

## BACILLUS THURINGIENSIS BERLINER VE ZARARLI BÖCEKLERE KARŞI KULLANIMI

Ar.Gör.Meriç KUMBAŞLI<sup>1)</sup>

### Kısa Özet

*Bacillus thuringiensis* bazı böcekler için toksik özelliği bulunan bir bakteridir. 20. yüzyılın başında ipek böceklerine arız olan bir patojen olarak düşünülmüşse de, bakteri ve toksik özelliği üzerine yapılan araştırmalar böceklerle mücadelede çok önemli bir araç olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bakteri, toksik özelliği bulunan protoksin adını verdiğimiz protein kristalleri sentezler. Böcek tarafından ağız yoluyla alınan bu toksinler böcek bağırsağında aktif toksinlere dönüşür. Bu toksinler bağırsakta spesifik reseptörlere bağlanır ve bağırsağın yırtılmasına neden olur.

*Bacillus thuringiensis*'in birçok alttürü vardır. Herbir alttür farklı yapıda toksinler üretir ve her toksinin etki ettiği böcek türleri farklıdır.

*Bacillus thuringiensis* arazide herhangi bir dayanıklılık olayına rastlanmaksızın 20 yılı aşkın süredir yoğun şekilde kullanılmaktadır. Fakat, laboratuvarında yapılan denemeler böceklerin bu biyolojik insektisite karşı dayanıklılık geliştirebilme ihtimalinin bulunduğunu ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Bacillus thuringiensis*, Etki şekli, Toksinlerin sınıflandırılması, Dayanıklılık, Ormancılıkta kullanımı

### BACILLUS THURINGIENSIS Berliner ET SON UTILISATION CONTRE LES INSECTES RAVAGEURS

#### Résumé

*Bacillus thuringiensis* est une bactérie qui possède des propriétés de toxicité à l'encontre de certains insectes. Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, elle était surtout connue comme un agent pathogène du vers à soie. On a reconnu depuis son intérêt en protection des cultures, grâce aux nombreuses études effectuées sur cette bactérie et sur sa toxicité. La bactérie synthétise des cristaux constitués de protoxines. Ces dernières une fois ingérées par l'insecte sont transformées en toxines actives au niveau du tube digestif. Les toxines ainsi activées vont se fixer sur des récepteurs spécifiques des cellules du tube digestif de l'insecte ce qui provoque d'importantes lésions et une paralysie du tube digestif.

Il existe plusieurs variétés de B.t. appelés souches. Chaque souche, qui produit des toxines différentes, agit spécifiquement sur une gamme de larves d'insectes.

B.t. a été utilisé pendant plus de 20 ans sans qu'on rapporte un seul cas de développement d'une résistance au champ. Pourtant, grâce à la conduite d'expériences en laboratoire, on a pu observer que l'apparition de phénomènes de résistance aux toxines de B.t. était tout à fait possible.

**Mots clés:** *Bacillus thuringiensis*, Mode d'action, Classification des toxines, Résistance, Utilisation en foresterie

<sup>1)</sup> İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu varoluşundan bu yana böceklerle mücadele etmektedir. Böcekler, insanları önceleri ısıarak, sokarak rahatsız etmiştir. Fakat zamanla insanoğlunun böceklerle mücadele isteği iki önemli sebepten dolayı daha da önem kazanmıştır. Bunlardan birincisi, böceklerin sıtma, sarılık gibi bazı hastalıkları taşıma özelliği, ikincisi ise insanların ihtiyaç duyduğu doğal kaynaklara ortak olmalarıdır. Kuzey Amerika'da böcek zararları, tarımsal üretimin % 13'ünün yok olmasına neden olmaktadır (MILLER 1998). Bu hesaplama diğer kıtalardaki tarımsal üretim ve orman ürünleri de katıldığı takdirde, zararlı böcekler nedeniyle uğranılan kayıplar çok daha ürkütücü rakamlara ulaşacaktır.

İlk savaş girişimleri doğal yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiş, daha sonraları ise kimya alanındaki gelişmelere paralel olarak sentetik kimyasallar kullanılmıştır. Günümüz sentetik insektisitleri eskilere göre çok daha güvenli ya da başka bir deyişle 'doğaya dost' yapıda olsalar da, bu kimyasalların uzun süre kullanımı kanser, solunum yolları problemleri, zehirlenmeler, kuşlar ya da diğer canlıları yok etmesi, insanlar ve hayvanlarda üreme problemleri gibi sorunlara neden olmaktadır (KEGLEY/WISE 1998). Tüm bu olumsuz etkiler, insanoğlunu doğal biyolojik yöntemler bulmaya zorlamıştır.

İşte bu noktada, 1900'lü yılların başında keşfedilen *Bacillus thuringiensis* zararlı böceklerle mücadelede entomologların umudu olmuştur.

## 2. BACILLUS THURINGIENSIS NEDİR?

*Bacillus thuringiensis* sporlanması esnasında böcekler için toksik kristaller üreten bir bakteri çeşididir. 1911 yılında Alman biyolojist Ernst Berliner tarafından Almanya'nın Thuringen Eyaletinde tohum silolarına arız olan patojen bakteri olarak keşfedilmiştir. Daha önce 1901 yılında Japon S. Ishiwata tarafından İpek böceklerine (*Bombyx mori* L.) arız olan bir hastalık olarak tanımlansa da literatüre Berliner tarafından sokulmuştur (BAUM ve ark. 1999).

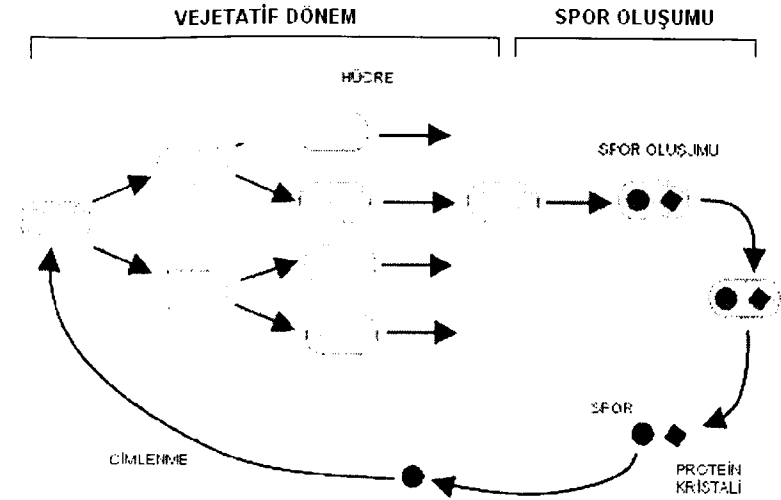
*Bacillus thuringiensis* toprakta sıkça rastlanan bir bakteri olup bazen de çeşitli bitkilerin yaprak yüzeylerinde, özellikle iğne yapraklı ağaç türlerinin yapraklarında görülebilir. Toprak ve bitki yüzeylerinde bulunursa da tohum siloları gibi böcek larvalarının bol olduğu, iklimik koşulların sabit olduğu karanlık ortamlarda kitle üremesi yapar. Böcekler arası kanibalizmin olması *Bacillus thuringiensis*'in yayılışını kolaylaştırır (LAMBERT/PERFEROEN 1992).

Berliner'den sonra birçok araştırmacı bu bakterinin entomotoksik özelliğinden nasıl yararlanılacağı konusunda çalışmıştır. Bu çalışmalar sonucunda *Bacillus thuringiensis*'in otuzdan fazla alttürü olduğu tespit edilmiştir (LERECLUS 1993). Her alttür kendine özgü insektisidal protein kristali ya da delta-endotoksini üretir ve bakterinin plazmasında tek bir genle kodlanırlar (WHALON/McGAUGHEY 1998). Üretilen herbir protein kristalin entomotoksik etkisi ait olduğu alttüre göre değişir. Bir başka deyişle her bir alttürün belirli bir böcek sınıfı veya türü üzerinde toksik etkisi bulunmaktadır. Bu özellik *Bacillus thuringiensis*'i cazip kılan en önemli etkidir.

### 2.1 *Bacillus thuringiensis*'in Gelişim Döngüsü

*Bacillus thuringiensis*'in gelişiminde iki dönem söz konusudur (Şekil 1):

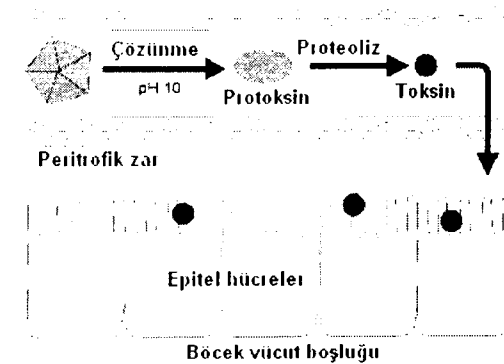
- Hücrelerin hızla çoğaldıkları vejetatif dönem.
- Spor oluşumu: Bu dönemde protein kristalleri ve sporlar oluşur. Sporlar yeni bir generasyonun oluşumunu sağlar. Protein kristallerinin ise entomotoksik özelliği bulunur.



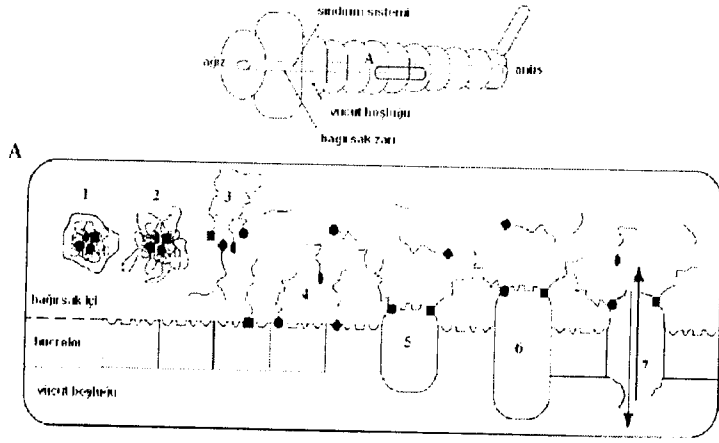
Şekil 1: *Bacillus thuringiensis*'in gelişim döngüsü (LAMBERT/PERFEROEN 1992).

### 2.2 *Bacillus thuringiensis*'in Etki Şekli ve Entomotoksik Özellikleri

*Bacillus thuringiensis*'in toksik özelliğini gösterebilmesi için öncelikle bakterinin böcek tarafından ağız yoluyla sindirim sistemine alınması gerekmektedir. Böceğin sindirim sistemine alınan *Bacillus thuringiensis* orta bağırsakta çözünür ve protoksin serbest kalır (Şekil 2). Bir sonraki aşamada protoksin etkin olan toksin formuna dönüşür. Toksin peritrofik zarı geçerek, böceğin beslenmesinde absorpsiyon görevi yapan epitel hücrelerine ulaşır. İşte bu aşamada toksin etkisini gösterir ve hücrelere zarar vererek yırtılmasına neden olur (Şekil 3). Buradan vücut boşluğuna geçen *Bacillus thuringiensis* sporları çimlenmeye başlayarak çoğalırlar. Böylece böceğin dokuları tamamen enfekte olur ve sonuçta böcek beslenmesini durdurur ve ölür. Genelde böceklerin ölümü *Bacillus thuringiensis*'in sindirim sistemine alınmasından birkaç saat sonra gerçekleşir (MARRONE/MACINTOSH 1993).



Şekil 2: *Bacillus thuringiensis* toksinlerinin aktivasyonu (LAMBERT/PERFEROEN 1992).



Şekil 3: *Bacillus thuringiensis*'in etki şekli (MARRONE/MACINTOSH 1993).

### 2.3 Biopestisit Olarak *Bacillus thuringiensis*'in Kısa Tarihi

*Bacillus thuringiensis*'in kısa tarihi kronolojik olarak aşağıda verilmiştir:

1911 : Berliner tarafından tanımlandı.

1928 : Avrupa'da mısır zararlısı *Ostrinia nubilalis* (Hübner)'e karşı kullanıldı.

1960 : ABD ve Sovyetlerde birçok endüstriyel formülasyonları üretildi ve zararlılara karşı kullanıldı.

1972 : Fransa'da zararlılara karşı kullanımı için ilk resmi izin verildi.

1977 : Bu tarihe kadar sadece Lepidopterler için kullanılan *Bacillus thuringiensis* bazı sinek türleri için de kullanıldı.

1981 : İlk *Bacillus thuringiensis* genleri klonlandı.

1983 : Coleopterler için de bir alttürü kullanıldı.

1995 : Genetik olarak değiştirilmiş *Bacillus thuringiensis* toksini sentezleyebilen tarım bitkilerinin (tütün ve domates) üretim izni alındı ve piyasaya sürüldü (USEPA 1999).

2000'li yıllar : Orman ağaçlarında *Bacillus thuringiensis* toksini sentezlemeye yönelik genetik çalışmalar başlatıldı.

### 3. *BACILLUS THURINGIENSIS* TOKSİNLERİ VE SINIFLANDIRILMASI

*Bacillus thuringiensis*'in günümüze kadar tanınlanmış 34 alttürü bulunmaktadır. Örnek olarak en çok kullanılanlardan, *kurstaki* (Lepidopterlere karşı kullanılan), *israelensis* (Dipterlere, özellikle sivrisinek ve karasineklerle karşı kullanılan), *tenebrionis* (*Leptinorsaceae* Say-Patates böceğine karşı kullanılan) alttürleri sayılabilir (WHALON/McGAUGHEY 1998). Bu alttürler tarafından, iki önemli ana gruba ayrılan protein kristalleri üretilir. Bunlar **Cyt** (cytolysins)

ve **Cry** (crystal delta-endotoxins) olarak adlandırılır. HOFTE ve WHITELEY (1989) Cry protein kristal genlerini 4 sınıfta (Tablo 1), Cyt protein kristal genlerini ise 2 sınıfta gruplandırmıştır.

CryI ve CryII toksinleri Lepidopterlere, CryII ve CryIV toksinleri Dipterlere ve CryIII toksinleri ise Coleopterlere karşı etkilidir (HOFTE/WHITELEY 1989). CryIII toksinleri *tenebrionis* ve *tolworthi* alttürleri, CryIV toksinleri ise *israelensis* alttürü tarafından üretilmektedir. Cry toksinleri böcek orta bağırsığında spesifik reseptörler vasıtasıyla tutulur. Oysa Cyt toksinleri etki edebilmeleri için spesifik reseptörlere gereksinim duymazlar (LERECLUS ve ark. 1993). Cyt protein kristal toksinleri bazı Diptera, Hemiptera ve Termitlere karşı etkilidirler (FRUTOS ve ark. 1999; (GOULD/KEETON 1996).

Tablo 1: *Bacillus thuringiensis* Delta-Endotoksinlerinin Sınıflandırılması (HOFTE/WHITELEY 1989)

| Delta-endotoksinler<br>(Cry)-endotoksinler<br>(Cry) | Protein boyutu (kDa) <sup>(*)</sup> | Etki edilen böcek sınıfı | Alttürler   |
|---|-------------------------------------|--------------------------|---|
| Sınıflar  |                                     |                          |   |
| I   | 130-140                             | Lepidoptera              | <i>kurstaki</i><br><i>berliner</i><br><i>entomocidus</i><br><i>aizawai</i><br><i>kenyae</i> |
| II  | 71                                  | Diptera ve Lepidoptera   | <i>kurstaki</i>   |
| III   | 68-73                               | Coleoptera               | <i>tenebrionis</i>  |
| IV  | 125-145                             | Diptera                  | <i>israelensis</i>  |

<sup>(\*)</sup> kDa = Kildalton = 1.657x10<sup>-21</sup> g

### 4. BÖCEKLERİN *BACILLUS THURINGIENSIS*'E KARŞI DAYANIKLILIK GELİŞTİRMELERİ

Dayanıklılık terimiyle, böceklerin herhangi bir insektisite karşı duyarlılıklarını kaybetmeleri kastedilmektedir. Başka bir deyişle, insektisit kullanıldıktan sonra böcek popülasyonundan ölmeden kurtularak yaşayanların dayanıklılık özelliklerini daha sonraki generasyonlara taşımaları söz konusudur. Böceklerin çok geniş bir genetik varyasyona sahip olmaları, onların kullanılan insektisitlere karşı dayanıklılık kazanmalarına sebep olmaktadır.

Böcek popülasyonlarında dayanıklı birey oranını artırıcı birçok faktör vardır. Bu faktörlerden bazıları doğrudan böcek popülasyonunun özelliklerine bağlıdır. Yüksek üreme oranına sahip türler, kısa generasyon süreli türler, yüksek sayıda birey veren genetik varyasyonu büyük lokal türler insektisitlere karşı daha hızlı dayanıklılık geliştirmeye eğilimlidirler (PIMENTEL/BURGESS 1985). Bunun yanında dayanıklılığı etkileyen genlerin dominant ya da

resessif olması da dayanıklılık geliştirme açısından önemlidir (WEARING/HOKKANEN 1995). Diğer faktörler ise insektisit özelliğine dayalıdır. Kalıcılık süresi uzun insektisitlerde dayanıklılık daha hızlı ortaya çıkar. Uzun süre etkisini kaybetmeyen insektisite maruz kalan hassas bireyler yok olarak hassasiyet özelliğini gelecek generasyonlara geçiremezler ve geriye sadece dayanıklılık özelliği taşıyan bireylerden oluşan populasyonlar yaratılmış olur. Etki süresi uzun olmayan yani doğada çabuk ayrılan insektisitlerin de sıkça kullanılması aynı etkiye yol açabilir (WOOD 1981). Bunun dışında etki şekilleri benzer ya da yakın insektisitlerin ard arda kullanımı da dayanıklılığın gelişimini hızlandırabilir (PIMENTEL/BURGESS 1985).

*Bacillus thuringiensis* biyolojik insektisit olarak tarımda ve ormancılıkta çeşitli zararlılara karşı 20 yıldan fazla bir süredir yoğun şekilde kullanılmaktadır. Bu süre zarfında, arazide kullanımıyla ilgili böceklerin bu biyoinspektisite karşı dayanıklılık kazandıklarına dair literatürde sadece *Plutella xylostella* (L.)'nın sürekli kullanım sonucu *Bacillus thuringiensis*'e bağışıklık kazandığı yer almaktadır (TABASHNIK 1994). Son zamanlarda yoğunlaşan laboratuvar çalışmaları böceklerin bu biyoinspektisit toksinlerine karşı dayanıklılık kazandığına işaret etmektedir. Bu laboratuvar çalışmaları daha çok izole edilen *Bacillus thuringiensis* toksinlerinin doğrudan kullanıldığı denemeler olup amaçları *Bacillus thuringiensis* toksinlerinin genetik olarak değiştirilmiş bitkilerin zararlılara karşı ne kadar süre kendilerini sentezleyebilen özelliğinde olduklarını (bir başka deyişle böceklerin *Bacillus thuringiensis* toksinlerine dayanıklılık geliştirip geliştirmediklerini) tespit etmektir.

*Bacillus thuringiensis* toksinleri konvansiyonel insektisitlere göre çok daha spesifik, doğaya dost bir yapıda olup hala etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Böceklerin dayanıklılık geliştirme potansiyelleri nedeniyle *Bacillus thuringiensis*'in etkisiz konuma düşmesi tarım ve ormancılık alanında önemli bir biyokontrol aracının kaybı olarak görülebilir (McGAUGHEY ve ark. 1998).

### 5. B. THURINGIENSIS KULLANIMININ YARAR VE SAKINCALARI

*Bacillus thuringiensis* preparatlarının ticari izni olan 67 formülasyonunun 1995 yılı rakamlarıyla dünya insektisit pazarında payı 90 milyon dolardır (KUMAR ve ark. 1997). Biyolojik insektisitler içerisinde *Bacillus thuringiensis* içerenler ise %80-90'lık bir oran teşkil etmektedir. 1990'larda *Bacillus thuringiensis* orijinli insektisitler tüm insektisit pazarı içerisinde %1-2'lik bir yer alırken, bu oranın 2000'li yıllarda %5-10'lara çıkacağı tahmin edilmektedir (BERNHARD/UTZ 1993). Tarım, ormancılık ve sivrisinek kontrolünde kullanımı hızla artan bu biyolojik insektisit kullanımının yarar ve sakıncaları aşağıda verilmiştir:

#### YARARLARI:

- + Spesifik bir insektisit olmasından dolayı sadece hedef alınan türlere karşı etkili olması,
- + Doğal orijinli olması nedeniyle çevreye yan etkisinin olmayışı,
- + Araştırma ve geliştirme maliyetlerinin düşük olması,
- + Yeni alttürlerinin bulunma oranının yüksek olması,
- + Kullanımları için resmi izinlerin (dünya genelinde) kolay, hızlı ve ucuza alınabilmesi,
- + Bitkiler, yaban hayatı ve su rezervlerine hiçbir olumsuz etkisinin olmaması,
- + İnsan sağlığına zararsız olması.

#### SAKINCALARI:

- Spesifik biopestisit olması nedeniyle birçok böcek türü tarafından zarar gören bitkiler için kullanımının sınırlı oluşu,
- Toksinlerinin ultraviyole ışınlarınca çabuk ayrışarak etkisiz hale gelmesi,
- *Bacillus thuringiensis* toksinlerini sentezleyebilen transgenetik bitkiler dışında köklerde ve odunda zarar yapan böcek türlerine karşı kullanımının zor oluşu,
- İyi bir savaş planı uygulanmadığı takdirde toksinlere dayanıklı bireylerden oluşan zararlı populasyonları yaratma riskinin yüksek oluşu,
- Uçak veya yer pülverizatörleri ile uygulamasında uygun olmayan meteorolojik koşulların (rüzgar, yağmur) varlığı.

### 6. ORMANCILIK ALANINDA KULLANIMI

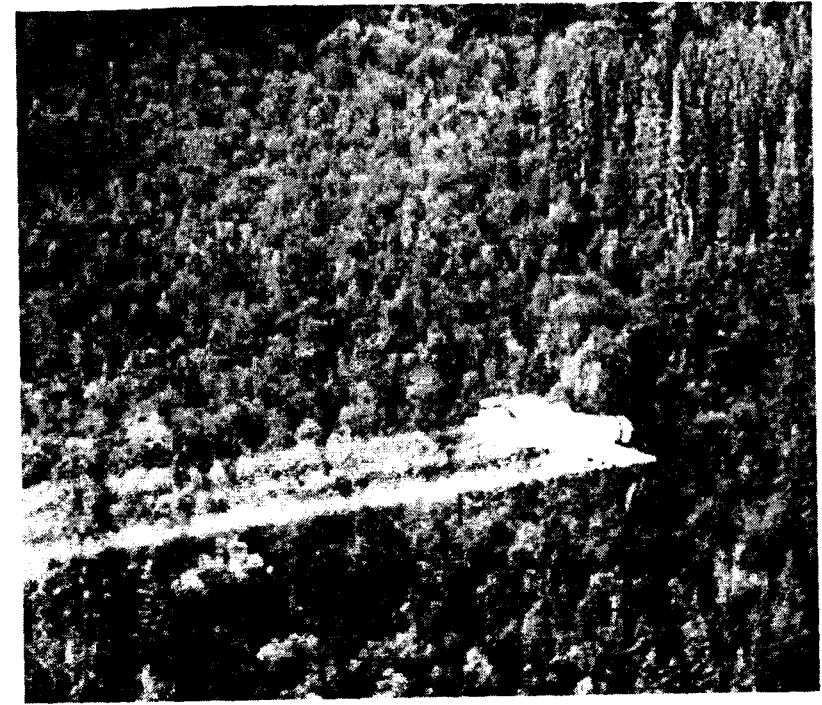
Orman ağaçlarında zarar yapan böceklerin kontrolünde, spesifik insektisit olması nedeniyle *Bacillus thuringiensis* son yıllarda oldukça tercih edilen bir savaş aracıdır. Toksik etkisini gösterebilmesi için yenilmesi gereken *Bacillus thuringiensis* böceklerin beslenme evrelerinde uygulanmaktadır. Genelde bu uygulama pülverizatörler vasıtasıyla meşcere yapısına göre yerden ya da uçaklarla havadan yapılmaktadır (Şekil 4). Uygulamanın başarıya ulaşmasında insektisit yaprak yüzeylerine homojen bir şekilde ulaşması son derece önemlidir. Üretici firmalar, *Bacillus thuringiensis* içerikli insektisitleri hazırlarken etki gücünü arttırabilmek için formülasyonları bir takım katkı maddeleriyle takviye etmektedirler. Bu katkı maddeleri bakterinin yaprak yüzeyine tutunmasını kolaylaştırıcı ve ultraviyole ışınlarla karşı koruyucu niteliktedir. Tablo 2'de Foray&Dipel ticari adı ile bilinen *Bacillus thuringiensis* preparatının kullanıldığı bazı zararlılar, kullanım yerleri, uygulama zamanları, pülverizasyonda kullanılan uçak modelleri ve elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Tablo 2: *Bacillus thuringiensis* Preparatlarının Uygulandığı Bazı Orman Zararlıları ve Elde Edilen Sonuçlar (Valent BioSciences, Inc. 2001)

| Böcek türü                   | Uygulama dozajı BIU <sup>1</sup> /ha ve tekrar sayıları | Uçak türü             | Sonuç  |
|------------------------------|---|-----------------------|--|
| <i>Lymantria dispar</i> (L.) |   |                       |  |
| Pennsylvania-ABD,1995        | 60  | Bell 206              | %5'den az yaprak zararı<br>Yumurta miktarında %68'lik azalma |
| Michigan-ABD,1995            | 40-60   | Bell 47               | %7-15 yaprak zararı<br>Yumurta miktarında %98-99'luk azalma  |
| Pennsylvania-ABD,1996        | 60  | Bell 206              | %3 yaprak zararı<br>Yumurta miktarında %99'luk azalma        |
| Almanya,1994                 | 33-50   | Bell 47<br>Alouette 2 | Populasyonun %78'i yok edildi                                |

|  |       |              |  |
|--|-------|--------------|--|
| Slovakya,1995  | 35    | Zlin 37T     | Populasyonun %6'sı yok edildi                |
| <b><i>Lymantria monacha</i> (L.)</b>                 |       |              |  |
| Eberswalde-Almanya, 1994                             | 50-67 |              | Populasyonun %84'ü yok edildi                |
| Eberswalde-Almanya, 1995                             | 40-50 |              | Populasyonun %97'si yok edildi               |
| Polonya,1994   | 47-57 | An-2         | Populasyonun %80'i yok edildi                |
| Çek Cumhuriyeti,1995                                 | 40-50 | Zlin 37T     | Populasyonun %80-90'ı yok edildi             |
| Chechersk-Belarus,1995                               | 50    | Kamov Ka-26  | Populasyonun %82'si yok edildi               |
| Polonya,1994   | 38-50 | An-2         | Populasyonun %72-99'u yok edildi             |
| <b><i>Lambdina fuscicollis fuscicollis</i> Hulst</b> |       |              |  |
| Newfoundland-Kanada, 1995                            | 2X20  | Cessna 188   | %73-99'luk larva ölümü<br>%90-100 pupa ölümü |
| Newfoundland-Kanada, 1994                            | 2X40  | Cessna 188   | Populasyonun %70-90'ı yok edildi             |
| <b><i>Choristoneura occidentalis</i> Freeman</b>     |       |              |  |
| British Columbia-Kanada, 1995                        | 45    | Hiller 12E/T | Larvaların %73'ü yok edildi                  |
| <b><i>Choristoneura fumiferana</i> (Clem.)</b>       |       |              |  |
| Manitoba-Kanada, 1996                                | 30    | Cessna 188   | Populasyonun %69-80'i yok edildi             |
| Québec-Kanada, 1996                                  | 2X30  | Piper Pawnee | Populasyonun %91'i yok edildi                |
| Alberta-Kanada, 1995                                 | 2X25  | AT401        | %64-92 larva ölümü                           |
| New Brunswick-Kanada,1996                            | 30    | Cessna188    | Populasyonun %99'u yok edildi                |
| <b><i>Thaumetopoea pityocampa</i> (Schiff.)</b>      |       |              |  |
| Savoie-Fransa  | 40-50 | Bell 47G     | Populasyonun %80-97'si yok edildi            |
| Taragona-İspanya, 1993                               | 21    | Bell 206     | Populasyonun %66'sı yok edildi               |
| Cordoba-İspanya,1994                                 | 38    | Piper Brave  | Populasyonun %75'i yok edildi                |
| <b><i>Bupalis piniarius</i> (L.)</b>                 |       |              |  |
| Rusya,1995   | 25-30 | An-2         | Populasyonun %98'i yok edildi                |
| <b><i>Dendrolimus pini</i> L.</b>                    |       |              |  |
| Eberswalde-Almanya, 1994                             | 50    |              | Populasyonun %99'u yok edildi                |
| Miedzochod-Polonya, 1993                             | 50    | An-2         | Populasyonun %68-93'ü yok edildi             |
| Litvanya, 1996                                       | 50-58 | Kamov Ka-26  | Populasyonun %92'si yok edildi               |
| Belarus, 1996  | 50    | An-2         | Populasyonun %90'ı yok edildi                |
| <b><i>Tortrix viridana</i> (L.)</b>                  |       |              |  |
| Romanya, 1993  | 19    | An-2         | Populasyonun %93-99'u yok edildi             |

(\*) BIU: Billion International Units (Milyar Uluslararası Ünite)



Şekil 4: *Bacillus thuringiensis*'in uçakla uygulaması (Service Canadien des Forêts)

## 7. SONUÇ

Artan nüfusa paralel olarak hızla büyüyen orman ürünlerine duyulan ihtiyaç orman kaynaklarının daha dikkatli yönetilmesini zorunlu kılmıştır. Orman işletme planları içerisinde zararlı böcekler, her zaman için yapılacak üretimi azaltıcı boyutta etkinlik gösterebilmektedir. Bu da ister istemez insanoğlunu bu zararlılara karşı mücadele teknikleri geliştirmeye yöneltmiştir. Konvansiyonel sentetik insektisitlerin keşfi ilk etapta soruna çözüm getirmiş gibi görünse de, madalyonun diğer yüzünün hiç de iç açıcı olmadığını anlaşılması uzun sürmemiştir. Her ne kadar birçok kişi tarafından ormanlara odun hammaddesi ve türleri alınan bir kaynak gözüyle bakılsa da, orman ekosisteminin çok daha kompleks yapıya sahip olduğu unutulmamalıdır. Böcekler de bu ekosistemin önemli bir parçası olup bazı durumlarda kitle üremesi yaparak insanoğlunun çıkarlarına ters düşecek zararlar meydana getirebilirler. Bu zarar dönemlerinde populasyonları arzu edilen seviyelere çekmekte kullanılan araçların ekosistem içerisindeki dengeyi en az etkileyecek özellikte seçilmeleri gerekir. *Bacillus thuringiensis*'in bu amaçla kullanımı, doğal orijinli ve selektif bir yapıya sahip olmasından dolayı yavaş yavaş sentetik insektisitlerin yerini almaktadır. Uzun süre bu aracın etkili bir şekilde kullanılabilmesi ve etki miktarının artırılabilmesi için sayısız araştırmalar yapılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- BAUM, J.A.; JOHNSON, T.B.; CARLTON, B.C. 1999: *Bacillus thuringiensis*: Natural and recombinant bioinsecticide products. In: *Biopesticides: Use and Delivery*, Hall, F.R. and Menn, J.J., Eds., Humana Press, Totowa, NJ, 189-210.
- BERNHARD, K.; UTZ, R. 1993: Production of *Bacillus thuringiensis* Insecticides for Experimental and Commercial Uses. In: Entwistle P.F., Cory J.S., Bailey M.J., Higgs S. (Eds.) (1993) *Bacillus thuringiensis*, An Environmental Biopesticide: Theory and Practice. John Wiley&Sons, Chichester UK.
- FRUTOS, R.; RANG, C.; ROYER, M. 1999: Managing insect resistance to plants producing *Bacillus thuringiensis* toxins. *Critical reviews in Biotechnology* 19: 227-276.
- GOULD, J.L.; KEETON, W.T. 1996: *Biological Science* (6<sup>th</sup> Ed.) New York: W. W. Norton and Company.
- HOFTE, H.; WHITELEY, H.R. 1989: Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol. Rev.* 53: 242-255.
- KEGLEY, S.E.; WISE, L.J. 1998: *Pesticides in fruit and vegetables*. Sausalito, CA: University Science Books.
- KUMAR, P.A.; SHARMA, R.P.; MALIK, V.S. 1997: The Insecticidal Proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Advances in Applied Microbiology* 42,1-43.
- LAMBERT, B.; PERFEROEN, M. 1992: Insecticidal promise of *Bacillus thuringiensis*; *Bioscience*, Vol. 42, No. 2, p. 112.
- LERECLUS, D.; DELECLUSE, A.; LECADET, M.M. 1993: Diversity of *Bacillus thuringiensis* toxins and genes. In: *Bacillus thuringiensis*, An Environmental Biopesticide: Theory and Practice, Entwistle, P.F., Cory, J.S., Bailey, M.J., and Higgs, S., Eds., John Wiley&Sons, Chichester, UK, 37-69.
- MARRONE, P.G.; MACINTOSH, S.C. 1993: Resistance to *Bacillus thuringiensis* and Resistance Management. In: *Bacillus thuringiensis*, An Environmental Biopesticide: Theory and Practice, Entwistle, P.F., Cory, J.S., Bailey, M.J., and Higgs, S., Eds., John Wiley&Sons, Chichester, UK, 221-235.
- McGAUGHEY, W.H.; GOULD, F.; GELERNTER, W. 1998: *Bt* resistance management. *Nat. Biotech.* 16: 144-6.
- MILLER, G.T. 1998: *Living in the environment* (10<sup>th</sup>ed.). Belmont, CA: Wadsworth.
- PIMENTEL, D.; BURGESS, M. 1985: Effects of Single Versus Combinations of Insecticides on the Development of Resistance. *Environ. Entomol.* 14: 582-9.
- TABASHNIK, B.E. 1994: Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*; *Annual Review of Entomology*; Vol. 94, p. 3488.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 1999: *Meeting summary: EPA-USDA Bt crop insect resistance management workshop*.
- WEARING, C.H.; HOKKANEN, H.M.T. 1995: Pest resistance to *Bacillus thuringiensis*: ecological crop assessment for *Bt* gene incorporation and strategies of management. In: *Biological control: benefits and risks*, Hokkanen, H.M.T and Lynch, J.M., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 236-252.

WHALON, M.E.; McGAUGHEY, W.H. 1998: *Bacillus thuringiensis*: Use and Resistance management. In: *Insecticides with novel modes of action: mechanism and application*, Ishaaya, I. and Degheele, D., Eds., Springer, Berlin, 106-137.

WOOD, R.J. 1981: Strategies for conserving susceptibility to insecticides. *Parasitology* 82: 69-80.

Valent BioSciences, Inc. 2001: *Protecting Our Forests-Protecting Our Future*. Forestry Technical Manual. AG5137/R2, USA.