

## Biyolojik Mücadele Etmenlerinin Uygulanmasında İlaçlama Ünitelerinin Rolü

**Bahadır SAYINCI**      **Saim BASTABAN**

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü 25240, Erzurum (bsayinci@atauni.edu.tr)

**Geliş Tarihi: 24.06.2008**

**ÖZET:** Doğal kaynaklardan üretilen biyopreparatların uygulanmasında konvansiyonel ilaçlama üniteleri kullanılmaktadır. Patojen mikroorganizmalar olan biyolojik mücadele etmenlerinin yaşam aktivitelerinde uygulama ünitelerinin önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. İlaçlama ekipmanlarında kullanılan meme tipi ve seçilen işletme parametreleri canlı organizmalarda hidrodinamik strese yol açabilmekte, damla spektrumunda yer alan ince yapılı damlalardan dolayı preparatın taşınma etkinliği azalabilmekte veya pompa ve karıştırıcıdan dolayı karışımın sıcaklığı artarak canlı aktivitenin azalmasına neden olabilmektedirler. Bu çalışmada, biyopreparatların yaşam aktivitelerinde ilaçlama ünitelerinin rolü belirtilmiş ve biyolojik etkinliği sınırlayan etmenler literatür ışığında özetlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Biyolojik Mücadele Etmenleri, Biyopreparatlar, İlaçlama Üniteleri, İşletme parametreleri,

### The Role of Spray Units on Biological Control Agent Application

**ABSTRACT:** Conventional spraying units can be used for application of biopreparation that is biological control agent which has been produced out of natural resources. It is specified that spraying units have an important role on survival activity of agent, pathogen microorganism. Nozzle type used on spraying equipment, and selected operational parameters can cause hydrodynamic stress on active organisms. The transportation efficiency of biopreparation can decrease due to fine droplets in drop spectrum. Survival activity of biological control agent can be limited due to spray pump and mixer of spraying equipment increase temperature of spray mixture. This study describes the role of spraying units in the survival activity of the biopreparations and summaries biologic efficiency.

**Keywords:** Biological control agent, Biopreparations, Spray units, Operational parameters

### GİRİŞ

Kimyasal mücadelede kullanılan sentetik içerikli pestisitler insan ve ekosistemde önemli bir risk potansiyeline sahiptir (Farooq vd., 2001). Bu nedenle son yıllarda çevre ile dost, toksik etkisi düşük olan biyolojik mücadele etmenlerinin kullanımına yönelik arayışlar vardır. Toprak ve bitki gibi tamamen doğal kaynaklardan üretilen biyopreparatların en önemli özelliği entegre mücadele yönetimine uygun olması, düşük dozlarda kullanılması, insan sağlığı ve çevre kirliliği yönünden düşük riskli grupta yer almasıdır. Türkiye’de 2002 yılı verilerine göre bu grupta yer alan pestisitlerin toplam tüketimdeki payı %4,5 olarak bildirilmiştir (Delen vd., 2005).

### Biyolojik Mücadelede Kullanılan Entomopatojenler ve Etki Şekilleri

Biyolojik kaynaklardan üretilen preparatlar parazit mikroorganizmalar olup patojen olarak anılmakta ve konukçularının ölümüne neden olan binlerce mikroorganizmayı etrafa dağıttıklarından rüzgar ve yağmurun etkisiyle geniş alanlara yayılabilmektedir. İçeriğinde bakteri, fungus, virüs veya protozoa bulunan patojenler biyolojik pestisit, biyopestisit, biyolojik ajan veya kontrol ajanı olarak da anılmaktadır. Preparat kaynağı olarak bu patojenlere ait canlı organizmaların bizzat kendileri, öldürülmüş formları veya üretmiş oldukları metabolitlerden faydalandığı gibi doğal yolla bitki ve topraktan da elde edilebilmektedir (Yıldırım, 2008).

Biyolojik mücadele etmenlerinden entomopatojen bakteriler vücutta toksin ihtiva eden kristalleri oluşturarak; entomopatojen funguslar konuk boşluğunu misellerin doldurması sonucu salgıladıkları toksinlerle; entomopatojen virüsler zararlıların yağ dokusunu, bağırsağını veya kan hücrelerini enfekte ederek hücrelerin sitoplazmasında veya çekirdeğinde çoğalmasıyla; entomopatojen nematodlar sindirim sistemlerinde bulunan bakterinin konukçusu olan böceğin içeri girmesiyle etki etmektedir (Kepenekçi vd., 2002; Shapiro-Ilan vd., 2006; Yıldırım, 2008).

### Sentetik Pestisit ve Biyopestisitlerin Biyolojik Aktivitedeki Rolü

Sentetik içerikli pestisitlerle karşılaştırıldığında biyopreparatların özelliklerine ilişkin bazı hususlara dikkat çekilmiştir. Bunlar, zararlıya tesir etme süresinin daha yavaş olması (Günçan ve Durmuşoğlu, 2004), etki süresinin daha kısa olması (Cornish vd., 1993) ve uygulanan biyopreparata göre uygun bir ilaçlama ünitesinin seçilmesidir (Navon, 2000). Uygulamalarda damla boyutu, uygulama hacmi ve işletme basıncı parametreleri zararlı yönetiminde etkili olduğundan (Shapiro-Ilan vd., 2006) çoğu araştırmada preparat kaynağının kendisi ile birlikte uygulama ünitesinin biyolojik aktivitedeki rolü üzerinde durulmaktadır.

Uygulamada preparat halindeki patojenin taşınabilme özelliği, pülverizasyon sonucu üretilen damla boyutunun uygun büyüklükte olmasına

bağlıdır. Bunun yanısıra damla spektrumundaki dağılımın homojen olması patojenin taşınma etkinliğinde önemli rol oynamaktadır.

### Konvansiyonel Uygulamalarda Kullanılan Bazı İlaçlama Üniteleri ve Damla Boyutu

İlaçlamada çok düşük (ULV) ve düşük (LV) hacimli uygulamalar için döner diskli memeler, elektrostatik yüklemeli üniteler, hava akım üniteli püskürtme başlıkları; orta (MV) ve yüksek hacimli (HV) uygulamalarda sırt pülverizatörleri, sırt atomizörleri, hidrolik memelerin kullanıldığı tarla pülverizatörleri, turbo atomizör ve püskürtme tabancaları kullanılmaktadır. Pülverizasyon karakteristiği ince yapılı olan damlalar daha çok döner diskli meme ve yardımcı hava akımının kullanıldığı ünitelerle sağlanmaktadır. Döner diskli ünitelerde sıvının besleme memesine iletilmesi yerçekimi etkisiyle veya düşük işletme basınçlarıyla (1,5 bar<) sağlandığından pülverizasyonun oluşması için sıvıda gerilime neden olan hidrodinamik zorlanmanın etkisi çok düşüktür. Damlalar diskin

dönü hareketiyle parçalanmakta ve kazandığı kinetik enerjiyle hedefe taşınmaktadır. Konvansiyonel tarla pülverizatörlerinde kullanılan hidrolik memelerde damlanın oluşması ve hedefe taşınması hidrolik basınç enerjisi ile sağlanmakta ve işletme basınçları tarla uygulamalarında 2-6 bar arasında, bahçe uygulamalarında 40 bar'ın üzerine çıkabilmektedir (Zeren ve Bayat, 1999).

İlaçlama ünitelerinin tasarım özellikleriyle seçilen bazı işletme parametreleri damlaların farklı pülverizasyon karakteristiklerinde [çok ince, VF (150  $\mu\text{m}$ <); ince, F (150-250  $\mu\text{m}$ ); orta, M (250-350  $\mu\text{m}$ ); kaba, C (350-450  $\mu\text{m}$ ); çok kaba, VC (450-550  $\mu\text{m}$ ); aşırı kaba, XC (>550  $\mu\text{m}$ ), ASAE Standarts, 1999] oluşmasını sağlamaktadır (Nuyttens vd. 2007). Döner diskli memelerde disk hızı, hidrolik memelerde ise işletme basıncı damla spektrumunda yer alan yarıyaşlı damlaların boyutsal dağılımında önemli bir etkiye sahiptir. Bazı ilaçlama ünitelerinin pülverizasyon karakteristikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Bazı ilaçlama ünitelerinde karakteristik damla çapları

İlaçlama ünitesi	Damla çapı	Literatür
Soğuk sisleyici	8-22 $\mu\text{m}$	Gan-Mor ve Matthews, 2003
Elektrostatik yüklemeli atomizörler	15-25 $\mu\text{m}$	Gan-Mor ve Matthews, 2003
Sırt atomizörü	100-200 $\mu\text{m}$	Gan-Mor ve Matthews, 2003
Standart yelpaze hüzmeli hidrolik memeler	160-190 $\mu\text{m}$	Womac vd. 2001
Konik hüzmeli hidrolik memeler	186-235 $\mu\text{m}$	Piche vd. 2000
Hava emişli hidrolik memeler	390-650 $\mu\text{m}$	Womac vd. 2001
Bahçe pülverizatörleri (turbo atomizörler)	130-200 $\mu\text{m}$	Gan-Mor ve Matthews, 2003
Yardımcı hava akımıyla birlikte kullanılan hidrolik memeler	114-179 $\mu\text{m}$	Womac vd. 1992
Hava akım üniteli döner kafesli püskürtme başlıkları	145 $\mu\text{m}$ (3000 $\text{min}^{-1}$ )	Bozdoğan ve Bayat, 2005
Döner diskli memeler	110 $\mu\text{m}$ (4000 $\text{min}^{-1}$ ) 267-337 $\mu\text{m}$ (2000 $\text{min}^{-1}$ ) 130-140 $\mu\text{m}$ (3500 $\text{min}^{-1}$ ) 80-90 $\mu\text{m}$ (5000 $\text{min}^{-1}$ )	Bozdoğan ve Bayat, 2005 Bode vd. 1983 Holland vd. 1997 Holland vd. 1997

### İlaçlama Ünitelerinde Biyolojik Aktiviteyi Sınırlayan Etmenler

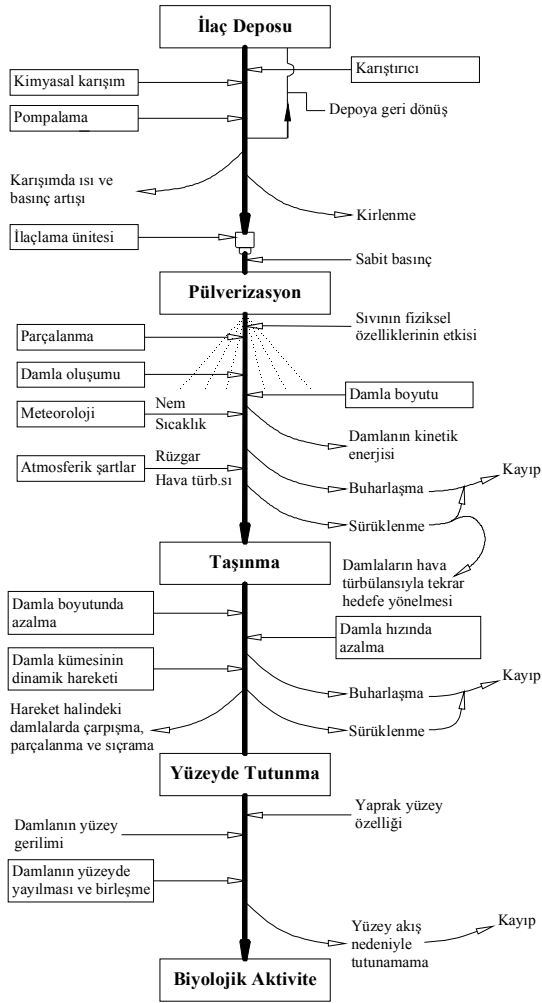
İlaç uygulamalarında biyolojik aktiviteyi sınırlandıran pek çok faktör bulunmaktadır (Şekil 1). Zararlı veya hastalık etmenlerine karşı kullanılan preparatların biyolojik aktivitedeki başarısı, aktif maddenin hedefe yeterince taşınmasına ve yüzeyde tutunmasına bağlı olup ilaçlama ünitelerinin tasarım özellikleri, yardımcı hava akımının kullanılması, pülverizasyon sonucu üretilen damla boyutu ve spektrumu, işletme basıncı ve uygulama normu değişkenleri ilaç uygulama performansını etkileyebilmektedir. İlaçlama anında ortamın sıcaklığı, nispi nemi ve rüzgar hızı aktif maddenin taşınma etkinliğinde rol oynarken (Hoffmann ve Salyani, 1996) bitkinin kanopi yapısı, yaprak

yoğunluğu ve yaprağın morfolojik özellikleri yüzeyde tutunmayı ve damlaların penetrasyonunu önemli ölçüde değiştirebilmektedir (Smith vd., 2000; Zhu vd., 2004).

Sıvıyla karışabilir özellikteki tüm preparatlarda aktif maddenin hedefe taşınma, yüzeyde tutunma ve yüzey örtme özelliğine bağlı uygulama performansı, damla boyutuna bağlı olduğundan agroteknik istekleri karşılayabilecek çok çeşitli püskürtme üniteleri tasarlanmaktadır (Şekil 2).

Biyolojik aktivitede küçük çaplı damlaların (100  $\mu\text{m}$ <) daha elverişli olduğu bildirilmektedir (Matthews, 1979). İnce yapılı damlaların yüzey kaplama özelliği ve yüzeyde tutunma etkinliği yüksek olduğundan bu tip ilaçlama üniteleriyle *Bacillus thuringiensis* preparatlarının

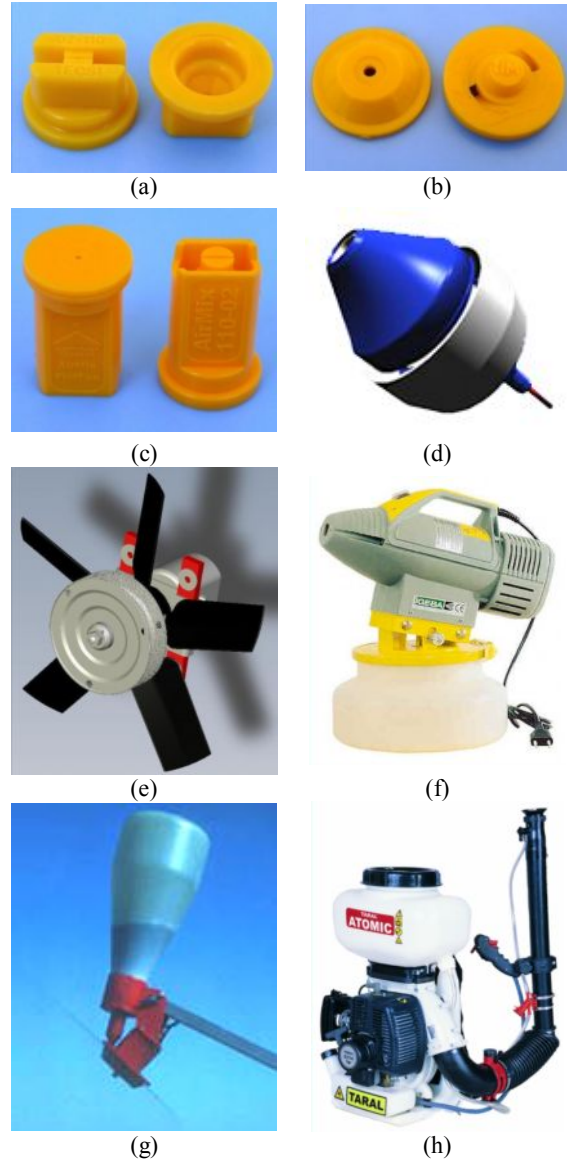
uygulanabileceği belirtilmiştir (Weeden vd., 2008). Ancak sürüklenme potansiyeli yüksek olduğundan rüzgar hızı, sıcaklık ve nemin etkisiyle hedef dışı taşınma, havada asılı kalma ve/veya buharlaşma sonucu uygulamadaki ilaç kayıpları artabilmektedir (Bode vd. 1983; Bayat ve Bozdoğan 2005).



**Şekil 1.** İlaç uygulama ünitelerinde pülverizasyon, hedefe taşınma ve yüzeyde tutunmaya etkili faktörler ile biyolojik aktiviteyi sınırlandıran etmenlerin şematik olarak gösterilmesi (Ebert vd. (1999) tarafından hazırlanan şekil Al-Sarar vd. (2006)'dan yararlanılarak verilmiştir)

İlaç penetrasyonunu arttırmak ve sürüklenmeyi minimize etmek için kaba yapıli damlalar üreten hava emişli hidrolik memeler, damlaları hava akımıyla hedefe taşıyan fanlı üniteler ve hedef yüzeyde tutunmayı arttırmak için elektrostatik yüklemeli üniteler tasarlanmıştır. İlaç kayıplarının azaltılarak biyolojik aktivitenin artırılmasına yönelik tüm bu gelişmeler içerisinde tek başına biyopreparat

uygulamaları için geliştirilmiş özel ekipmanlar bulunmadığından uygulamaların mevcut ilaçlama üniteleriyle yapılması zorunlu olmaktadır.

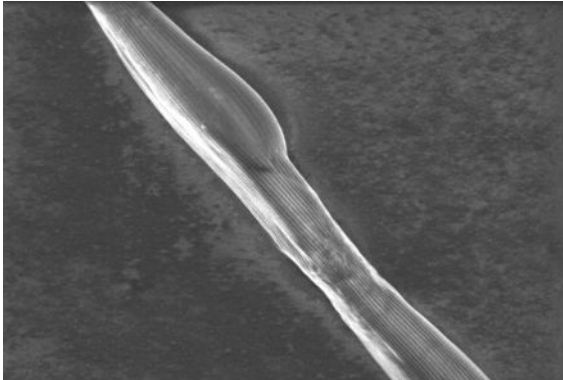


**Şekil 2.** Bazı ilaçlama üniteleri (a) standart yelpaze hüzmeli hidrolik meme (b) konik hüzmeli hidrolik meme (c) hava emişli hidrolik meme (d) elektrostatik yüklemeli meme (e) hava akımlı püskürtme başlığı (f) soğuk sisleyici (g) döner diskli meme (h) sırt atomizörü

### Uygulamalarda Biyolojik Mücadele Etmenlerinin Yaşam Aktivitelerine Etki Eden Faktörler

#### İlaçlama ünitelerinde meme tipinin entomopatojenin yaşam aktivitesine etkisi

Entomopatojen nematod türlerinde hidrodinamik stresin etkisini ortaya koymak amacıyla Fife vd. (2005) tarafından standart yelpaze hüzmeli (XR8001VS) ve konik hüzmeli (TXA8001VK) hidrolik memelerde benzeşim metodu ile akış dinamiği modellenmiştir. Nematod türlerinde meydana gelen stresin yelpaze hüzmeli memede daha fazla olduğu saptanmıştır. Yelpaze hüzmeli memede çıkış orifisinin şekli elips olduğundan bu noktaya doğru genişleyen bir akış rejimi olduğu ve son noktada kesit alanı daraldığından sıvıda gerilim oluşarak nematoda zarar verdiği saptanmıştır (Şekil 3). Konik hüzmeli memede sıvı girdap odasını döner hareketle geçerken hızı artmakta ve daha dar olan çıkışa doğru yönlendirilmektedir. Bu esnada sıvının döner hareketle kazandığı yüksek hız, hidrodinamik zorlanmaya neden olmadığından nematoda zarar vermediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. Sıvıda oluşan gerilim nedeniyle akış sonrası (hacimsel debi: 1,5 l/min) deformasyona uğramış bir entomopatojen nematodun (*Heterorhabditis bacteriophora*) elektron mikroskobu ile çekilmiş görüntüsü (Fife, 2003)

Pamukta zararlı yeşil kurt (*Helicoverpa armigera* (Hübner))'un larvalarına karşı "nuclear polyhedrosis virus (NPV)" uygulaması yapan Parnell vd. (1999), yaprak biyo analizleri sonucunda düşük hacim uygulamalı (11 l/ha,  $D_{V0.5}$ : 230  $\mu\text{m}$ , r: 1,4, <100  $\mu\text{m}$ : %12,5, <33  $\mu\text{m}$ : %0) döner diskli memenin orta hacim uygulamalı (56 l/ha,  $D_{V0.5}$ : 195  $\mu\text{m}$ , r: 2,3, <100  $\mu\text{m}$ : %62, <33  $\mu\text{m}$ : %5,2) sırt pülverizatöründen %50-100 oranında daha etkili bir kontrol sağladığını belirlemişlerdir.

#### İlaçlamada damla boyutunun entomopatojenin taşınmasına etkisi

Düşük hacim uygulamalı döner diskli memelerle üretilen damlaların çoğu (>%90) nematodu taşıyabilecek büyüklükte olmadığından uygulama etkinliğinin düşük olduğu belirtilmektedir (Mason vd., 1998, 1999).

Piggott vd. (2003) tarafından döner diskli memelerde entomopatojen nematodların taşınma etkinliğini arttırmak için yeni bir disk tasarlanmıştır. Bu tasarımda diskin kap yüksekliği ile yüzeyindeki oluk sayısı azaltılmış ve 2 V (120 ml/min, 1700 d/min,  $D_{V0.5}$ : 559  $\mu\text{m}$ ) ve 6 V (120 ml/min, 5100 d/min,  $D_{V0.5}$ : 298  $\mu\text{m}$ ) gerilimlerle diskin değişen hızlarında oluşan damlaların taşıdığı aktif larva oranı belirlenmiştir. Sonuçlar standart döner diskli meme ( $D_{V0.5}$ : 462  $\mu\text{m}$  ve  $D_{V0.5}$ : 150  $\mu\text{m}$ , Ulva<sup>+</sup>, Micron Sprayers Ltd, Bromyard, UK) ile karşılaştırıldığında aktif larva taşıyan damla oranının düşük hızlarda çalıştırılan yeni tip memede daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Al-Sarar vd., (2006) tarafından yürütülen araştırmada *Spodoptera frugiperda* (Smith) zararlısına karşı biri sentetik içerikli (cypermethrine), diğeri toprak kökenli bir biyoinsektisit olan spinosad etken maddeli preparatlar kullanılmıştır. Denemelerde damla çapı ve orifis ölçüleri farklı aynı tip XR8001 ( $D_{V0.5}$ : 163  $\mu\text{m}$ , 276 kPa 2,4 km/h) ve XR8008 ( $D_{V0.5}$ : 519  $\mu\text{m}$ , 138 kPa 13,6 km/h) ölçülü standart yelpaze hüzmeli memeler kullanılmış ve uygulamalar 187 l/ha normda yapılmıştır. Araştırma sonucunda *S. frugiperda* zararlısının cypermethrine olan duyarlılığı spinosada göre büyük orifis ölçülü memede (XR8008) daha az ve bağımsızlık geliştirme hızı daha yüksek bulunmuştur.

#### Damla yoğunluğunun entomopatojenin biyolojik aktivitesine etkisi

Shapiro-Ilan vd. (2006), zararlı yönetimde etkili bir mücadele için nematod yoğunluğunun 25 adet/cm<sup>2</sup> olması gerektiğini belirtmektedirler. Mason vd. (1998), lahana yaprak güvesinin (*Plutella xylostella* (L.)) larvalarına karşı entomopatojen nematod uygulamalarında (*Steinernema* sp. (M87): 1033  $\mu\text{m}$ , *Steinernema* sp. (SSL85): 611  $\mu\text{m}$ , *Heterorhabditis* sp.: 649  $\mu\text{m}$ ) kullandıkları düşük ve çok düşük hacim uygulamalı döner diskli memelerle hedefe taşınan bulaşık aktif larva yoğunluğuna etki eden faktörleri araştırmışlardır. Çok düşük ve düşük hacimli uygulamalarda sırasıyla Micron Ulva<sup>+</sup> ve Herbaflex (Micron Sprayers, UK) adlarıyla anılan üniteler kullanılmıştır. Damla çapları Ulva<sup>+</sup> için 50-150  $\mu\text{m}$ , Herbaflex için 200  $\mu\text{m}$  olarak belirtilmiştir. Her iki ünite farklı uygulama hacimleri için orifis ölçüleri farklı besleme memeleri kullanılmış ve Herbaflex'te 22-33 l/ha, Ulva'da 20-42-67-87 l/ha'lık normlarda ve nematodun 0-1500-3000-6000-12000

aktif larva/ml konsantrasyonlarında çalışılmıştır. Araştırma sonucuna göre uygulama normu ve/veya konsantrasyon miktarının artması aktif larva tutunma etkinliğinin artmasına neden olmuş ve birim alandaki aktif larva yoğunluğunun patojenin boyutundan etkilenmediği saptanmıştır. Her iki üniteye uygulama normu, konsantrasyon miktarı ve disk hızı faktörlerinin dışında damla spektrumunun değişmediği sonucuna varılmıştır. Çalışmada aktif larva taşıyan damlaların beklenenden daha az olduğu belirtilmiştir.

Çöl çekirgesinin (*Schistocerca gregaria* (Forskal)) mücadelesinde döner diskli meme ile entomopatojen fungus (*Metarhizium flavoviride*) uygulaması yapan Bateman vd. (1998), biyolojik aktivite ile damla yoğunluğu arasında önemli bir korelasyonun olduğunu bildirmektedirler. Tarla denemelerinde kullandıkları Ulva (D<sub>v0,5</sub>: 50-100 µm, 9000 d/min, 50 ml/min, 1 m/s, 1x10<sup>12</sup> aktif spor/l, Micron Sprayers Ltd., UK) ile uygulamadan 10 gün sonra 50 adet/cm<sup>2</sup> damla yoğunluğunda biyolojik aktivitenin %90 olduğu saptanmış, aynı etkinin 30 adet/cm<sup>2</sup> damla yoğunluğunda 12 gün sonra sağlandığı saptanmıştır.

#### **Hidrolik basıncın entomopatojenin yaşam aktivitesine etkisi**

İlaçlamada hidrolik basınç ile meme tipinin entomopatojen nematodlarda fiziksel strese neden olduğu belirlenmiş ve hidrolik basınçtaki artışın nematodların yaşam aktivitelerini olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır. Uygulamada %85'in üzerinde yaşam aktivitesinin devamlılığı için basıncın bazı nematod türlerinde (*Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora*) maksimum 20 bar, bazılarında (*Heterorhabditis megidis*) ise 13,8 bar düzeyinde olması gerektiği bildirilmiştir (Fife vd., 2003).

Nilsson ve Gripwall (1999) tarafından yürütülen araştırmada yüksek basınçlı pülverizatörler ile fungus (*Verticillium lecanii*) ve nematod (*Steinernema feltiae*) uygulamalarında pompalama periyodunun artması ile birlikte her iki preparatta yaşam aktivitesinin azaldığı, pompa basıncının 50 bar'ın üzerinde olması durumunda ise sadece funguslarda yaşam aktivitesinin önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır. Sırt pülverizatörü ve soğuk sisleme ile yapılan uygulamalarda ise her iki preparatın yaşam aktivitesinde önemli bir azalma gözlemlenmemiştir.

#### **Uygulama hacminin entomopatojenin biyolojik aktiviteye etkisi**

Küçük çaplı damlalar ile entomopatojen nematodların taşınmadığı, özellikle toprak içerisinde nemin etkisiyle yaşam aktivitelerini sürdürebilmeleri için uygulamaların yüksek hacimde yapılması gerektiği (Gan-Mor vd., 2003) ve bunun için

yüzeysel ilaçlamada daha büyük orifis ölçülü memelerin kullanılması gerektiği bildirilmiştir (Shapiro-Ilan vd., 2006).

Lello vd. (1996) tarafından yürütülen araştırmada lahana yaprak güvesinde (*Plutella xylostella* L.) biyolojik aktivitenin yüksek hacimli uygulamalarda %98 düzeyinde daha etkili olduğu saptanmıştır. Ancak düşük hacim uygulamalı döner diskli memelerde biyolojik aktivite %50 olarak bulunmasına karşın bu uygulamalarda kullanılan doz normu %9 oranında daha düşük olduğundan sonraki çalışmalarda düşük hacimli uygulamaların daha geniş yelpazede incelenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

#### **Karıştırıcı ve pompa tipinin entomopatojenin yaşam aktivitesine etkisi**

Łącznyński vd. (2006), entomopatojen nematod (*Heterorhabditis bacteriophora*) uygulamalarında depo içerisindeki hidrolik karıştırıcının ve buna bağlı olarak oluşan sıcaklık artışının patojenin yaşamsal aktivitesinde önemli olduğunu bildirmektedirler. Karıştırıcının etkisi patojende strese yol açarak yaşamsal aktiviteyi %5-6 düzeyinde; karışımdaki sıcaklığın 20 °C ve 30 °C olması durumunda sırasıyla %4,6 ve %6,4 düzeyinde azalttığı saptanmıştır.

Fife vd. (2005)'nin araştırmasında karışımın sıcaklığını arttırdığından pompa tipinin preparatın yaşam aktivitesinde önemli bir etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur. Entomopatojen nematod uygulamalarında membranlı veya dişli pompaların tercih edilmesi gerektiği bildirilmiş, santrifüj pompaların karışımın sıcaklığını arttırdığından yaşamsal aktiviteyi sınırlandırdığı sonucuna varılmıştır. Fife (2003)'nin araştırmasında iki saatlik çalışma süresinden sonra dişli ve membranlı pompalarda karışımın sıcaklığı 20-30 °C aralığında sabit kalırken, santrifüj pompalarda aynı sürede sıcaklığı 60 °C'ye kadar arttığı saptanmıştır.

#### **Çevre sıcaklığının entomopatojenin yaşam aktivitesine etkisi**

Entomopatojen funguslar zararlının vücudunda enfeksiyon yapabilmek için özel şartlara gereksinim duymaktadır (Yıldırım, 2008). Özellikle yüksek nemli bölgelerde ve mevsimlerde daha etkili olduğu ve bazı türlerin büyümesi için optimum sıcaklığın 24 °C olması gerektiği bildirilmiştir (Gökçe ve Er, 2002). Çoğunlukla toprakta bulunan ergin ve pupa popülasyonunu kontrol ettiği gibi larvalara karşı duyarlılığın oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Wraight ve Ramos, 2002).

Kepenekçi vd. (2002) tarafından yürütülen araştırmada entomopatojen nematodların Akdeniz meyve sineği (*Ceratitis capitata* (Weidemann)) pupalarına olan etkileri incelenmiş ve deneme, üç farklı sıcaklık ortamı (10, 15, 25 °C) ile preparatın üç farklı konsantrasyonunda (25, 50, 100 enfektif

larva/0,2 ml su) yürütülmüştür. Sonuçta pupa ölüm oranı en yüksek 25 °C sıcaklık ve 100 enfektif larva/0,2 ml su konsantrasyonunda bulunmuştur. Diğer sıcaklık ve konsantrasyonlarda ölü bireylere rastlanmamıştır.

### Entomopatojenlerin karışım halinde uygulanması

Wraight ve Ramos (2005), *Bacillus thuringiensis tenebrionis* ile fungal bir patojen olan *Beauveria bassiana* preparatlarının tek başına ve birlikte karışım halinde uygulanmasında patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)) larvalarının popülasyon değişimine olan etkilerini araştırmışlardır. Uygulamalarda TJ60-8006EVS (3,1 bar, 170 l/ha, Teejet) ölçülü yelpaze hüzmeli hidrolik meme, TXVS-8 (3,45 bar, 280 l/ha, Teejet) ölçülü memenin kullanıldığı sırt pülverizatörü ve seramik uçlu içi dolu konik hüzmeli meme (27,6 bar, 467,5 l/ha, Albu) kullanılmıştır. Tek başına *B. thuringiensis* uygulamasında ilk 14 gün içinde larva popülasyonunun %50-85; *B. bassiana* uygulamasında ise en fazla %25 oranında azaldığı saptanmıştır. Karışım halindeki uygulamada larva popülasyonu %90'ın üzerinde azaldığından *L. decemlineata*'nın kontrolünde her iki preparatın birlikte uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal ilaçlamada konvansiyonel yöntemlere bağlılık, biyopreparatların yurtiçinde üretilmemesi, dışa bağımlı olma zorunluluğu ve satın alma giderlerinin yüksek olması biyopreparatların kullanımını sınırlayan faktörlerdir. Başta eğitim programları uygulanarak ilaçlı mücadelede yeni teknolojilerin kullanımı, biyopreparatların hastalık ve zararlı yönetiminde etkinliği ve uygulaması, sentetik içerikli kimyasalların insan ve çevre sağlığına etkileri konularına yer verilerek geniş ölçekli araştırmaların yapılması ve sonuçların uygulama sahasına taşınması gerekmektedir.

Ülkemizde biyolojik kaynaklı preparatların üretimine yönelik girişimlere destek verilmeli, entegre mücadele kapsamında kullanılacak alternatif entomopatojen preparatların sayısı artırılmalıdır.

Zararlı veya hastalık etmenine karşı bir entomopatojen laboratuvar koşullarında başarılı bulunsun bile tarla koşullarında denemeye alındığında beklenmedik sonuçlarla karşılaşmak olası görülmektedir. Tarla uygulamalarında ilaçlama üniteleri ve işletme parametreleri ile uygulamaların yapıldığı ortama ilişkin meteorolojik etmenlerin preparatın aktivitesinde önemli bir etkiye sahip olduğu dikkate alınmalıdır.

Biyopreparat uygulamalarında kullanılan ilaçlama ünitesinin tipi, hidrolik memelerde orifis ölçüsü, uygulamadaki damla boyutu ve spektrumu,

damla yoğunluğu, hidrolik basınç, pompa tipi ve basıncı, karışımın sıcaklığı, uygulama normu, ilaç uygulama zamanı ile ilaçlama ekipmanlarında bulunan karıştırıcı gibi donanımlar preparatın yaşam aktivitesinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

### KAYNAKLAR

- Al-Sarar, A., Hall, F. R., Downer, R. A., 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.
- ASAE Standarts, 1999. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. American Society of Agricultural Engineers, ASAE S572, AUG99.
- Bateman, R.P., Douro-Kpindou, O. K., Kooyman, C., Lomer, C., Ouambama, Z., 1998. Some observations on the transfer of mycoinsecticide sprays to desert locusts. *Crop Protection*, 17 (2): 151-158.
- Bode, L. E., Butler, B. J., Pearson, S. L., Bouse, L. F., 1983. Characteristics of the micromax rotary atomizer. *Transactions of the ASAE*, 24 (4): 999-1004.
- Bozdoğan, N. Y., Bayat, A., 2005. Spray deposition and drift potential of an air-assisted atomizer (Turbofan® Sprayhead) in spraying cotton plants. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27<sup>th</sup> International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity Renewable Sources in Agriculture*, Sep., İzmir, 27-29.
- Cornish, A., Battersby, N. S., Watkinson, R. J., 1993. Environmental fate of mineral, vegetable and transesterified vegetable oils. *Pesticide Science*, 37 (2): 173-178.
- Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A., 2005. Türkiye'de pestisit kullanımı, kalıntı ve organizmalarda duyarlılık azalışı sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongre*, 3-7 Ocak, Ankara, 1-27.
- Ebert, T. A., Taylor, R. A. J., Downer, R. A., Hall, F. R., 1999. Deposition structure and efficacy I: Interaction between deposit size, toxicant concentration and deposition number. *Pesticide Science*, 55: 783-792.
- Farooq, M., Balachandar, R., Wolf, T., 2001. Assessment of an agricultural spray in a non-uniform cross-flow. *Transactions of the ASAE*, 44 (6): 1455-1460.
- Fife, J. P., 2003. Investigation of the Effect of Agricultural Spray Application. Equipment on Damage to Entomopathogenic Nematodes - A Biological Pest Control Agent. Dissertation, Ohio State University, 302 p.
- Fife, J. P., Derksen, R. C., Ozkan, H. E., Grewal, P. S., 2003. Effects of pressure differential on the viability and infectivity of entomopathogenic nematodes. *Biological Control*, 27: 65-72.
- Fife, J. P., Ozkan, H. E., Derksen, R. C., Grewal, P. S., Krause, P. S., 2005. Viability of a biological pest control agent through hydraulic nozzles. *Transactions of the ASAE*, 48: 45-54.
- Gan-Mor, S., Matthews, G. A., 2003. Recent developments in sprayers for application of biopesticides-an overview. *Biosystems Engineering*, 84 (2): 119-125.
- Gökçe, A., Er, M. K., 2002. Entomopatojenik fungus *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown&Smith kullanılarak sera bezazsineğinin, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, biyolojik mücadelesi ve sıcaklığın fungusun büyümesine etkisi. *Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri*, 4-7 Eylül, Erzurum, 345-352.
- Güncan, A., Durmuşoğlu, E., 2004. Bitkisel kökenli doğal insektisitler üzerine bir değerlendirme. *Hasad* (ISSN 1302-1702), Sayı: 233, 26-32.

- Hoffmann, W. C., Salyani, M., 1996. Spray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. *Transactions of the ASAE*, 39 (1): 17-32.
- Holland, J. M., Jepson, P. C., Jones, E. C., Turner, C. A., 1997. Comparison of spinning disc atomisers and flat fan pressure nozzles in terms of pesticide deposition and biological efficacy within cereal crops. *Crop Protection*, 16 (2): 179-185.
- Kepenekçi, İ., Zeki, C., Özdem, A., Öztürk, G., 2002. Üç entomopatojen nematodun Akdeniz meyve sineği [*Ceratitis capitata* (Wied) (Diptera: Tephritidae)] pupalarına etkileri. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 4-7 Eylül, Erzurum, 279-286.
- Łącznyński, A., Moor, A. D., Dierickx, W., Moens, M., Darius, P., Sonck, B., Ramon, H., 2006. The effect of hydraulic agitation on the viability of the nematode *Heterorhabditis bacteriophora*. *Crop Protection*, 25: 1135-1141.
- Lello, E. R., Patel, M. N., Matthews, G. A., Wright, D. J., 1996. Application technology for entomopathogenic nematodes against foliar pests. *Crop Protection*, 15 (6): 567-574.
- Mason, J. M., Matthews, G. A., Wright, D. J., 1998. Appraisal of spinning disc technology for the application of entomopathogenic nematodes. *Crop Protection*, 17 (5): 453-461.
- Mason, J. M., Matthews, G. A., Wright, D. J., 1999. Evaluation of spinning disc technology for the application of entomopathogenic nematodes against a foliar pest. *Journal of Invertebrate Pathology*, 73: 282-288.
- Matthews, G.A., 1979. *Pesticide Application Methods*. London, New York: Longman, 336 p.
- Navon, A., 2000. *Bacillus thuringiensis* insecticides in crop protection—reality and prospects. *Crop Protection*, 19: 669-676.
- Nilsson, U., Gripwall, E., 1999. Influence of application technique on the viability of the biological control agents *Verticillium lecanii* and *Steinernema feltiae*. *Crop Protection*, 18: 53-59.
- Nuytens, D., Baetens, K., Schampheleire, M. De, Sonck, B., 2007. Effect of nozzle type, size, and pressure on spray droplet characteristics. *Biosystems Engineering*, 97 (3): 333-345.
- Parnell, M. A., King, W. J., Jones, K. A., Ketunuti, U., Wetchakit, D., 1999. A comparison of motorised knapsack mistblower, medium volume application, and spinning disk, very low volume application, of *Helicoverpa armigera* nuclear polyhedrosis virus on cotton in Thailand. *Crop Protection*, 18: 259-265.
- 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.
- Piggott, S. J., Clayton, R., Matthews, G. A., Wright, D. J., 2003. Development of a new application apparatus for entomopathogenic nematodes. *Pest Management Science*, 59, 1344-1348.
- Shapiro, D. I., Gouge, D. H., Piggott, S. J., Fife, J. P., 2006. Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. *Biological Control*, 38: 124-133.
- Smith, D. B., Askew, S. D., Morris, W. H., Shaw, D. R., Boyette, M., 2000. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. *Transactions of the ASAE*, 43 (2): 255-259.
- Womac, A. R., Mulrooney, J. E., Scott, W. P., 1992. Characteristics of air-assisted and drop-nozzle sprays in cotton. *Transactions of the ASAE*, 35 (5): 1369-1376.
- 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.
- Wraight, S. P., Ramos, M. E., 2002. Application parameters affecting field efficacy of *Beauveria bassiana* foliar treatments against Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Biological Control*, 23: 164-178.
- Wraight, S. P., Ramos, M. E., 2005. Syngistic interaction between *Beauveria bassiana*- and *Bacillus thuringiensis tenebrionis*-based biopesticides applied against field populations of Colorado potato beetle larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*, 90: 139-150.
- Yıldırım, E., 2008. Tarımsal Zararlılarla Mücadele Yöntemleri ve İlaçlar. 2. Baskı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 219, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 350 s.
- Weeden, C. R., Shelton, A. M., Hoffmann, M. P., 2008. *Biological Control: A guide to natural enemies in North America*. Cornell University. <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/pathtoc.html> (Haziran 2008)
- Zeren, Y., Bayat, A., 1999. Tarımsal Savaş Mekanizasyonu. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 108, Ders Kitapları Yayın No: A-27, 2. Baskı, Adana, 351 s.
- Zhu, H., Dorner, J. W., Rowland, D. L., Derksen, R. C., Ozkan, H. E., 2004. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. *Biosystems Engineering*, 87 (3): 275-273.