameter and 80 mm apart at the bottom of the inflated air bag. Fan was driven by a hydraulic motor. Fan rotation speed can be adjusted to obtain different air velocities. Air velocities of 21, 30, and 37 m/s were used in tests. Tests were done at three different combinations of nozzle position-air assistance direction. These combinations are nozzle angled 30⁰ backward-vertically directed air assistance (YHA1), vertical nozzle-vertically directed air assistance (YHA2), and vertical nozzle-air assistance directed 30⁰ forwards, relative to the direction of travel. To determine the effects of spray application rate and droplet diameter on efficiency of air assisted application, tests were done with two different spray application rate (18 ve 24.4 L/ha) and two different droplet diameter (VMD = 132 and 164 μ m). Analysis of deposits were determined by using fluorometric method and sodium fluorescein were used as tracer.

Research results showed that air assistance increased deposits on both the upper and lower leaf surfaces, increased droplet density, improved spray penetration, and reduced spray drift. The highest spray deposits on the upper and lower leaf surface were obtained with air velocity of 37 m/s. Mean spray deposits over all plant locations increased 30.96, 40.65, and 43.87 % for air-assisted application with air velocities of 21, 30, and 37 m/s, respectively, compared to spray application without air assistance. Mean spray deposits on the plants with YHA3 application were higher than YHA1 ve YHA2 applications. Compared with conventional application, YHA1, YHA2, and YHA3 applications increased mean spray deposits on the plants by 43.9, 54.2, and 61.3 %, respectively. The efficiency of air assistance

at low application rate and small droplet diameter were found higher than at high application rate and large droplet diameter. Air assistance reduced spray drift between 21.3 - 43.5 % depending on air and wind velocities.

Key Words: Tomato spraying, air-assistance, spray deposition, spray penetration, droplet density, spray drift

2. AMAÇ ve KAPSAM

Modern tarımda; birim alandan alınan ürün miktarını artırmak ve ürün kalitesini yükseltmek için makina, gübre, enerji ve su gibi temel üretim girdilerinin kullanımı yanında hastalık ve zararlılarla savaşım çok önemli bir yer tutmaktadır. Örneğin; tarımsal savaşım ilacı kullanılmaksızın yapılan üretimde bitki hastalıklarının, zararlıların ve yabancı otların neden olduğu üretim kayıpları dünya ortalaması olarak % 35' i bulmaktadır (Göhlich ve Hosseinipour 1979). Ülkemizde yetiştirilen kültür bitkilerinde ürün kaybına neden olan hastalık etmenleri yaklaşık olarak 300 kadar olup bunların 50' ye yakın türü ekonomik önem taşımaktadır. Bunun yanında, ülkemizde yetiştirilen yaklaşık 60 kültür bitkisinde ve bunlardan elde edilen ürünlerde zarar yapan böcek ve hayvan türleri 500 kadar olup 80-100 türünün ekonomik önem taşıdığı bilinmektedir (Toros ve Maden 1991). Dünya genelinde, toplam % 35' lik kayıp değeri içerisinde zararlılar % 13.8, hastalıklar % 11.6 ve yabancı otlar % 9.5 oranında yer almaktadırlar (Kansu 1981).

Tarımsal savaşımın ana amacı; bitkisel ürünü hastalıkların, zararlıların ve yabancı otların etkilerinden ekonomik ölçüler içinde korumak, ürün kayıplarını en aza indirmek ve ürün kalitesini yükseltmektir. Bu amaca ulaşmak için kültürel, fiziksel, biyolojik, karantina ve kimyasal yöntemlere başvurulmaktadır. Modern bitki korumada, entegre (tüm) savaşım görüşüyle yukarıda sözü edilen yöntemler dengeli ve bilinçli bir biçimde beraberce uygulanmaktaysa da ülkemizde tarımsal savaşım karşılığı kimyasal yöntemlerdir. Kimyasal yöntemlerin temelini ise kısaca pestisit adını verdiğimiz tarım ilaçlarının uygulanması oluşturmaktadır (Delen 1990). Tarım ilacı olarak genellikle herbisitler, fungusitler ve insektisitler kullanılmaktadır. Çizelge 1' de, ülkemizde tarımsal savaşım ilaçlarının yıllara göre tüketim miktarları görülmektedir. Bu çizelge incelendiğinde, Türkiye' de kullanılan pestisit miktarının yıllık 30-35 bin ton civarında olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Türkiye’ de yıllara göre ilaç tüketim miktarları (x1000 kg)
(Anonymous 2001)

İlaç grupları	1996	1997	1998	1999	2000
İnsektisitler	15.447	12.355	11.999	11.395	11.788
Fungisitler	6.765	8.848	7.289	7.444	7.776
Herbisitler	7.997	7.810	5.077	7.426	6.957
Yağlar	3.881	172	342	2.762	3.571
Fümigantlar ve nematositler	1.632	885	631	1.697	1.368
Akarisitler	800	1.358	1.645	304	746
Diğer zirai ilaçlar	1	57	871	1.240	1.318
Rodentisit ve mollusisitler	72	90	51	55	19
TOPLAM	36.595	33.575	29.905	32.323	33.548

Ancak, bitki koruma ilaçları bilinçli olarak kullanıldığında ürünü garantiye alan etkili bir silah olduğu gibi, gelişigizel kullanıldığında ise beklenen yarar sağlanamamakta, ekosistem içindeki doğal denge bozulmakta, insan sağlığı tehlikeye sokulmakta ve ürün maliyetleri artmaktadır (Zeren ve Bayat 1995). Bu nedenle, tarım ilaçlarının beklenen faydayı gerçekleştirebilmesi için bitkilerin uygun yüzeylerine etkili dozlarda dağıtılması yanında, bu işlemlerin en az çevre kirlenmesi ile en ekonomik şekilde uygulanması gerekmektedir (Dursun ve Çilingir 1991).

Tarımsal ilaçların (pestisitlerin) büyük bir kısmı hidrolik memelere sahip klasik tip püskürtme çubuklu pülverizatörlerle uygulanmaktadır. Memeler, sıvı ilacı oldukça geniş bir damlacık spektrumuyla hedef yüzeylere püskürtürler. Memeler tarafından üretilen ilaç damlaları, atalet ve yerçekimi kuvvetlerinin bileşke etkisiyle hedefe taşınmaktadırlar. Ancak bu kuvvetler, hedef yüzeylerde yeterli miktarda ilaç toplanamaması, bitki kanopisi içerisine zayıf ilaç penetrasyonu ve yüksek miktarda ilaç sürüklenmesi (drift) gibi sorunları ortadan kaldırmak için genellikle yeterli değildir. Bitki kanopisinin üst kısımları ve yaprak üst yüzeyleri, çoğunlukla bitki kanopisinin alt kısımlarına ve yaprak alt yüzeylerine göre daha çok ilaç almaktadır. Buna karşın, tarımsal savaşımında minimum maliyetle istenilen biyolojik kontrolü sağlamak için bitkinin bütün kısımlarında yeterli miktarda ilaç toplanması ve bitkinin düşey yüksekliği boyunca yeterli ilaç penetrasyonunun sağlanması gereklidir (Dursun 2002).

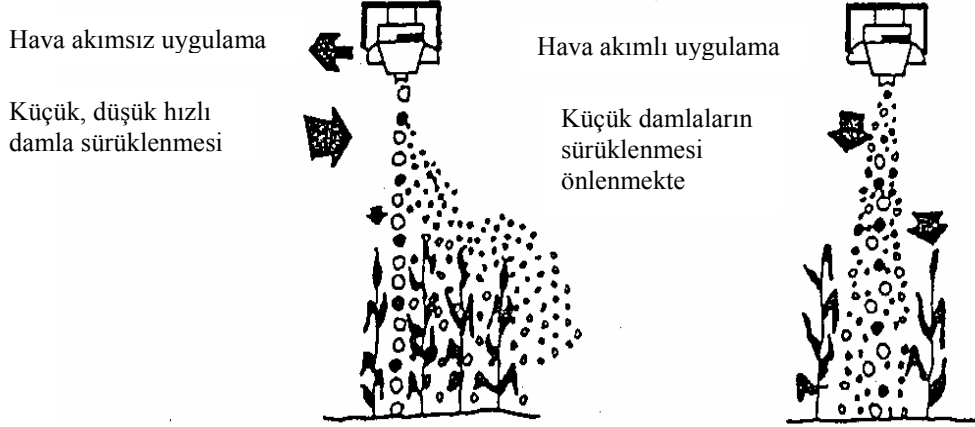
Son yıllarda tarımsal ilaç uygulamalarının etkinliğini artıracak yeni pestisit uygulama tekniklerinin geliştirilmesi için oldukça fazla çaba sarfedilmiştir. Etkisiz ilaç uygulamaları nedeniyle artan maliyetler ve hedef dışına sürüklenen ilaçların oluşturduğu çevre kirliliğinden dolayı artan çevresel baskılar, yeni uygulama tekniklerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu uygulama tekniklerinden birisi, yardımcı hava akımlı uygulamadır.

Yardımcı hava akımlı ilaç uygulama tekniği, meyve bahçelerinde tarımsal ilaçların uygulanması için uzun zamandır kullanılmaktadır. Fakat tarla ürünlerinde yardımcı hava akımının kullanımı nispeten yeni olup, özellikle son 10 yılda kullanımı giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu tekniğin üstünlüklerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Yardımcı hava akımı uygulamasıyla damlaya kazandırılan hız ve enerji, klasik tip hidrolik pülverizatörlere göre oldukça fazladır (Çizelge 2). Böylece ilaç damlalarının hızını artırdığı ve hedefe yönelttiği için rüzgarın sürükleme etkisini önleyerek hem çevre kirliliğini, hem de ilaç kayıplarını en düşük seviyeye indirmektedir. (Çilingir ve Dursun 2002). Şekil 1’de hava akımının damlayı hedefe yöneltme ve sürüklenmeyi (drift) azaltma etkisi gösterilmiştir. Ayrıca, damla hızının artması nedeniyle, damlalar hedefe daha kısa sürede iletilerek buharlaşma yoluyla oluşan drift önlenmektedir.

Çizelge 2. Klasik (hava akımsız) ve yardımcı hava akımlı uygulamalarda memenin 0.5 m altında ölçülen damla hızları (m/s) (Anonymous 1991)

Damla çapı (µm)	Hava akımsız uygulama	Hava akımlı uygulama
100	1.6	4.3
200	2.4	6.2
300	5.7	9.7
400	7.9	11.3
500	11.7	12.8



Şekil 1. Hava akımının damlayı hedefe yönlendirme ve sürüklenmeyi azaltma etkisi (Anonymous 1989)

- Klasik pülverizatörlerle ilaçlama sırasında, rüzgar hızı 3-4 m/s' den daha yüksek olduğunda, ilaç sürüklenmesinde aşırı bir artış meydana geldiğinden ilaçlama işlemine zorunlu olarak ara verilmektedir. Yardımcı hava akımlı pülverizatörlerle 8-9 m/s gibi yüksek rüzgar hızlarında bile güvenli bir ilaçlama yapılabilir. Böylece ilaçlama için daha geniş bir zaman olmakta ve ilaçlamanın en uygun zamanda yapılmasıyla biyolojik etkinlik artmaktadır (Andersen ve ark. 1999).

- Hava akımı, bitki yaprak ve saplarını hareketlendirerek karıştırdığı için ve yukarıda açıklandığı gibi ilaç damlalarının hızını artırarak bitkiye doğru yönlendiği için bitki kanopisi içerisine ilaç penetrasyonunu artırmaktadır (Mc Cool ve Walker 1987, Furness 1991, Morgan 1991).

- Daha küçük damlalarla ilaçlama yapılmasına olanak verdiği için uygulama için gerekli ilaç normu azaltılabilmektedir. Düşük su ihtiyacı, deponun daha az sayıda doldurulmasını ve böylece depo doldurma için geçen süreyi azaltmakta, enerjiden, zamandan ve paradan tasarruf sağlanmaktadır. Depo daha az sayıda doldurulduğu için ve bir depoyla ilaçlanan alan daha fazla olduğu için iş verimleri de daha yüksek olmaktadır (Anonymous 1998, Andersen ve ark. 1999)

- Klasik uygulamada ilaç sürüklenmesi nedeniyle en fazla 7-8 km/h ilerleme hızlarında ilaçlama yapılabilirken, yardımcı hava akımlı uygulama ile 13 km/h' e kadar ilerleme hızlarında çalışılabilmektedir.

Tarla bitkilerinde, yardımcı hava akımlı uygulamaların çeşitli bitkiler üzerinde toplanan ilaç kalıntı miktarına, bitki içerisine ilaç penetrasyonuna, ilaç kayıplarına ve biyolojik etkinliğe ilişkin çalışmaların sayısı özellikle son yıllarda oldukça artmıştır. Bu çalışmalar kısaca aşağıdaki gibi verilmiştir.

Quanquin (1992), küçük çaplı damlalarla yardımcı hava akımlı uygulamada, klasik uygulamaya göre ilaç sürüklenmesinin % 50-90 oranında azaldığını belirtmiştir. Heilsbronn ve Anderson (1991), yardımcı hava akımının kinetik enerjilerini hızla kaybeden küçük damlalarda daha etkili olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca hava hızının 16 m/s' den 28 m/s' ye artmasıyla ilaç sürüklenmesinin azaldığını ve yardımcı hava akımlı uygulamayla hedef yüzeylerdeki kalıntı miktarının % 67'ye kadar arttığını, en yüksek kalıntı miktarının en yüksek hava hızında (28 m/s) ve 20° öne doğru ayarlanmış hava akımı doğrultusunda elde edildiğini belirtmişlerdir. Jeffery ve Taylor (1991), patates bitkilerinde yardımcı hava akımıyla klasik uygulamaya göre yaprak alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarının 3 kat arttığını vurgulamışlardır. May (1991), iki farklı tip yardımcı hava akımlı pülverizatörü şeker pancarında kullanarak hedef yüzeylerde toplanan ilaç miktarı, ilaç sürüklenmesi ve yabancı ot kontrolü açısından değerlendirmiştir. Denemelerde; birinci pülverizatörde 12 ve 23 m/s' lik hava hızlarını, ikinci pülverizatörde ise 27 ve 56 m/s' lik hava hızlarını kullanmıştır. Her iki pülverizatörün ilaç sürüklenmesini yaklaşık % 50 azalttığını ve hava hızının artmasıyla ilaç sürüklenmesinin azaldığını açıklamıştır. Morgan (1991), yardımcı hava akımlı uygulamada hava hızı/verdisinin ilaç damlalarının dağılımını önemli derecede etkilediğini belirtmiştir. Ringel ve ark. (1991), 15 ve 28 m/s' lik iki farklı hava hızı ve üç farklı hava akımı doğrultusunda (ileriye, geriye ve dikey) yardımcı hava akımının yapay hedefler üzerindeki (dikey ve yatay konumlu) ilaç kalıntı miktarına ve dağılım düzgünlüğüne etkilerini araştırmışlardır.

Watson ve Wolf (1985), yardımcı hava akımlı uygulamada 16 ve 34 m/s' lik hava hızlarını kullanarak yaptıkları çalışmada mısır üzerinde % 100, soya fasülyesinde ise % 234 oranında kalıntı artışı elde ettiklerini vurgulamışlardır. Cooke ve ark. (1990), yardımcı hava

akımının patates bitkilerinin yaprak altlarında kaplama oranını artırdığını, yabancı otların üst ve alt bitki yüzeyleri üzerindeki kalıntı miktarını artırdığını bildirmişlerdir. Hislop ve ark. (1993), 45° ileriye doğru yönlendirilmiş yardımcı hava akımının buğday bitkileri üzerindeki kalıntıyı % 74 artırdığını, 4 m/s'lik rüzgar hızında ilaç sürüklenmesini yaklaşık % 70 azalttığını vurgulamışlardır. Hislop ve ark. (1995), dışarıda tepsiler içinde yetiştirilen ve tam gelişme döneminde yani olgunlaşmış buğday bitkilerini kullanarak laboratuvarında kontrollü koşullar altında yaptıkları denemelerde yardımcı hava akımının etkinliğini araştırmışlardır. Denemeler; 11 ve 21 m/s'lik iki hava akımı hızında, 0.5 ve 2.0 m/s'lik ilerleme hızlarında ve iki farklı ilaç-hava akımı doğrultusunda (45° ileriye doğru ve dikey olarak aşağıya doğru) yapılmıştır. Denemelerde iz maddesi olarak sodyum fluorescein kullanılmıştır. Sonuçta, yardımcı hava akımı hızının artmasıyla bitki üzerinde toplanan kalıntı miktarının arttığını, klasik uygulamaya göre 45° ileriye doğru açıldırılmış yardımcı hava akımlı uygulamanın bütün bitki üzerindeki ortalama kalıntı miktarını küçük ve orta büyüklükteki damlalarda sırasıyla % 71 ve % 66 artırdığını, toprak kirlenmesini ise % 46 ve % 66 oranlarında azalttığını belirtmişlerdir.

Khdair ve ark. (1994), elektrostatik olarak yüklenmiş ilaçların yardımcı hava akımıyla hedefe taşınmasının yaprak üst ve alt yüzeylerindeki kalıntı miktarını artırdığını, bitki tacı içerisine ilaç penetrasyonunu iyileştirdiğini ve çeşitli rüzgar hızlarında ilaç sürüklenmesini azalttığını bildirmişlerdir. Darvishvand ve Brown (1997), yardımcı hava akımlı bir pülverizatörün ormanda kullanılmasının ilaç penetrasyonuna, bitkiler üzerinde toplanan kalıntı miktarına ve sürüklenen ilaç miktarına etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, memeler üzerinde dikey hava akımı ve meme arkasında hava perdesi şeklinde iki farklı düzenlemeyle denemeler yapmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre her iki düzenlemenin ilaç penetrasyonunu artırdığını, bitki tacı içerisine yerleştirilen hedefler üzerindeki ilaç kalıntı miktarını artırdığını ve rüzgarlı koşullarda ilaç sürüklenme potansiyelini azalttığını bildirmişlerdir. Piche ve ark. (2000), patates ve brokolide yardımcı hava akımlı ve klasik ilaç uygulamalarını karşılaştırmışlardır. Denemelerde 31 m/s'lik hava hızı kullanmışlardır. Sonuçta yardımcı hava akımlı uygulamanın klasik uygulamaya göre daha iyi ilaç penetrasyonu ve kaplama sağladığını vurgulamışlardır. Dursun (1996), farklı ilaç uygulama yöntemlerinin damla sıklığına ve damla kayıplarına etkilerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımının hedef yüzeylerdeki damla sıklığını % 2.6-30.7 arasında artırdığını bildirmiştir.

Anonymous (1990), Ciba-Geigy firması tarafından yürütülen bir çalışmada, kışlık buğday bitkileri üzerinde tutunan ilaç kalıntı miktarına hava akımlı Danfoil pülverizatörü ile klasik pülverizatörün etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuçta; Danfoil yardımcı hava akımlı pülverizatörüyle klasik pülverizatöre göre kışlık buğday üzerinde % 72 daha fazla ilaç kalıntısı toplandığı belirtilmiştir. Manor ve ark.(1989), yardımcı hava akımlı uygulamanın pamukta kaplama oranı, penetrasyon, bemisia zararlısının kontrolü ve defolyant etkinliklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, hava akımlı pülverizatörün pamuk bitkisinin alt kısmından itibaren 10 cm yüksekliğindeki yapraklarda penetrasyonu artırdığı, hava akımsız uygulamayla bu bölgedeki yaprakların alt yüzeylerinde % 2.5' lik kaplama oranı elde edilmesine karşın hava akımlı uygulamayla % 16.5' lik kaplama oranı sağlandığı belirtilmiştir. Mercan ve ark. (1988), tarla pülverizatörlerinde kullanılan düşey hava akımının bitki üzerinde tutunan etkili maddeye ve biyolojik etkinliğe etkisini araştırmışlardır. Sonuçta, hava akımsız klasik uygulamalara göre yardımcı hava akımlı uygulamayla, bitki üzerindeki etkili madde miktarının TX3 ve TX5 konik hüzmeli memelerinde sırasıyla % 26.71 ve % 45.30 oranlarında arttığı bildirilmiştir.

Bu çalışma, domates ilaçlamasında yardımcı hava akımlı uygulama tekniği etkinliğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, traköre asılır tip klasik bir tarla pülverizatörü üzerine bir fan ve hava kanalı yerleştirilerek yardımcı hava akımlı deneme pülverizatörü oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında; yaprak üst ve alt yüzeylerinde toplanan ilaç kalıntı miktarına, damla sıklığına, ilacın bitki içerisine penetrasyonuna ve sürüklenmeyle oluşan ilaç kayıplarına yardımcı hava akımlı uygulamanın etkileri belirlenmiştir. Bu etkiler; üç farklı yardımcı hava akımı hızında (21, 30 ve 37 m/s), üç farklı meme konumu-hava akımı doğrultusu düzenlemesinde (YHA1: geriye doğru 30° eğimli meme-dikey hava akımı, YHA2: dikey meme-dikey hava akımı ve YHA3: dikey meme-ileriye doğru 30° eğimli hava akımı), iki farklı uygulama normu (18.0 L/ha ve 24.4 L/ha), iki farklı damla çaplı pülverizasyonda (VMD=132 ve 164 µm) ve üç farklı rüzgar hızı koşulunda incelenmiştir. Yardımcı hava akımının etkinliğini değerlendirebilmek amacıyla klasik uygulamalar yapılmış ve elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Farklı çalışma koşullarında, hedef bitki yüzeylerinde toplanan ilaç kalıntı miktarları ile sürüklenen ilaç kalıntı miktarları fluorometrik yöntemle belirlenmiş ve iz maddesi olarak sodium fluorescein kullanılmıştır. İz maddesi toplama yüzeyi olarak filtre kağıtları kullanılmıştır. Damla sıklığının belirlenmesinde ise suya

duyarlı kartlar kullanılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, yardımcı hava akımlı uygulamalarda kullanılan hava hızına, meme konumu-hava akımı doğrultusuna, uygulama normu ve damla çapına bağlı olarak değerlendirilmiş ve yardımcı hava akımlı uygulamaların en etkin olduğu çalışma koşulları ortaya konularak önerilerde bulunulmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri ve denemelerin yapıldığı bitki

Araştırma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü deneme parsellerinde yetiştirilen Falkon çeşidi domates bitkileri üzerinde yürütülmüştür. Domates bitkilerinin sıra arası uzaklıkları 1 m, sıra üzeri uzaklıkları ise 0.7 m' dir. Denemeler sırasındaki ortalama bitki boyu 0.75 m olup yaprak alan indeksi (YAI) 2.1 olarak saptanmıştır

3.1.2. Denemelerde kullanılan yardımcı hava akımlı pülverizatör

Yardımcı hava akımlı ilaç uygulama tekniğinin domates bitkileri üzerindeki etkinliğini belirlemek için öncelikle yardımcı hava akımlı bir deneme pülverizatörü geliştirilmiştir. Bu amaçla, klasik bir tarla pülverizatörü üzerinde bazı değişiklikler yapılmış ve ek düzenler yerleştirilmiştir. Öncelikle pülverizatörün püskürtme borusu (bum sistemi) çıkarılmış ve yerine, üzerine 4 adet meme bağlanabilen bir püskürtme borusu bağlanmıştır. Daha sonra, pülverizatör üzerine bir fan ve fan tarafından oluşturulan hava akımını püskürtme borusu boyunca memeler üzerine ileten hava kanalı yerleştirilmiştir.

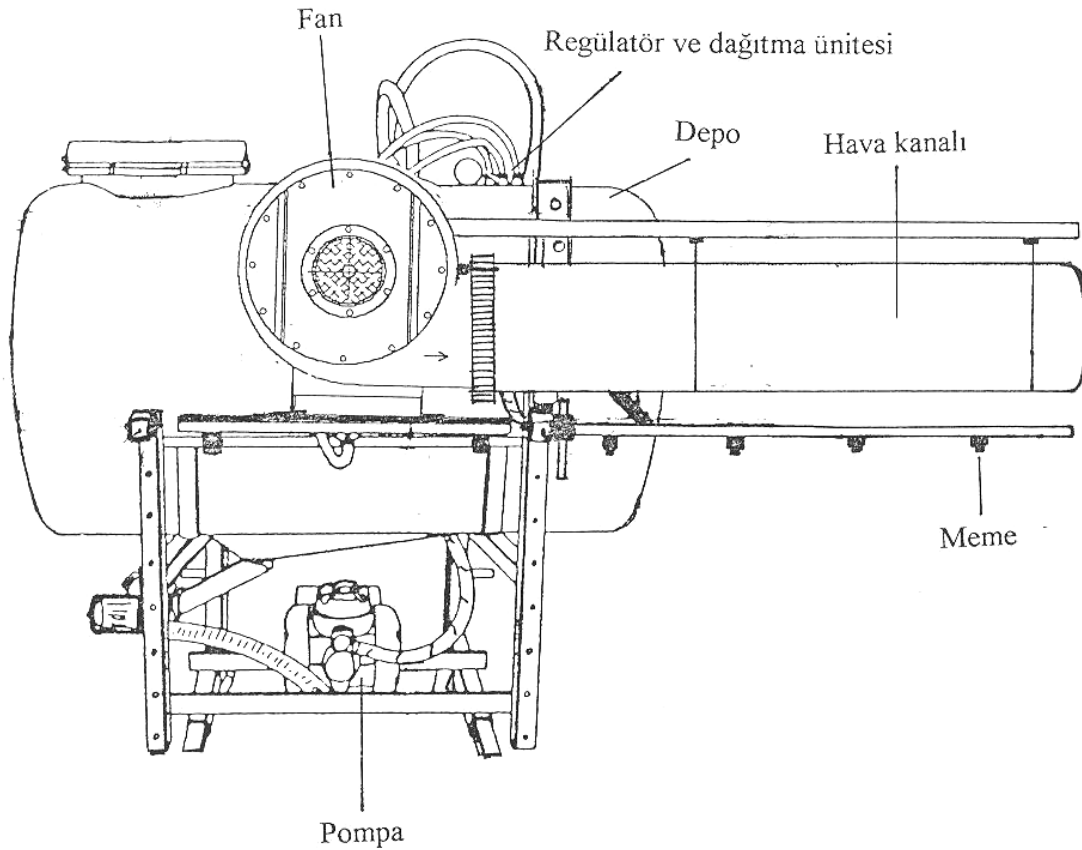
Fan, pülverizatör deposunun arka kısmında oluşturulan bir taşıyıcı çatı üzerine bağlanmış olup hidrolik bir motor yardımıyla çalıştırılmıştır. Hidrolik motorun devri kademesiz olarak değiştirilerek farklı fan devirleri ve böylece farklı hava hızları elde edilebilmektedir. Fan çalıştırılmadığı zaman, mevcut pülverizatör klasik bir tarla pülverizatörü gibi çalışmaktadır.

Hava kanalı, şişirilebilen bir hava torbası şeklinde olup silindirik yapıdadır. Bu kanalın, memeler üzerine gelen alt kısmında hava çıkış delikleri bulunmaktadır. Bu deliklerin çapı 4 cm olup, delik eksenleri arasındaki mesafe 8 cm' dir. Şekil 2' de, deneme pülverizatörünün şematik görünümü verilmiştir. Hava kanalı, fanın çıkış ağzına ayarlı bir sıkma kelepçesiyle

bağlanmıştır. Böylece, hava kanalı fanın çıkış ağzı üzerinde kaydırılarak, hava akımı doğrultusunun memelere göre konumu değiştirilebilmektedir.

Püskürtme borusu, hem yatay düzlemde ileri-geri, hem de düşey düzlemde aşağı-yukarı hareket edebilecek şekilde ayar olanağına sahiptir. Ayrıca, memelerin düşey düzleme göre açıları ayarlanabilmektedir. Böylece, meme konumu-hava akımı doğrultusunun farklı kombinasyonlarında denemeler yapılabilmektedir.

Püskürtme borusu üzerinde Gündüzler marka 4 adet içi boş konik hüzmeli meme bulunmaktadır. Memeler, püskürtme borusu üzerine 0.5 m aralıklarla bağlanmıştır. Denemelerde, plaka delik çapları 1.2 mm ve 1.5 mm olan iki farklı meme ölçüsü kullanılmıştır. Denemelerin yapıldığı 6 bar çalışma basıncında, memelerin ölçülen ortalama verdileri ve damla çapları Çizelge 3' de verilmiştir.



Şekil 2. Deneme püskürtörünün şematik görünümü

Çizelge 3. Denemelerde kullanılan memelerin ölçülen verdileri ve damla çapları
(Çalışma basıncı : 6 bar)

Plaka delik çapı (mm)	Meme verdisi (l/min)	VMD (μm)
1.2	0.90	132
1.5	1.22	164

3.1.3. İz maddesi

Denemelerde, bitki üzerinde toplanan ilaç kalıntı miktarını ve dağılımını belirlemek için gerçek ilaç yerine Sodyum Fluorescein iz maddesi kullanılmıştır. Bu madde, suda kolay çözülebilen flüorışıl özellikte bir maddedir. Derişikliği 2.10^{-5} olan sudaki çözeltisi, UV ışığı altında sarımsı yeşil renk vermektedir.

3.1.4. Örnekleme yüzeyleri

Kalıntı miktarının belirlenmesine ilişkin denemelerde, örnekleme yüzeyi olarak Schleider&Schuell marka filtre kağıtları kullanılmıştır. Filtre kağıtları domates bitkilerinin yaprakları üzerine toplu iğneler yardımıyla tutturulmuştur.

Damla çapının ve sayısal damla dağılımının yani damla sıklığının belirlenmesinde ise Novartis firması tarafından üretilen 26x76 mm boyutlarındaki suya duyarlı kartlar kullanılmıştır.

3.1.5. Denemelerde kullanılan ölçüm cihazları

Damla çapı ölçümlerinde Nikon marka mikroskop kullanılmıştır. Mikroskop, 3-160 kat arasında büyütme yapabilmektedir.

Yardımcı hava akımlı uygulamalarda, hava hızının ölçülmesi için Testo 400 marka ölçme cihazı kullanılmıştır. Pitot tüpü yardımıyla hava hızını ölçen bu cihazın ölçme aralığı 0-100 m/s' dir.

Denemeler sırasındaki rüzgar hızının ölçülmesinde kızgın telli bir anemometre kullanılmıştır. Wilh. Lambrecht KG marka bu cihazın ölçme aralığı ise 0-5 m/s' dir.

Örnekleme yüzeyleri üzerinde toplanan iz maddesi kalıntılarının fluorometrik yöntemle analizinde ise Perkin Elmer LS50 spektrofotometre cihazı kullanılmıştır.

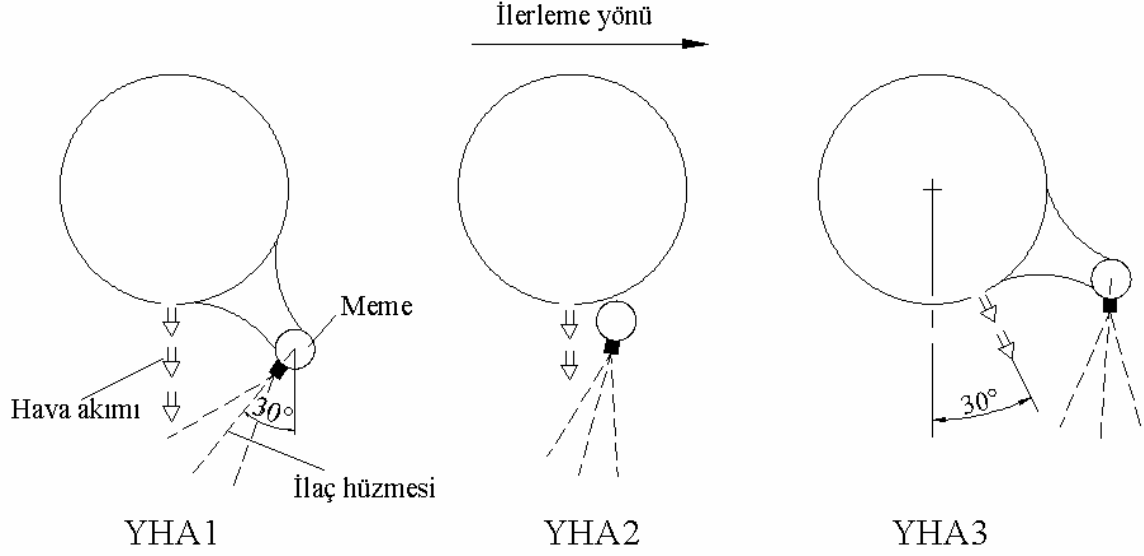
3.1.6. Denemelerde kullanılan diğer araçlar

Denemelerde kullanılan pülverizasyon sıvısının hazırlanması ve ölçümlerin yapılması sırasında dereceli ölçü silindiri, pipet, cam balon, büret, cam tüpler, cam kavanozlar vb. gibi laboratuvar malzemeleri kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme planı

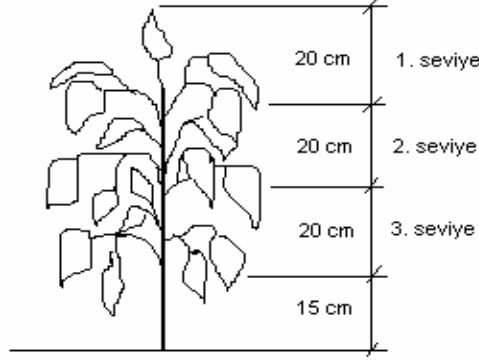
Domates ilaçlamasında yardımcı hava akımlı ilaç uygulama tekniğinin etkinliği araştırılırken, karşılaştırma amacıyla yapılan klasik (hava akımsız) uygulamadan başka, geliştirilen yardımcı hava akımlı deneme pülverizatörü ile 21, 30 ve 37 m/s' lik 3 farklı hava hızında denemeler yapılmıştır. Yardımcı hava akımlı uygulamalar, 3 farklı meme konumu-hava akımı doğrultusunda yapılmıştır (Şekil 3). Farklı damla çapları ve uygulama hacimlerinde yardımcı hava akımının etkinliğini karşılaştırabilmek amacıyla plaka delik çapları 1.2 ve 1.5 mm olan iki farklı meme büyüklüğü kullanılmıştır. Meme plakası 1.5 mm olan içi boş konik hüzmeli memelerle Şekil 3' de gösterilen üç farklı meme konumu-hava akımı doğrultusunda denemeler yapılmış, ancak plaka delik çapı 1.2 mm olan memelerle sadece geriye doğru 30 ° eğimli meme-dikey hava akımı kombinasyonu ile denemeler yapılmıştır. Yardımcı hava akımının damla sıklığına etkilerini belirlemek için öncelikle geriye doğru 30 ° eğimli meme-dikey hava akımlı (YHA1) kombinasyonda ve üç farklı hava hızında (21, 30 ve 37 m/s) denemeler yapılmıştır. Daha sonra, 37 m/s' lik hava hızında ve 3 farklı meme konumu-hava akımı doğrultusunda denemeler yapılmıştır. İlaç sürüklenmesine ilişkin denemeler ise 3 farklı rüzgar hızında, YHA1 kombinasyonunda ve 3 farklı hava akımı hızında yapılmıştır. Tüm denemeler 6 km/h ilerleme hızında yapılmış ve memelerin ürün üzerindeki yüksekliği 0.5 m' ye ayarlanmıştır. Her deneme 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.



Şekil 3. Denemelerde kullanılan üç farklı meme konumu-hava akımı doğrultusunun şematik görünümü

3.2.2. Örnekleme yöntemi

Denemeler yapılmadan önce örnekleme yapılacak bitkiler düşey olarak 1., 2. ve 3. seviye olmak üzere 3 bölgeye ayrılmıştır (Şekil 4). Her bitki seviyesinden toplam 3 yaprak üzerinden örnek alınmıştır. Kalıntı miktarının belirlenmesinde, örnekleme yüzeyi olarak kullanılan filtre kağıtları, örnekleme yapılacak yaprakların hem üstüne hem de altına toplu iğnelerle tutturulmuştur. Damla sıklığının belirlenmesinde kullanılan suya duyarlı kartlar da yine her bitki seviyesinde seçilen 3 yaprağın sadece üst yüzeylerine tutturulmuştur. Sodyum fluorescein içerikli püskürtme sıvısının deneme koşuluna uygun olarak pülverizasyonundan sonra yaklaşık 15 dakika beklenmiş ve bitkiler üzerine tutturulan filtre kağıtları ile suya duyarlı kartlar toplanmıştır. Kalıntı miktarının ve damla sıklığının belirlenmesi için, her deneme koşulunda toplam 15 bitki üzerinden örnek alınmıştır. Bitkilerden toplanan filtre kağıtları, örneğin alındığı bitki seviyesi ve yaprak üst-alt yüzeyleri göz önüne alınarak ayrı ayrı özel cam kavanozlara yerleştirilmiştir. Suya duyarlı kartlar da benzer şekilde alındıkları yerler göz önünde bulundurularak özel olarak hazırlanmış zarflar içerisine konulmuşlardır.

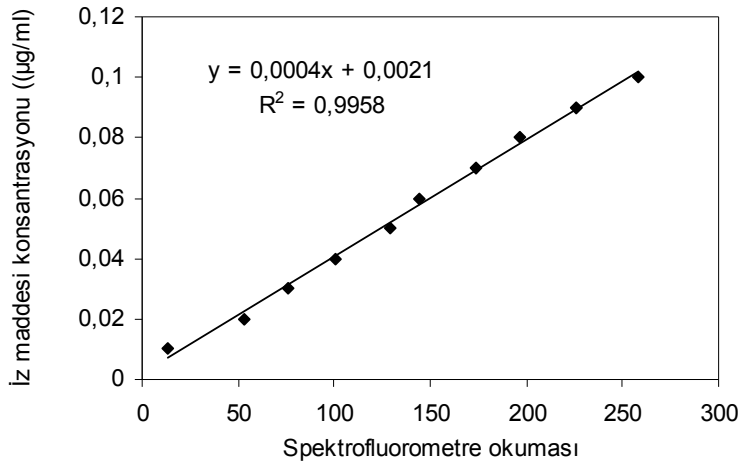


Şekil 4. Bitki üzerindeki örnekleme seviyeleri

3.2.3. İz maddesi kalıntı miktarının belirlenmesi

Günümüzde, hedef yüzeylerde tutulan ilaç kalıntı miktarını ölçmek için başlıca 4 yöntem vardır. Bunlar; fluorometrik yöntem, kolorimetrik yöntem, ağırlık ölçme yöntemi ve atom absorpsiyon-spektrometri yöntemidir (Çilingir, 1983).

Bu çalışmada, örnekleme yüzeyi olarak kullanılan filtre kağıtları üzerinde toplanan kalıntı miktarlarını saptamak için fluorometrik yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için öncelikle kullanılan pülverizasyon sıvısının konsantrasyonuna uygun olarak konsantrasyonları bilinen standart çözeltiler hazırlanmıştır. Bu standart çözeltilerin spektrofluorometrede okunmasıyla kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Şekil 5’ de görüldüğü gibi kalibrasyon eğrisi bir doğru şeklindedir.



Şekil 5. Spektrofluorometre kalibrasyon eğrisi

Domates üzerinde farklı bölgelerden alınan örnek yüzeylerdeki iz maddesi kalıntı miktarlarını belirlemek için örneklerin alındığı her cam kavanoz içerisine 100 mL saf su konularak çalkalanmıştır. Her kavanozdan elde edilen çözelti, spektrofloreometrenin tüplerine doldurularak uygun duyarlılık kademesinde ölçümler yapılmıştır. Örnek yüzeylerden elde edilen sodyum fluorescein çözeltilerinin spektrofloreometreden okunan değerlerinin $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ olarak kalıntı miktarına (etkili maddeye) dönüştürülmesi için öncelikle okumanın yapıldığı kademeye ait spektrofloreometre katsayısı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Hussain 1984, Bayat 1991, Sağlam 1992).

$$f_x = m \cdot V_L / A$$

Burada;

f_x = Spektrofloreometre katsayısı,

m = Konsantrasyon faktörü,

V_L = Filtre kağıdı üzerindeki iz maddesini yıkamak için kullanılan saf su miktarı (mL),

A = İz maddesi toplama yüzeyi alanı (cm^2)' dir.

Konsantrasyon faktörü şu şekilde hesaplanabilir;

$$m = y / x$$

Burada;

y = Çözeltinin konsantrasyonu,

x = Çözeltinin spektrofloreometrede okunan değeri (boyutsuz)' dir.

f_x katsayısı hesaplandıktan sonra, örnek yüzeylerden elde edilen çözeltilerin spektrofloreometrede okunan değerleri ile çarpılarak $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ olarak iz maddesi kalıntı miktarına dönüştürülmektedir.

3.2.4. Damla apı ve damla sıklığının belirlenmesi

Gerek damla çapı, gerekse damla sıklığının belirlenmesinde suya duyarlı kartlardan yararlanılmıştır. Bu kartlar üzerinde damlalar tarafından oluşturulan lekelerin çapları mikrometrelili mikroskop altında ölçülmüştür. lm sonucu elde edilen leke çapları, bu kartlardaki yayılma faktörü de göz önüne alınarak gerçek damla çaplarına dönüştürülmüş ve daha sonra plverizasyonun hacimsel orta çap değerleri (VMD) bulunmuştur. Leke çapına bağlı olarak yayılma faktörü izelge 4' deki gibi alınmıştır.

Çizelge 4. Suya duyarlı kartlar üzerinde leke çapına bağlı olarak su damlalarının yayılma faktörü

Leke apı (μm)	Yayılma faktörü*	Gerçek damla çapı (μm)
100	1.7	59
200	1.8	109
300	1.9	155
400	2.0	200
500	2.1	243
600	2.1	285

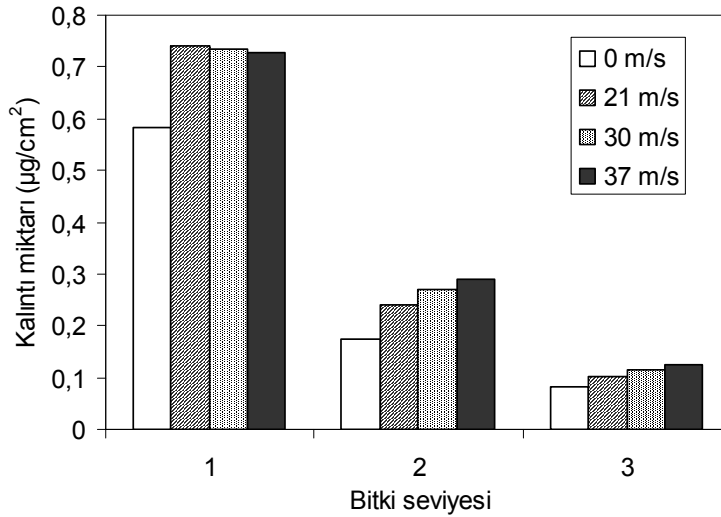
3.2.5. Hava hızının llmesi

Yardımcı hava akımlı deneme plverizatryle sağlanan hava akımının hızı, hava kanalının alt kısmında bulunan hava çıkış deliklerinde ölçülmüştür. Hava hızı ölçümleri 3 tekerrürlü yapılmış ve fan çalışma devrine bağlı olarak ortalama hava hızları hesaplanmıştır.

4. ANALİZ ve BULGULAR

4.1. Hava Akımı Hızının İlaç Kalıntı Miktarına Etkisi

Yardımcı hava akımı hızına bağlı olarak farklı bitki seviyelerindeki yaprakların üst ve alt yüzeylerinde sağlanan kalıntı miktarları sırasıyla Şekil 6 ve 7 'de verilmiştir. Şekil 6 ve 7 'de görüldüğü gibi, klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımlı uygulamayla farklı bitki seviyelerindeki yaprakların hem üst, hem de alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarları önemli ölçüde artmıştır. Ancak, yaprak üst ve alt yüzeylerinde sağlanan kalıntı artışları, hava hızına ve bitki seviyesine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir.

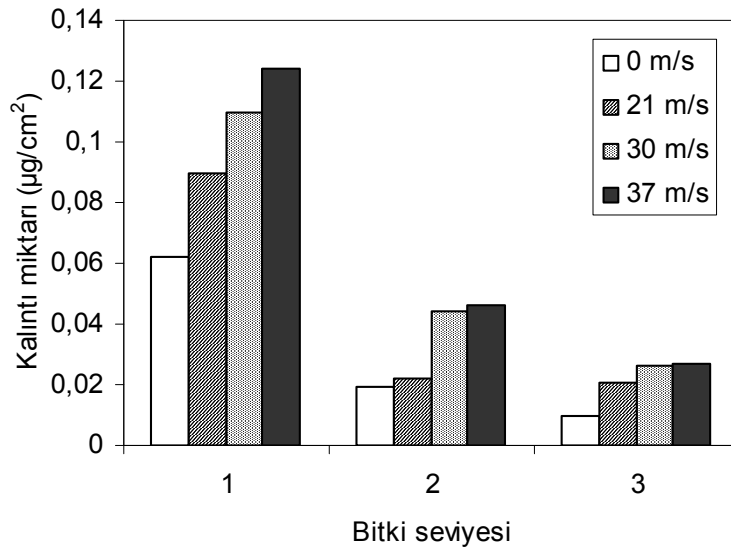


Şekil 6. Farklı bitki seviyelerinde yaprak üst yüzeylerinde sağlanan kalıntı miktarları

Şekil 6 incelendiğinde, klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımlı uygulamayla yaprak üst yüzeylerinde en az kalıntı artışlarının bitki tacının en üst kısmı olan 1. bitki seviyesinde sağlandığı, en fazla kalıntı artışlarının ise 2. bitki seviyesinde yani bitki tacının orta bölgesinde sağlandığı görülebilir. Klasik uygulamaya göre 21, 30 ve 37 m/s' lik hava hızlarıyla 1. bitki seviyesinde sağlanan kalıntı artışları sırasıyla % 27.3, % 26.3 ve % 25.1 iken 2. bitki seviyesinde sırasıyla % 37.9, % 55.7 ve % 66.1 olarak bulunmuştur. 3. bitki seviyesinde sağlanan kalıntı artışları ise 21, 30 ve 37 m/s' lik hava

hızları için sırasıyla % 22.9, % 47.0 ve % 49.4 bulunmuştur. Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi, hava hızının artmasıyla 2. ve 3. bitki seviyelerindeki yaprakların üst yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarı artmış, buna karşın 1. bitki seviyesinde çok küçük bir azalma meydana gelmiştir.

Şekil 7 'de yaprak alt yüzeylerinde sağlanan kalıntı miktarları incelendiğinde, klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımlı uygulamayla en yüksek kalıntı artışlarının bitki tacının en alt kısmı olan 3. bitki seviyesinde elde edildiği görülebilir. Yaprak üst yüzeylerinde olduğu gibi, hava hızının artmasıyla yaprak alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarları artmıştır. Klasik uygulamayla karşılaştırıldığında 21, 30 ve 37 m/s' lik hava hızları 1. bitki seviyesinde toplanan kalıntı miktarını sırasıyla % 45.2, % 77.4 ve % 100; 2. bitki seviyesinde % 15.8, % 131.6 ve % 142.1; 3. bitki seviyesinde ise % 110, % 160 ve % 170 oranlarında artırmıştır.



Şekil 7. Farklı bitki seviyelerinde yaprak alt yüzeylerinde sağlanan kalıntı miktarları

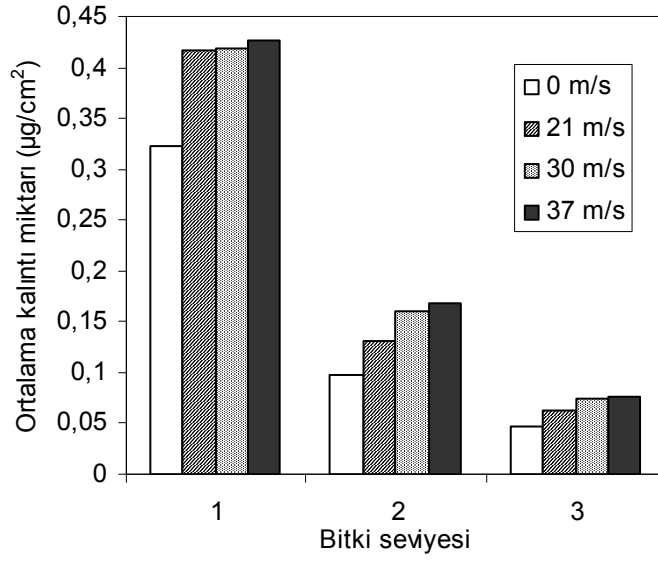
Yardımcı hava akımlı uygulamalarla, özellikle 2. ve 3. bitki seviyelerindeki yaprakların üst ve alt yüzeylerinde sağlanan kalıntı artışları, bitki içerisine ilaç penetrasyonunun iyileştiğini göstermektedir. Ancak, hava hızına bağlı olarak yaprak alt yüzeylerinde % 170 'e varan kalıntı artışı sağlanmasına karşın yaprak üst yüzeylerine göre oldukça düşük kalıntılar elde edilmiştir. Çizelge 5' de bitki seviyesine bağlı olarak yaprak üst ve alt yüzeylerindeki kalıntı miktarları ve oranları verilmiştir.

Çizelge 5. Farklı bitki seviyelerindeki yaprakların üst ve alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarları ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) ve oranları

Hava hızı (m/s)	1. Seviye			2. Seviye			3. Seviye		
	Üst	Alt	Üst/Alt	Üst	Alt	Üst/Alt	Üst	Alt	Üst/Alt
0	0.582	0.062	9.38	0.174	0.019	9.16	0.083	0.010	8.30
21	0.741	0.090	8.23	0.240	0.022	10.91	0.102	0.021	4.86
30	0.735	0.110	6.68	0.271	0.044	6.16	0.122	0.026	4.69
37	0.728	0.124	5.87	0.289	0.046	6.28	0.124	0.027	4.59

Çizelge 5 'de görüldüğü gibi, bitki seviyesine bağlı olarak klasik ve üç farklı hava hızıyla yapılan yardımcı hava akımlı uygulamalarda, yaprak üst ve alt yüzeylerinde sağlanan kalıntı oranları 4.59 ile 10.91 arasında değişmiştir. Yardımcı hava akımlı uygulamalarda üst/alt kalıntı değerleri klasik uygulamaya göre daha düşük (2. bitki seviyesinde 21 m/s'lik hava hızı hariç) bulunmuştur. Bu durum, yardımcı hava akımıyla yaprak alt yüzeylerinde sağlanan kalıntı artışlarının yaprak üst yüzeylerine göre oransal olarak daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Hava hızının artmasıyla her üç bitki seviyesinde üst/alt kalıntı değerlerinde genellikle bir düşme görülmektedir. Ayrıca bitkinin 3. seviyesinde üst/alt kalıntı oranı değerleri 1. ve 2. bitki seviyelerine göre daha düşük bulunmuştur.

Üç farklı bitki seviyesinde toplanan ortalama kalıntı miktarları Şekil 8 'de verilmiştir. Şekil 8 'de görüldüğü gibi, hem klasik hem de üç farklı hızda yapılan yardımcı hava akımlı uygulamalarda en fazla kalıntı bitkinin üst kısmı olan 1. seviyesinde, en az kalıntı ise bitkinin alt kısmı olan 3. seviyesinde elde edilmiştir. Klasik uygulamayla karşılaştırıldığında, 37 m/s'lik hava hızı her üç bitki seviyesinde en fazla kalıntı artışı sağlamıştır. Klasik uygulamaya göre 37 m/s'lik hava hızı bitkinin 1., 2. ve 3. seviyesindeki ortalama kalıntı miktarlarını sırasıyla % 32.3, % 73.2 ve % 61.7 oranlarında artırmıştır. Bitkinin özellikle 2. ve 3. seviyelerindeki kalıntı miktarlarında sağlanan bu artış, ilacın bitki içerisine penetrasyonunun iyileşmesi anlamına gelmektedir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, hava hızına bağlı olarak farklı bitki seviyelerinde toplanan kalıntı miktarları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Bu farklılıklara ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 6' da verilmiştir.



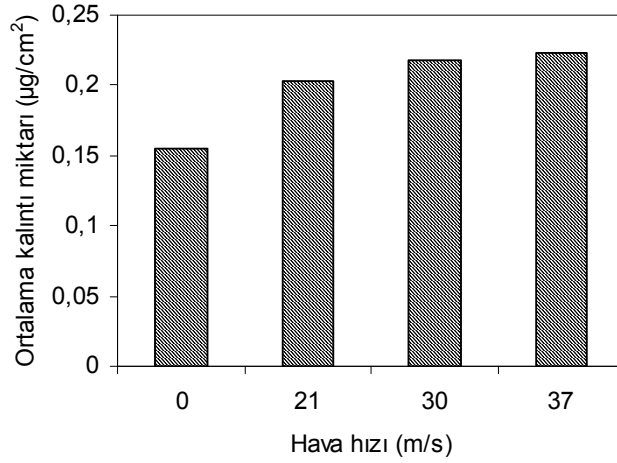
Şekil 8. Farklı bitki seviyelerinde toplanan ortalama kalıntı miktarları

Klasik ve yardımcı hava akımlı uygulamalarla hedef bitkilerde toplanan ortalama kalıntı miktarları Şekil 9 'da verilmiştir. Şekil 9 incelendiğinde, bitkide sağlanan en düşük ortalama kalıntı miktarı klasik uygulamada elde edilmiştir. Yardımcı hava akımlı uygulamada, hava hızı arttıkça ortalama kalıntı miktarı artmıştır. Klasik uygulamayla karşılaştırıldığında 21, 30 ve 37 m/s' lik hava hızları, bitkilerde toplanan ortalama kalıntı miktarını sırasıyla % 30.96, % 40.65 ve % 43.87 oranlarında artırmıştır. Varyans analizi sonuçları, hava hızına bağlı olarak bitkilerde sağlanan ortalama kalıntı miktarları arasındaki farklılığın önemli olduğunu ($P < 0.05$) göstermiştir.

Çizelge 6. Farklı bitki seviyelerinde toplanan ortalama kalıntı miktarlarına ilişkin Duncan testi sonuçları

Hava hızı (m/s)	Ortalama kalıntı miktarı (µg/cm ²)		
	1. Seviye*	2. Seviye*	3. Seviye*
0	0.322 b	0.097 c	0.047 b
21	0.416 a	0.131 b	0.062 ab
30	0.418 a	0.161 a	0.074 a
37	0.426 a	0.168 a	0.076 a

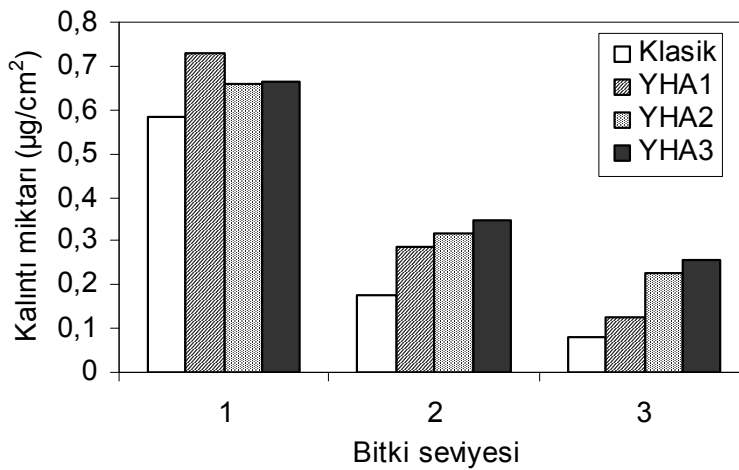
*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0.05$)



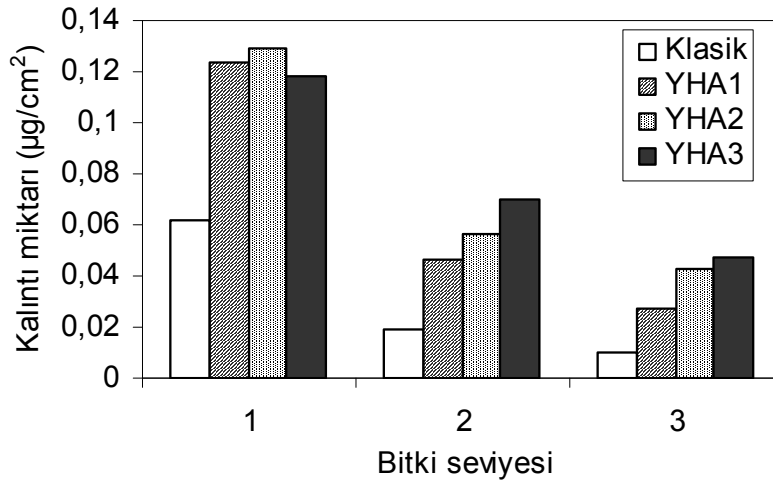
Şekil 9. Hedef bitkilerde sağlanan ortalama kalıntı miktarları

4.2. Meme Konumu ve Hava Akımı Doğrultusunun İlaç Kalıntı Miktarına Etkileri

Farklı meme konumu-hava akımı doğrultusunun bitkiler üzerinde toplanan ilaç kalıntı miktarına ve dağılımına olan etkileri 3 farklı meme konumu-hava akımı doğrultusu kombinasyonunda yapılmıştır. Denemeler, 37 m/s'lik hava hızında yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 10 ve Şekil 11' de verilmiştir. Yöntem kısmında belirtildiği gibi YHA1, geriye doğru 30° eğimli meme-dikey hava akımlı uygulamayı; YHA2, dikey meme-dikey hava akımlı uygulamayı ve YHA3 ise dikey meme-ileriye doğru 30° eğimli hava akımlı uygulamayı ifade etmektedir.



Şekil 10. Yaprak üst yüzeylerinde toplanan ilaç kalıntı miktarına meme konumu-hava akımı doğrultusunun etkileri



Şekil 11. Yaprak alt yüzeylerinde toplanan ilaç kalıntı miktarına meme konumu-hava akımı doğrultusunun etkileri

Şekil 10 ve 11 incelendiğinde, memenin yere doğru dikey olduğu hava akımsız klasik ilaç uygulamasına göre meme konumu-hava akımı doğrultusunun 3 farklı kombinasyonunun hem yaprak üst yüzeylerinde, hem de yaprak alt yüzeylerinde önemli kalıntı artışları sağladığı görülebilir. Ancak bu kalıntı artışları, kullanılan meme konumu-hava akımı doğrultusuna göre bitkinin değişik seviyelerinde farklılıklar göstermiştir.

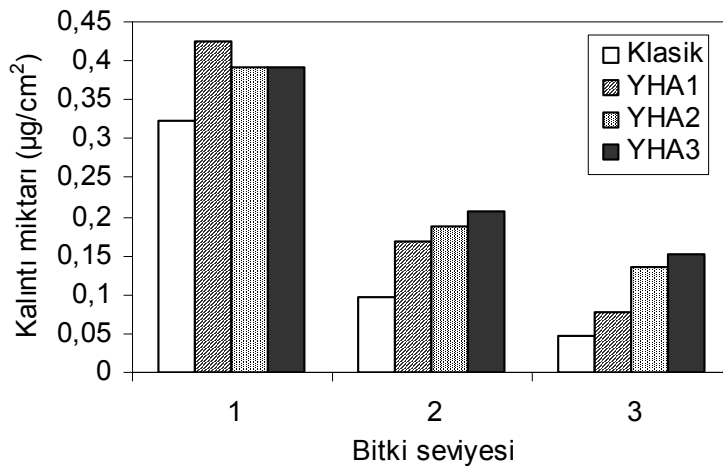
Şekil 10' da görüleceği gibi, 1. bitki seviyesindeki yaprak üst yüzeylerinde en fazla kalıntı artışı YHA1 uygulamasında, 2. ve 3. bitki seviyelerinde ise YHA3 uygulamasında elde edilmiştir. 1. bitki seviyesindeki yaprakların üst yüzeylerinde klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımlı YHA1, YHA2 ve YHA3 uygulamalarıyla sağlanan kalıntı artışları sırasıyla % 25.1, % 12.9 ve % 14.4; 2. bitki seviyesinde % 66.1, % 82.8 ve % 98.3; 3. bitki seviyesinde ise % 49.4, % 174.4 ve % 207.2 olarak bulunmuştur.

Şekil 11' de yaprak alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarlarına ilişkin sonuçlar incelendiğinde, yaprak üst yüzeylerinde olduğu gibi yine YHA3 uygulamasının 2. ve 3. bitki seviyelerinde en fazla kalıntı sağladığı görülebilir. Klasik uygulamayla karşılaştırıldığında YHA1, YHA2 ve YHA3 uygulamalarıyla yaprak alt yüzeylerinde sağlanan kalıntı artışları

1. bitki seviyesinde sırasıyla % 100, % 108 ve % 90.3; 2. bitki seviyesinde % 142.1, % 194.7 ve % 268.4; 3. bitki seviyesinde ise sırasıyla % 170, % 330 ve % 370' dir.

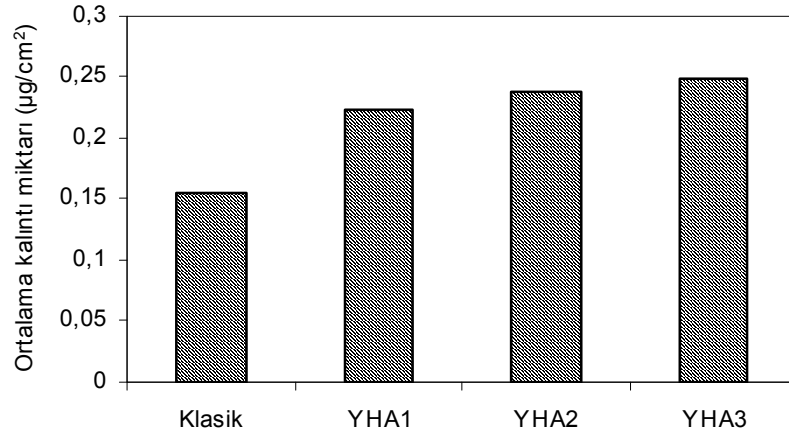
Şekil 10 ve 11' deki sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, yardımcı hava akımlı uygulamalarla sağlanan kalıntı artışlarının bitkinin 2. ve 3. seviyelerinde yani bitkinin alt kısımlarında daha fazla olduğu ve yaprak alt yüzeylerindeki kalıntı artışlarının yaprak üst yüzeylerine göre daha yüksek olduğu anlaşılabılır. Bu durum bitki içerisine ilaç penetrasyonunun iyileştiğini göstermektedir.

Yaprak üst-alt yüzeyi göz önüne alınmaksızın üç farklı bitki seviyesinde toplanan ortalama kalıntı miktarlarının uygulanan yöntemlere göre değişimi ise Şekil 12' de verilmiştir. Şekil 12' incelendiğinde, gerek klasik, gerekse 3 farklı meme konumu-hava akımı kombinasyonunda en fazla kalıntı miktarının bitkilerin en üst kısmı olan 1. seviyesinde, en az kalıntı miktarının ise bitkilerin en alt kısmı olan 3. seviyesinde toplandığı görülebilir. Ancak klasik uygulamayla karşılaştırıldığında, yardımcı hava akımlı uygulamaların bitkinin özellikle 2. ve 3. seviyelerinde toplanan kalıntı miktarlarını oldukça önemli miktarda artırdığı ve penetrasyonun iyileştiği görülebilir. Klasik uygulamaya göre YHA1, YHA2 ve YHA3 yöntemleri 1. bitki seviyesinde sırasıyla % 32.3, % 22.0 ve % 21.7; 2. bitki seviyesinde % 73.2, % 92.8 ve % 114.3; 3. bitki seviyesinde ise % 61.7, % 189.4 ve % 212.8 oranlarında kalıntı artışları sağlamışlardır.



Şekil 12. Farklı bitki seviyelerinde toplanan ortalama kalıntı miktarlarına meme konumu-hava akımı doğrultusunun etkileri

Bitki seviyesi göz önüne alınmaksızın hedef bitkilerde toplanan ortalama kalıntı miktarları Şekil 13’ de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, yardımcı hava akımlı 3 uygulama yöntemi de klasik uygulamaya göre bitki üzerinde toplanan ortalama kalıntı miktarını önemli ölçüde artırmıştır. Ancak yardımcı hava akımlı yöntemler arasında en fazla kalıntı artışı, dikey meme-ileriye doğru 30° eğimli yönlendirilmiş hava akımlı uygulama yöntemiyle elde edilmiştir. YHA1, YHA2 ve YHA3 yöntemleriyle ortalama kalıntı miktarında sağlanan artışlar sırasıyla % 43.9, % 54.2 ve % 61.3 olarak bulunmuştur.



Şekil 13. Bitkilerde toplanan ortalama kalıntı miktarlarına meme konumu-hava akımı doğrultusunun etkileri

4.3. Yardımcı Hava Akımlı İlaçlamada İlaç Kalıntı Miktarına Damla Çapı ve Uygulama Normunun Etkileri

Farklı damla çaplarında ve uygulama normlarında, yardımcı hava akımlı ilaç uygulama etkinliğinin karşılaştırılabilmesi amacıyla, meme plakası delik çapı farklı olan 2 meme grubu kullanılmıştır. Böylece plaka delik çapları farklı olduğu için sabit çalışma basıncı ve ilerleme hızında farklı damla çapları ve uygulama normu elde edilmiştir. Bu denemeler, geriye doğru 30° eğimli meme-dikey hava akımı kombinasyonunda (YHA1) yapılmış olup 37 m/s’lik hava hızı kullanılmıştır. Denemelerden elde edilen sonuçlar Çizelge 7 ve 8’ de verilmiştir.

Çizelge 7. Damla çapına ve uygulama normuna bağlı olarak farklı bitki seviyelerindeki yaprakların üst yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarları ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

Uygulama tipi	Uygulama normu	VMD (μm)	Bitki seviyesi		
			1	2	3
Klasik	18.0	132	0.512	0.167	0.081
Yardımcı hava akımlı	18.0	132	0.622	0.320	0.228
Klasik	24.4	164	0.582	0.174	0.083
Yardımcı hava akımlı	24.4	164	0.728	0.289	0.124

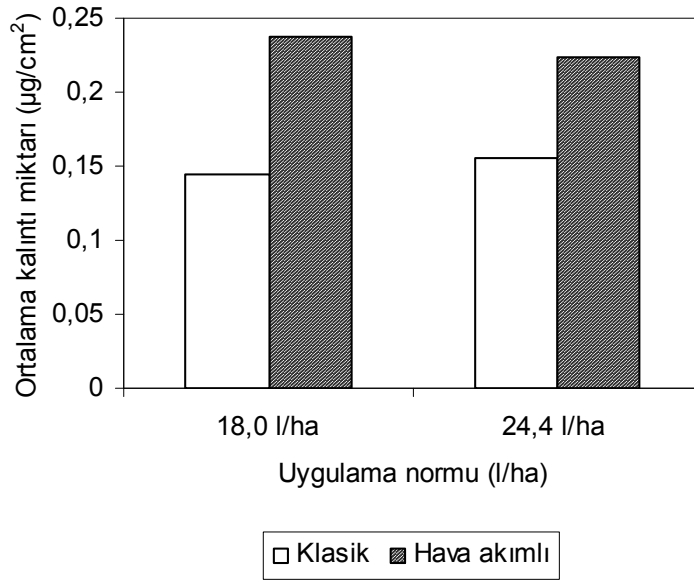
Çizelge 8. Damla çapına ve uygulama normuna bağlı olarak farklı bitki seviyelerindeki yaprakların alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarları ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

Uygulama tipi	Uygulama normu	VMD (μm)	Bitki seviyesi		
			1	2	3
Klasik	18.0	132	0.070	0.024	0.012
Yardımcı hava akımlı	18.0	132	0.116	0.086	0.056
Klasik	24.4	164	0.062	0.019	0.010
Yardımcı hava akımlı	24.4	164	0.124	0.046	0.027

Çizelge 7’ de yaprak üst yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarları sonuçları incelendiğinde, farklı damla çapı ve uygulama normundaki klasik uygulamalarla bitkinin 1. seviyesi hariç 2. ve 3. seviyelerindeki kalıntı miktarlarının birbirlerine oldukça yakın olduğu görülebilir. Klasik uygulamalara göre, yardımcı hava akımlı uygulamalar tüm bitki seviyelerinde kalıntı artışı sağlamış olup, bu artış oranı bitkinin 1. seviyesinden 3. seviyesine doğru gidildikçe yükselmiştir. Ancak uygulama normu ve damla çapına bağlı olarak yardımcı hava akımlı uygulama etkinliği değişmiştir. 18 L/ha’ lık uygulama normu ve VMD=132 μm çaplı uygulamada, klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımı 1., 2. ve 3. bitki seviyelerinde toplanan kalıntı miktarını sırasıyla % 21.5, % 91.6 ve % 181.5 oranında artırmıştır. Buna karşın, 24.4 L/ha’ lık uygulama normu ve 164 μm çaplı uygulamada yardımcı hava akımıyla sağlanan artışlar sırasıyla % 25.1, % 66.1 ve % 49.4 bulunmuştur.

Çizelge 8’ de yaprak alt yüzeylerine ilişkin kalıntı miktarı sonuçları incelendiğinde, klasik uygulamalarla üç farklı bitki seviyesinde elde edilen kalıntı miktarlarının birbirine oldukça yakın olduğu görülebilir. Yaprak üstünde olduğu gibi yine bitkinin üst kısmından alt kısmına doğru yani 1. seviyeden 3. seviyeye gidildikçe, yardımcı hava akımıyla sağlanan kalıntı artışları daha fazla olmuştur. Uygulama normu 18 L/ha ve VMD= 132 µm iken klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımlı uygulama bitkinin 1., 2. ve 3. seviyelerinde sırasıyla % 65.7, % 258.3 ve % 366.7 kalıntı artışı sağlamıştır. Bu kalıntı artışları, 24.4 L/ha’ lık uygulama normu ve VMD= 164 µm çaplı uygulamada sırasıyla % 100, % 142.1 ve % 170 olarak elde edilmiştir.

Şekil 14’ de ise bitki seviyesi ve yaprak yüzeyi göz önüne alınmaksızın bitkilerde toplanan ortalama kalıntı miktarları verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi düşük normlu (18 L/ha) uygulamada yardımcı hava akımlı uygulama etkinliğinin daha yüksek olduğu görülebilir. Klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımıyla bitkilerde sağlanan ortalama kalıntı miktarı artışı 18 L/ha’ lık uygulama normunda (VMD= 132 µm) % 65.3 iken 24.4 L/ha’ lık uygulama normunda (VMD= 164 µm) % 43.9 olmuştur.



Şekil 14. Bitkilerde toplanan ortalama kalıntı miktarına ilaç normu ve damla çapının etkileri

Çizelge 7 ve 8 ile Şekil 14' deki sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, 18 L/ha'lık norm ve VMD=132 µm çaplı pülverizasyonda yardımcı hava akımlı uygulama etkinliğinin 24.4 L/ha'lık norm ve VMD=164 µm çaplı pülverizasyondakine göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

4.4. Yardımcı Hava Akımlı Uygulamanın Damla Sıklığına Etkileri

Yardımcı hava akımlı uygulamanın damla sıklığına etkileri öncelikle hava akımı hızına bağlı olarak incelenmiştir. Geriye doğru 30° eğimli meme-dikey hava akımlı uygulamada (YHA1) elde edilen sonuçlar Çizelge 9' da verilmiştir.

Çizelge 9. Farklı bitki seviyelerinde yaprak üst yüzeylerinde sağlanan damla sıklığı (adet/ cm²) değerleri

Hava hızı (m/s)	Bitki seviyesi			Ortalama
	1	2	3	
0	205	75	32	104
21	263(28.3)*	102(36.0)	42(34.4)	136(30.8)
30	272(32.7)	113(50.7)	45(40.6)	143(37.5)
37	269(31.3)	121(61.3)	49(53.1)	146(40.4)

* Parantez içindeki rakamlar klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımıyla damla sıklığında sağlanan % artışları göstermektedir.

Çizelge 9 incelendiğinde, klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımlı uygulamanın tüm bitki seviyelerindeki damla sıklığını artırdığı görülebilir. Ayrıca, hava akımı hızının artmasıyla, her bitki seviyesindeki damla sıklığının (1. bitki seviyesinde 37 m/s'lik uygulama hariç) arttığı anlaşılabilir. Damla sıklığında sağlanan artışlar, en düşük % 28.3 ile 21 m/s hava hızında ve 1. bitki seviyesinde elde edilirken en yüksek % 61.3 ile 37 m/s hava hızında ve 2. bitki seviyesinde elde edilmiştir. Bitki seviyesi göz önüne alınmaksızın bitkide sağlanan ortalama damla sıklığı; klasik uygulamada 104 adet/ cm² iken 21, 30 ve 37 m/s'lik hava hızlarında sırasıyla 136, 143 ve 146 adet/cm² olup, artış oranları sırasıyla % 30.8, % 37.5 ve % 40.4 olmuştur.

Farklı meme konumu-hava akımı doğrultusunun, bitkilerin farklı seviyelerindeki yaprakların üst yüzeylerinde sağladıkları damla sıklığı değerleri Çizelge 10' da verilmiştir. 3 farklı meme konumu-hava akımı doğrultusunda yapılan yardımcı hava akımlı uygulamalar 37 m/s'lik hava hızında yapılmıştır.

Çizelge 10. Farklı meme konumu-hava akımı doğrultusunda yaprak üst yüzeylerinde sağlanan damla sıklığı (adet/ cm²) değerleri

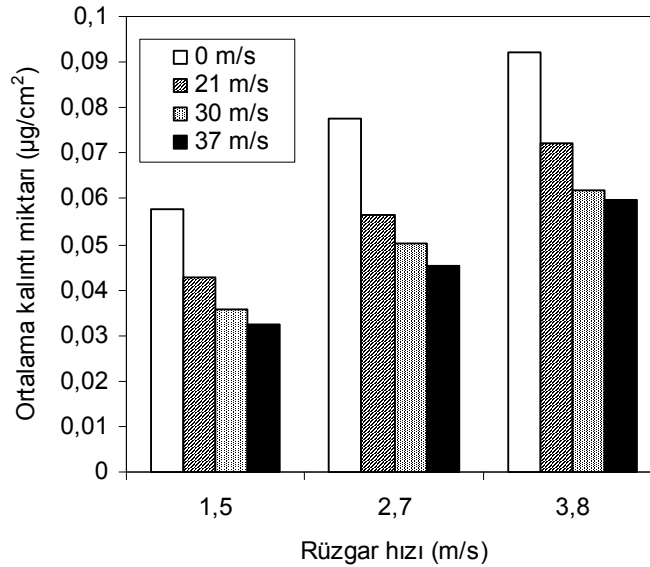
Uygulama tipi	Bitki seviyesi			Ortalama
	1	2	3	
Klasik	205	75	32	104
YHA1	269(31.3)*	121(61.3)	49(53.1)	146(40.4)
YHA2	258(25.9)	134(78.7)	79(146.9)	157(51.0)
YHA3	265(29.3)	142(89.3)	87(171.9)	165(58.7)

* Parantez içindeki rakamlar klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımıyla damla sıklığında sağlanan % artışları göstermektedir.

Çizelge 10' da görüldüğü gibi, yardımcı hava akımlı uygulamalarla yaprak üst yüzeylerinde sağlanan damla sıklığı değerleri, klasik uygulamayla sağlanan damla sıklığı değerlerinden daha yüksektir. YHA1, YHA2 ve YHA3 uygulamalarıyla damla sıklığındaki artış oranları 1. bitki seviyesinden 3. bitki seviyesine doğru gidildikçe yükselmiştir. Ayrıca, 1. bitki seviyesinde en yüksek damla sıklığı artışı geriye doğru 30° eğimli meme-dikey hava akımı kombinasyonu (YHA1) elde edilirken, 2. ve 3. bitki seviyelerinde dik meme-ileriye doğru 30° eğimli hava akımı kombinasyonu (YHA3) elde edilmiştir. Bitki seviyesine bağlı olarak yardımcı hava akımlı uygulamalarla damla sıklığında sağlanan artış oranları % 25 ile % 171.9 arasında değişmiştir. Klasik uygulamayla bitkide sağlanan ortalama damla sıklığı 104 adet/cm² iken YHA1, YHA2 ve YHA3 uygulamalarında sırasıyla 146, 157 ve 165 adet/ cm² olarak saptanmış olup, artış oranları sırasıyla % 40.4, % 51.0 ve % 58.7 oranında bulunmuştur.

4.5. Yardımcı Hava Akımının İlaç Sürüklenmesine Etkisi

Yardımcı hava akımının ilaç sürüklenmesine (drift) etkisini belirlemek amacıyla üç farklı rüzgar hızında yapılan denemelerin sonuçları ise Şekil 15’ de verilmiştir. Bu denemelerde, geriye doğru 30° eğimli meme-dikey hava akımı (YHA1) kombinasyonunda yapılmıştır. Şekil 15 ’de görüldüğü gibi, rüzgar hızı arttıkça rüzgar doğrultusunda yerleştirilen örnekleme yüzeyleri üzerinde sürüklenerek toplanan kalıntı miktarı artmıştır. Klasik uygulamada, rüzgar hızının 1.5 m/s’ den 3.8 m/s’ ye artması, sürüklenen ilaç miktarını % 60 artırmıştır. Ancak her rüzgar hızında, yardımcı hava akımı hızı arttıkça sürüklenen ilaç miktarı önemli ölçüde azalmıştır. Klasik uygulamayla karşılaştırıldığında, 1.5 m/s’ ik rüzgar hızında 21, 30 ve 37 m/s’ lik hava hızları sürüklenen kalıntı miktarını sırasıyla % 25.6, % 38.1 ve % 43.5; 2.7 m/s’ lik rüzgar hızında % 27.1, % 35.0 ve % 41.5; 3.8 m/s’ lik rüzgar hızında ise % 21.3, % 32.9 ve % 35.0 oranlarında azaltmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre, hava hızına bağlı olarak üç farklı rüzgar hızında sürüklenen kalıntı miktarları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. ($P<0.01$) Bu farklılıklara ilişkin Duncan testi sonuçları ise Çizelge 11’ de verilmiştir.



Şekil 7. Farklı rüzgar hızlarında hava hızına bağlı olarak rüzgar doğrultusunda yerleştirilen hedefler üzerindeki ortalama kalıntı miktarları

Çizelge 11. Farklı rüzgar hızlarında sürüklenen ortalama kalıntı miktarlarına ilişkin Duncan testi sonuçları

Hava hızı (m/s)	Sürüklenen ortalama kalıntı miktarı ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		
	1.5 m/s*	2.7 m/s*	3.8 m/s*
0	0.0575 a	0.0775 a	0.0920 a
21	0.0428 b	0.0565 ab	0.0724 ab
30	0.0356 c	0.0504 b	0.0617 ab
37	0.0325 d	0.0453 b	0.0598 b

* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0.05$)

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

1. Klasik uygulamayla karşılaştırıldığında, yardımcı hava akımlı uygulamalar domates bitkilerinin farklı seviyelerindeki yaprakların üst ve alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarlarında önemli artışlar sağlamıştır. Yaprak üst yüzeylerinde sağlanan kalıntı artışları % 25.1 ile % 66.1 arasında iken, yaprak alt yüzeylerinde % 15.8 ile % 170 arasında bulunmuştur.

2. Yaprak yüzeyi ve bitki seviyesi göz önüne alınmaksızın domates bitkilerinde toplanan ortalama kalıntı miktarları, klasik uygulamaya göre 21, 30 ve 37 m/s' lik hava hızlarında yapılan yardımcı hava akımlı uygulamalarla sırasıyla % 30.96, % 40.65 ve % 43.87 oranlarında artmıştır.

3. Yardımcı hava akımı hızının artmasıyla genellikle bitkilerin her seviyesindeki yaprakların üst ve alt yüzeylerinde toplanan kalıntı miktarları da artmıştır.

4. Yardımcı hava akımıyla kalıntı miktarında sağlanan artış oranları, özellikle bitkinin orta ve alt kısmı olan 2. ve 3. seviyelerinde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, yaprak altlarındaki kalıntı artış oranları yaprak üstlerine göre daha yüksek olmuştur. Bu durum, ilacın bitki içerisine penetrasyonunun klasik uygulamaya göre daha iyi olduğunu göstermektedir.

5. Üç farklı meme konumu-hava akımı doğrultusu kombinasyonunda yapılan denemeler sonunda, bitkilerde en fazla kalıntı artışı, dikey meme-ileriye doğru 30° eğimli yönlendirilmiş hava akımı kombinasyonunda (YHA3) elde edilmiştir. Geriye doğru 30° eğimli meme-dikey hava akımı (YHA1), dikey meme-dikey hava akımı (YHA2) ve dikey meme-ileriye doğru 30° eğimli hava akımı (YHA3) kombinasyonlarıyla domates bitkilerinde sağlanan ortalama kalıntı miktarı artışları sırasıyla % 43.9, % 54.2 ve % 61.3 olarak bulunmuştur.

6. İki farklı ilaç uygulama normu (18.0 ve 24.4 L/ha) ve iki farklı damla çaplı (VMD=132 ve 164 µm) uygulamalar sonunda, yardımcı hava akımının düşük norm ve küçük damla çaplı uygulamada daha etkin olduğu saptanmıştır. Klasik uygulamaya göre yardımcı hava akımıyla bitkilerde sağlanan ortalama kalıntı miktarı artışı 18.0 L/ha uygulama normu ve VMD=132 µm çaplı pülverizasyonda % 65.3 iken, 24.4 L/ha uygulama normu ve VMD=164 µm çaplı pülverizasyonda % 43.9 olarak bulunmuştur.

7. Yardımcı hava akımı, klasik uygulamaya göre damla sıklığında önemli artışlar sağlamıştır. YHA1 kombinasyonunda yapılan yardımcı hava akımlı uygulamalarla damla sıklığında sağlanan artış oranları 21, 30 ve 37 m/s' lik hava hızları için sırasıyla % 30.8, % 37.5 ve % 40.4 olarak bulunmuştur. 37 m/s' lik hava hızında ve 3 farklı meme konumu-hava akımı doğrultusunda yapılan uygulamalarda ise yine en yüksek etkinlik dikey meme-ileriye doğru 30° eğimli hava akımı kombinasyonunda (YHA3) elde edilmiş olup, damla sıklığında % 58.7 artış sağlanmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; yardımcı hava akımlı uygulamaların domates bitkilerinde toplanan ilaç kalıntı miktarını ve damla sıklığını artırdığını, bitki içerisine ilaç penetrasyonunu iyileştirdiğini ve ilaç sürüklenmesini azalttığını göstermiştir. Yardımcı hava akımının bu etkinliği, hava hızının artmasıyla artmıştır. Bu nedenle, tam gelişme dönemindeki domateste yardımcı hava akımlı uygulamalar yapılırken yüksek hava hızlarının seçilmesi ilaç uygulama etkinliğini artıracaktır. Meme konumu-hava akımı doğrultusunun üç farklı kombinasyonu içerisinde en yüksek etkinlik dikey meme-ileriye doğru 30° eğimli hava akımı kombinasyonunda (YHA3) elde edildiğinden, domates ilaçlamasında bu kombinasyonun kullanılması tercih edilmelidir. Düşük norm ve küçük damla çaplı pülverizasyonlarda yardımcı hava akımlı uygulama etkinliği daha yüksek bulunduğu için küçük damla çaplı uygulamalara öncelik verilmelidir. Ancak rüzgar hızının fazla olduğu durumlarda, küçük damlaların sürüklenme riskinin daha yüksek olacağı da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, rüzgarlı koşullarda yapılacak ilaçlamalarda, özellikle yardımcı hava akımı hızının olabildiğince yüksek seçilmesi, sürüklenme nedeniyle oluşacak ilaç kayıplarını en aza indirecektir.

6. KAYNAKLAR

- Andersen, P.G., M.K. Jorgensen, and W.A. Taylor, 1989. Hardi Twin Air Assistance for Field Crop Sprayer-The Status After 10 Years in Use. 7th International Congress on Mechanisation and Energy, p. 35-41, Adana, TÜRKİYE.
- Anonim, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Kimya Sanayi (Tarım İlaçları) Özel İhtisas Komisyon Raporu Yayın No: DPT (2591-ÖİK:603).
- Anonymous, 1989. Hardi's 'Twin' Generates own Airflow to Minimise Drift. Agriculture International, 41(5):146.
- Anonymous, 1991. Drift Reduction Test Results. Hardi Twin System Sprayers.
- Anonymous, 1998. Twin Book 675411-GB-98/11. Hardi International, 43 p.
- Bayat, A., 1991. Turunçgil İlaçlamasında Klasik Püskürtme Yöntemleri ve Elektrostatik Yükleme Yöntemi Etkinliğinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi, 177 s., Adana.
- 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., 1983. Şeker Pancarı Tarımsal Savaşında Turbo Atomizörlerin İlaçlama Karakteristikleri ve İş Başarıları Üzerinde Bir Araştırma. A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü Doktora Tezi (Yayımlanmamış), Ankara.
- Çilingir, İ. ve E.Dursun, 2002. Bitki Koruma Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1531, Ders Kitabı:484, 248 s., Ankara.
- Darvishvand, M. and R.B. Brown, 1997. Performance of an Air-Assist Forestry Boom Sprayer. Canadian Agricultural Engineering, 39 (4): 281-287.
- Delen, N., 1990. Pestisitler. E.Ü. Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayınları: Y-3, 4 s., Bornova.
- Dursun E. ve İ. Çilingir. 1991. Pülverizasyon Karakteristikleri ve Buna Etkili Faktörler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1206, Derlemeler: 49, 34 s., Ankara.
- Dursun, E., 1996. Farklı İlaç Uygulama Yöntemlerinin Damla Sıklığına Etkilerinin Belirlenmesi. 6. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, s. 380-389, Ankara.
- Dursun, E., 2002. Domateste Yardımcı Hava Akımlı İlaç Uygulama Etkinliğinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi (Yayımlanmak üzere kabul edildi).

- Furness, G.O., 1991. A Comparison of a Simple Bluff Plate and Axial Fans for Air-Assisted, High-Speed, Low-Volume Spray Application to Wheat and Sunflower Plants. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 48: 57-75.
- Gochlich, H. and M. Hosseinipour, 1979. Abdrift von pflanzenschutzwirkstoffen bei driftgefährdeten pflanzenschutzmassnahmen. Abschlussbericht des Institutes für Landtechnik und Baumaschinen der TU-Berlin.
- 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.
- Hislop, E.C., N.M. Western, B.K. Cooke, and R. Butler, 1993. Experimental Air-Assisted Spraying of Young Cereal Plants Under Controlled Conditions. *Crop Protection*, 12 (3): 193-200.
- 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.
- Hussain, Md.D., 1984. Electrostatic Charging of Spray Liquids of Hand and Shoulder Carried Sprayers for Third World Countries. Dissertation, 178 p., Hohenheim.
- Jeffrey, W. and W.A. Taylor, 1991. Manipulation of Spray Deposits on Cereals With Air Assistance. In: *Air-Assisted Spraying in Crop Protection*. BCPC Monograph 46, (Ed. By A. Lavers, P. Herrington and E.S.E. Southcombe), pp. 273-274, BCPC, Farnham, UK.
- Kansu, İ.A., 1981. Hastalık ve Zararlılarla Savaş Yoluyla Bitkisel Üretim Arttırılması Olanakları. Tarım-Orman Bakanlığı Türkiye II. Tarım Kongresi, Ankara.
- Khair, A.I., T.G. Carpenter, and D.L. Reichard, 1994. Effects of Air Jets on Deposition of Charged Spray in Plant Canopies. *Transaction of the ASAE*, 37(5): 1423-1429.
- 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.

- Manor, G., A. Hofner, R. Or, G. Phishler, Y. Epstein, T. Nakash, and M. Jacobi, 1989. Air Stream Facilitated Application of Cotton Foliage Treatments. Transaction of the ASAE, 32 (1) : 37-40.
- McCool, W.C. and J.T.Walker, 1987. Air-assist for an Electrodynamic Sprayer. Transactions of the ASAE, 30 (3): 624-629.
- Mercan, S., A. Bayat ve Y.Zeren, 1988. Tarla Pülverizatörlerinde Damlaların Hava İle Taşınmasında Biyolojik Etkinliğin Saptanması. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi, s. 247-258, Erzurum.
- Morgan, N.A., 1991. The Effects of Air Assistance on the Distribution of Spray Drops on Targets. In: Air-Assisted Spraying in Crop Protection. BCPC Monograph 46, (Ed. By A. Lavers, P. Herrington and E.S.E. Southcombe), pp. 305-308, BCPC, Farnham, UK.
- Piche, M., B. Panneton, and R. Theriault, 2000. Field Evaluation of Air-Assisted Boom Spraying on Broccoli and Potato. Transaction of the ASAE, 43 (4) : 793-799.
- Quanquin, B., 1992. Less Drift, More on Target with the Twin System. ASAE Paper No: 921564, St. Joseph, MI.
- Ringel, R., W.A. Taylor, and P.G. Anderson, 1991. Charging Spray Deposits From Horizontal to Vertical Surfaces at Ground Level within Cereal Rows Using Air Assistance. In: Air-Assisted Spraying in Crop Protection. BCPC Monograph 46, (Ed. By A. Lavers, P. Herrington and E.S.E. Southcombe), pp. 297-298, UK.
- Sağlam, R., 1992. Pamukta Uçakla Defolyant Uygulamaları Üzerine Araştırmalar. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi, 173 s., Adana.
- Toros, S. ve S. Maden, 1991. Tarımsal Savaşım Yöntem ve İlaçları. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1222, Ders Kitabı (İkinci Baskı), 332 s., Ankara.
- Watson, D.G. and R.L. Wolf, 1985. Air Carrier Technique for Row Crop Spraying Application. Transactions of the ASAE, 28(5):1445-1448.
- Zeren Y. ve A. Bayat, 1995. Tarımsal Savaş Mekanizasyonu. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 16, Ders Kitabı, 351 s., Adana.

7. EKLER

7.1. Mali Bilanço ve Açıklamaları

Bu proje kapsamında yapılan harcamalar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Tarih	Satın alınan malzeme cinsi	Nerede kullanıldığı	Tutarı (TL)
28.06.2000	Fluorescein sodium	Kalıntımın belirlenmesinde	117.000.000
10.07.2000	-Filtre kağıdı - Fluorescein sodium	Kalıntının belirlenmesinde	70.200.000 48.262.500
13.07.2001	-Fan hareket iletim sistemi -Rulman ve yatağı	Hidrolik motordan fana hareket iletiminde	95.000.000 50.000.000
13.07.2001	Fan	Hava akımı oluşturmada	145.000.000
27.07.2001	-Hidrolik motor -Sac ve profil	-Fanın çalıştırılmasında -Çatı yapımında	109.800.000 35.000.000
01.08.2001	Cam kavanoz	Örneklemelede	60.000.000
02.08.2001	Vana, dirsek, rekor	Hidrolik sistemde	83.945.200
28.09.2001	-Basınç emniyet valfi -Çek valf ve rekorları	Hidrolik sistemde	80.000.000 48.000.000
10.11.2001	-Filtre Kağıdı -İz maddesi	Kalıntı miktarının belirlenmesi	80.000.000 60.000.000
GENEL TOPLAM			1.082.207.700

7.2. Makine ve Teçhizatın Konumu ve İlerideki Kullanımına Dair Açıklamalar

Bu proje kapsamında satın alınan makine ve teçhizat (fan, hidrolik motor vb.) denemelerde kullanılmak üzere oluşturulan yardımcı hava akımlı deneme pülverizatörünün üzerinde bulunmaktadır. Bu proje tamamlanmış, ancak domates dışındaki diğer tarımsal ürünlerde de yardımcı hava akımlı ilaç uygulama tekniğinin etkinliği üzerindeki çalışmalara devam edilmesi düşünülmektedir. Bu nedenle, uygun bulunması durumunda, ilgili makine ve teçhizat önümüzdeki yıllarda da kullanılacaktır.

7.3. Yayınlar (hakemli bilimsel dergiler) ve tezler

Bu projeden elde edilen sonuçların bir kısmı kullanılarak yayın haline dönüştürülmüş ve Fakültemizin Tarım Bilimleri Dergisinde (hakemli) yayımlanmak üzere sıraya alınmıştır. İlgili yayın ekte verilmiştir.