

Bacillus thuringiensis ürünleri ve böceklerde dayanıklılığın önemi

Celal TUNCER*

Osman ECEVİT*

Summary

Products of *Bacillus thuringiensis* and their importance on resistance of insects

Bacillus thuringiensis insecticides offer great promise for pest management. They are highly effective against certain pests, yet they don't harm humans, most beneficial insect and other nontarget organisms. Commercialization of more effective strains of *B. thuringiensis* and genetic engineering of the genes for *B. thuringiensis* toxins into crop plants and plant colonizing bacteria are expected to increase dramatically the use of it. But, the potential for development of pest resistance is a threat to the continued success of *B. thuringiensis*.

Giriş

Bitki zararlısı böcekler bitkisel üretim faaliyetlerinin hemen her safhasında önemli oranda kayba neden olan canlılar olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Böceklerle savaşım amacıyla özellikle bu yüzyılın ikinci yarısında pekçok sentetik organik insektisit geliştirilmiştir. Bu kimyasallar beraberlerinde birçok çevre ve sağlık sorununu da gündeme getirmişlerdir. Bugün böceklerle mücadele etmek için bütün dünyada her yıl 3 milyar dolar parasal kaynak sarfedilmektedir (Vilcox et al., 1986'dan Tabashnik et al., 1990). Mikrobiyal insektisitlerin kullanımı sahip oldukları bazı avantajlar nedeniyle her geçen gün artmaktadır. Şu anda toplam kullanım oranı % 1'den daha az olmakla birlikte bunun 2000 yılına kadar % 50'ye çıkarılması hedeflenmektedir (Klausner, 1984'den Tabashnik et al. 1990).

* OMÜ, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 55139 Samsun

Alınış (Received) : 12.4.1993

Bugün en geniş çapta kullanılan mikrobiyal insektisit lepidopterlerde etkili olan *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*'den elde edilen spor ve protein kristallerinin bir karışımıdır. Ancak son zamanlarda bu bakterinin diğer alttürlerinden yapılmış insektisitlerin kullanımını da her geçen gün artmaktadır (Beegle and Yamamoto, 1992).

B. thuringiensis'in insanlara, faydalı böceklerin çoğuna ve diğer canlılara toksik etkisinin olmaması nedeniyle, geleneksel insektisitlerin meydana getirdiği çevre ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Tabashnik et al. 1990).

B. thuringiensis'in diğer insektisitlere olan bu üstünlükleri kullanımını gün geçtikçe artırmaktadır. Genetik mühendisliğindeki son gelişmeler ile *B. thuringiensis* genlerinin pamuk, tütün ve domates gibi önemli ürünlere ve bitkilerde yaşayan ve patojenik olmayan bazı bakterilere nakledilmesi ayrıca farklı konukçu spektrumuna sahip yeni ırkların geliştirilmesi bu bakterinin önemini oldukça artırmıştır (Gasser and Fraley, 1989; Lindow et al., 1989).

Son zamanlara kadar *B. thuringiensis*'in diğer insektisitlere göre sahip olduğu bir başka üstünlüğün ise uzun süredir kullanılmasına rağmen böceklerde dayanıklılık meydana getirmemesi olarak görülmekteydi (Meeusen and Warren, 1989; Kansu, 1991; Beegle and Yamamoto, 1992). Ancak son zamanlardaki bazı araştırma sonuçları böceklerde *B. thuringiensis*'e direnç meydana gelebileceğini göstermektedir.

Bacillus thuringiensis ürünleri

B. thuringiensis Berliner bundan tam 90 yıl önce bir Japon bakteriyoloğu olan S. Ishiwata tarafından hastalıklı *Bombyx mori* (L.) larvalarından izole edilmiştir. Ancak bu bakterinin tanımı bu tarihten 10 yıl sonra Ernst Berliner tarafından yapılmıştır (Beegle and Yamamoto, 1992). *B. thuringiensis* spor oluşumu sırasında protein yapısında parasporal kristal üreten gram pozitif bir bakteridir (Gill et al. 1992). Böceklere karşı toksik etkiyi sağlayan parasporal kristaldir (Beegle and Yamamoto, 1992). Bu kristal yapı böcekler tarafından sindirilmek suretiyle midede δ endotoksin denilen proteinleri meydana getirmek üzere çözünmektedir. Bu proteinler (protoksinler) midedeki proteazlar tarafından harekete geçirilirler. Aktif hale gelen bu toksinler larvaların mide epitelyumuna etki ederek membran yapısında bozulmaya ve sonuçta böceğin ölümüne neden olurlar (Gill et al., 1992).

Böceklerle mücadelede 1970 yılına kadar çoğunlukla *B. thuringiensis*'in ısıya dayanıklı exotoxin (β exotoxin) içeren *thuringiensis* alttürü kullanılmıştır. Ancak düşük etki oranına sahip bu preparatlar etki ve maliyet açısından kimyasal insektisitlerle mücadele edememişlerdir (Beegle and Yamamoto, 1992). Ayrıca beta-eksotoksinin memelilere az da olsa toksik etki gösterdiği saptanmıştır (Quinlan and Lisasky, 1983). Bugün ölçülebilir düzeyde beta-eksotoksin içeren preparatlar Batı ülkelerinde yasaklanmış durumdadır (Beegle and Yamamoto, 1992). Daha sonra izole edilen *kurstaki* alttürü öncekilerden 20-200 kat daha etkili olmuştur. Bugün yaklaşık 30 bitkide 90'dan fazla zararlı böceğe karşı bu alttürün preparatları kullanılmaktadır (Cetvel 1) (Beegle and Yamamoto, 1992).

1976 Yılında İsrail'de sivrisinek üreme sahalarında alınan toprak örneklerinden izole edilen *israelensis* alttürü etki oranı ve hızı bakımından üstün özellikler göstermektedir. *Aedes aegypti* (L.) üzerinde yapılan denemelerde 22 ppb'lik LC 50 dozuyla uygulamadan 30 dakika sonra ölümler başlamaktadır. Bu alttürün preparatları sivrisinek ve karasinek larvalarına karşı halen yaygın olarak kullanılmaktadır (Cetvel 2) (Beegle and Yamamoto, 1992).

B. thuringiensis'in en son tespit edilen alttürü bazı coleopter larvalarına karşı etkili bulunan *tenebrionis*'dir. Daha sonra saptanan *san diego* alttürünün *tenebrionis* alttürü ile aynı olduğu, bu yüzden *tenebrionis* isminin geçerli olduğuna karar verilmiştir. Bu alttürden de son zamanlarda çeşitli preparatlar yapılmaya başlanmıştır (Cetvel 3) (Beegle and Yamamoto, 1992).

Cetvel 1. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*'den yapılmış insektisitler (Beegle and Yamamoto, 1992).

Ürün	Formülasyon	Üretici
Dipel	WP, EC	Abbott lab.
Thuricide	WP, Sulu çözelti	Sandoz
Javelin	Sulu çözelti	Sandoz
Bactospeine	Islanabilir granül WP, Akıcı konsantre	Solvay & Cie Duphar B. V
Futura	Akıcı konsantre	"
Foray	Akıcı konsantre	Nova Ind.
Biobit	WP, Akıcı konsantre	"
Bathurin 82	-	JZD Slusovice
Biodart	Sulu çöz.	ICI
Agree	kurstaki+aizawai kombi.	Ciba Geigy
Condor	EC	Ecogen
Foil	kurstaki+tenebroides kombi.	Ecogen
MVP	Ölü <i>Pseudomonas</i> hücrelerinde kurstaki kristalleri	Mycogen

Cetvel 2. *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*'den yapılmış insektisitler (Beegle and Yamamoto, 1992).

Ürün	Formülasyon	Üretici
Vectobac	WP, Granül, Teknik Toz, Sulu çözelti	Abbott lab.
Teknar	Sıvı	Zoecon/Sandoz
Bactimos	WP, Granül, Pellet	Solvay & Cie Duphar B.V.
Skeetal	Sıvı	Nova Ind.
Baktokulicid	--	VPO Bioprep.
Moskitur	--	JZD Slusovice

Cetvel 3. *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionides*'den yapılmış insektisitler (Beegle and Yamamoto, 1992).

Ürün	Tescil tarihi	Üretici
M-One	1988	Mycogen
M-Trak	1991	Mycogen
Trident	1988	Sandoz
Trident II	1990	Sandoz
Foil		Ecogen
(kurstaki+tenebrionis)	1990	
Di Terra	1991	Abbott lab.
Novodor	Beklemede	Novo Ind.

Böcekler karşı etkili olan *B. thuringiensis* alttürleri sadece bunlardan ibaret değildir. Bugün *B. thuringiensis* in toplam 37 alttürü bilinmektedir. (Beegle and Yamamoto, 1992). Bunlar aizawai, alesti, canadensis, colmeri, dakota, darmstadiensis, dendrolimus, entomocidus, finitimus, fukuokaensis, galleriae, indiana, israelensis, japonensis, kenya, kumamotoensis, kurstaki, kyushuensis, morissoni, nigeriensis, ostrinia, oyamensis, pakistani, pondicheriensis, shandogensis, sotto, subtoxicus, sumiyoshiensis, tenebrionis, thompsoni, thuringiensis, tochiensis, tohokuensis, tolworthi, thoumanoffi, wuhanensis, yunnanensis'tir.

Biyoteknolojik *Bacillus thuringiensis* ürünleri

B. thuringiensis'in böceklerle mücadeledeki önemi sadece birçok alttürden imal edilmiş ticari preparatlara bağlı değildir. Son zamanlarda biyoteknoloji alanında meydana gelen ilerlemeler bu bakterinin değişik yöntemlerle böcekler karşı uygulanmasını mümkün kılmıştır.

B. thuringiensis'in toksin sentezleyen genleri bitkilere transfer edilerek bitki dokularında toksin sentezlenmesini sağlanmıştır. Bu yol ile transforme edilen bitkilerin başında domates ve tütün gelmektedir (Barton et al., 1987; Fischhoff et al., 1987; Perlak et al., 1990; Vaecck et al., 1987; Gasser and Fraley, 1989; Ecevit and Tuncer, 1991). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda bu genler lahana, pamuk ve soya fasulyesine de aktarılmışlardır (Beegle and Yamamoto, 1992). Bu çalışmalardan elde edilen başarılı sonuçlar diğer bazı araştırmalara da ilham kaynağı olmuştur. *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*'nin toksin sentezleyen genleri doğada sadece Bermuda çiminin ksilem'inde bulunan *Clavibacter xyli* subsp. *cynodontis* Davis'e nakledilmiştir. Bu bakterilerin mısır bitkisine inokülasyonu sonucu bitkinin ksilem'deki özsuyunun mililitresinde 1×10^{10} toksin sentezleyen bakteri bulunmuştur. Ancak hedef alınan Mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis*)'nun etkili bir kontrolü için bu düzeyin 10 katına gerek duyulmaktadır. Şu anda bu düzeye ulaşmak için çalışmalar devam etmektedir (Beegle and Yamamoto, 1992).

Bu bakterinin biyoteknolojik çalışmalara konu olan diğer bir özelliği de konukçu spektrumunun ve etkinliğinin artırılmasıdır. Bilindiği üzere *B. thuringiensis*'in farklı

varyeteleri tarafından üretilen kristaller farklı biyolojik aktiviteye sahiptirler. Örneğin, subsp. *kurstaki* lepidopterlere karşı etkili diptere karşı ise etkisiz veya çok az etkilidir. Buna karşılık subsp. *israelensis* diptere karşı, subsp. *tenebrionis* ise coleopterlere etkilidir (Kirschbaum, 1985; Beegle and Yamamoto, 1992). Bazı üretici firmalar *B. thuringiensis*'te doğal olarak bulunan plasmid değişim sistemini kullanarak yeni gen kombinasyonları içeren izolatlar meydana getirmişlerdir. Condor adı verilen üründe iki ayrı izolatin etkinliği bir preparatta toplanarak Kırtırtılı (*L. dispar*)'na karşı normal bir preparattan 7.5 kat daha yüksek etkinlik sağlanmıştır. Patateste hem lepidopterlerin hem de coleopterlerin zararlı olması ve bu iki zararlı grubuna aynı anda etkili varyetelerin olmayışı nedeniyle, iki gruba ayrı ayrı etkili olan varyeteler aynı yöntemle bir üründe toplanmış bu preparata ise Foil adı verilmiştir (Beegle and Yamamoto, 1992).

Diğer bir üretici firma ise biyolojik olarak kapsüllenmiş iki ürün yaratmıştır. Bunlardan MVP lepidopterlere, M-Trak ise coleopterlere karşı geliştirilmiştir. Bu yöntemde *Pseudomonas fluorescens*'in patojen olmayan bir ırkına lepidopter ve coleopterlere karşı etkili *B. thuringiensis* toksin genleri ayrı ayrı transfer edilmekte, bakteri içinde toksin üretimini takiben *P. fluorescens* hücreleri sıcaklık veya kimyasal maddelerle öldürülmektedir. Böylece bu bakteri kristal toksinlere bir kapsül vazifesi görmektedir. Bu ürünlerin doğadaki uygulamaları sonucu diğer *B. thuringiensis* preparatlarına oranla 2 kat daha uzun süre kalıcılığa sahip olduğu saptanmıştır (Beegle and Yamamoto, 1992).

Bu biyoteknolojik ürünlerin bir kısmı piyasaya arz edilmişken, özellikle bitkilere gen transferi yöntemiyle elde edilenler henüz ticari hayatta yerlerini almamış (Stone et al., 1989; Mc Gaughy and Johnson, 1992), ancak tarla denemeleri devam etmektedir (Dellenay et al., 1989; Warren et al., 1992; Wilson et al., 1992).

Böceklerde *Bacillus thuringiensis*'e dayanıklılık

Kısa bir zaman öncesine kadar böceklerle mücadelede *B. thuringiensis*'in önemi ve sağladığı avantajlardan bahseden pekçok araştırmada, böceklerin bu bakterinin ticari preparatlarına karşı direnç geliştirmediğinden sıkça bahsedilmekteydi. Gerçekten de yapılan ilk çalışmalarda *B. thuringiensis*'e karşı böceklerde dayanıklılık oluştuğuna dair bir sonuç elde edilememiştir (Yamvrias, 1962; Burges, 1971; Devriendtad and Martauret, 1976; Sheh and Schuster, 1983; Gill et al., 1992). Bu durumun tek istisnası ticari preparatlarda bulunmayan beta-eksotoksin'e karşı *M. domestica*'da meydana gelen dayanıklılıktır (Burges, 1971). Ancak kısa bir zaman sonra *B. thuringiensis*'in δ endotoksin içeren ticari preparatlarına karşı dayanıklılık meydana geldiğini saptayan ilk araştırma sonucu yayınlandığında (Mc Gaughey, 1985) dikkatleri üzerinde toplamıştır. Bu araştırmada *Plodia interpunctella*'nın iki generasyon içinde hemen hemen 30 kat, 15 generasyon sonra ise 100 kat'dan fazla direnç kazandığı, seleksiyon baskısının kaldırılmasına rağmen dayanıklılığın devam ettiği ve ressesif bir karakter olarak kalıtımsal özellik taşıdığı saptanmıştır. Üstelik *B. thuringiensis* uygulanan depolardan alınan böceklerin uygulama yapılmayan depolardan alınanlara göre daha dayanıklı bulunması direncin uygulama sahalarında da hızla gelişebileceğinin işaretlerini

vermiştir. Ancak bu araştırmada *B. thuringiensis*'in depolanmış hububatta stabil durum arzemesi ve çevrenin uzun bir süre bozulmadan kalması ve böylece böceklerin bakteriyel spor ve toksinlerle temas halinde birçok döl vermesi nedeniyle depoların dayanıklılığın ortaya çıkması için ideal bir ortam teşkil ettiği üzerinde durulmuştur. Bu araştırmada kullanılanın dışında kalan 57 *B. thuringiensis* izolatu ile yapılan çalışmada, bu dayanıklı ırk 21 izolata karşı dayanıklı bulunmazken diğerlerine karşı dayanıklı olduğu saptanmıştır (Mc Gaughey and Johnson, 1987).

Dayanıklılığın saptandığı ikinci tür ise *Cadra cautella* olmuştur. Yoğun seleksiyon baskısı altında 21. generasyonda 7 kat direnç ortaya çıkmıştır (Mc Gaughey and Beeman, 1988). Bu tarihe kadar elde edilen sonuçlar sadece depo zararlıları ile sınırlı kalmışken, Stone et al., (1989)'un gen transferi yöntemiyle *B. thuringiensis* endotoksin genleri aktarılmış *Pseudomonas fluorescens* ile *Heliothis virescens*'e karşı yaptıkları çalışmada elde edilen sonuçlar dayanıklılığın sadece depo zararlıları ile sınırlı olmadığını göstermiştir. Bu çalışmada 14 generasyon süresince devam eden seleksiyon sonucu 3. generasyonda 3 kat, 7. generasyonda 24 kat dayanıklılık meydana gelmiştir.

Dayanıklılığın tarla koşulları altında da ortaya çıkabileceğini gösteren araştırma sonuçlarının elde edilmesi için fazla bir zaman geçmemiştir. Kirsch and Schmutterer (1988) tarla koşulları altında *B. thuringiensis*'in *Plutella xylostella*'ya karşı etkinliğinde düşme saptamışlardır. Daha sonra yapılan araştırmada (Tabashnik et al., 1990), *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*'nin spor-kristal protein karışımından ibaret ticari preparatlarına *P. xylostella*'nın tarla popülasyonlarında dayanıklılık oluşturduğu saptanmıştır. Üstelik *kurstaki* alttürünün farklı izolatlarına karşı çapraz dayanıklılık meydana geldiği görülmüştür. Aynı tarla popülasyonuna laboratuvarında uygulanan seleksiyon sonucu dayanıklılık 9. generasyonda 430-820 kat artış göstermiştir. Bu yüzden tarla koşulları altında buna benzer bir seleksiyon baskısının oluşturulmasından kaçınılması gereği sonucuna varılmıştır (Tabashnik et al., 1991).

Rossiter et al., (1990) *Lymantria dispar*'a karşı uzun yıllardan beri başarıyla kullanılan *B. thuringiensis* preparatlarının bazen etkisiz sonuçlar ortaya koyması sebebiyle yaptıkları çalışmada, ilk bırakılan yumurtalardan çıkan larvaların sonra bırakılanlara oranla *B. thuringiensis*'e daha dayanıklı olduğu, bu yüzden seleksiyonun dayanıklı popülasyonlar lehine geliştiğini saptamışlardır.

B. thuringiensis'e dayanıklılık oluşturduğunu gösteren sonuçlar sadece Lepidoptera takımına giren böceklerle sınırlı kalmamıştır. Patates böceği (*L. decemlineata*) üzerinde yapılan çalışmalarda bu önemli zararlının da dayanıklılık kazandığı belirlenmiştir (Whalon et al., 1992'den Tabashnik et al., 1992). Ayrıca iki sivrisinek türünün (*Aedes aegyptii* L. ve *Culex quinquefasciatus* (Say)) düşük düzeylerde de olsa *B. thuringiensis*'e dayanıklılık kazandığı saptanmıştır (Goldman et al., 1986). Daha sonraki çalışmalarda ise *C. quinquefasciatus*'ta dayanıklılığın artarak 22. generasyonda 15 kat'a ulaştığı görülmüştür (Gill et al., 1992).

Bugüne kadar *B. thuringiensis*'e dayanıklılık oluşturduğunu bildiren araştırma sonuçları bunlardan ibaret olmakla birlikte konunun önemi nedeniyle çalışmalar

genişleyerek devam etmektedir. Özellikle gen transferi yöntemiyle bu bakterinin toksin sentezleyen genlerini taşıyan ve halen tarla koşullarında denenen bitkilerdeki endotoksine karşı zararlıların direnç kazanıp kazanamayacağını ortaya koyacak çalışmalar büyük bir merakla beklenmektedir.

Böceklerde *Bacillus thuringiensis*'e dayanıklılık mekanizması

B. thuringiensis'in farklı grupları böceklere etki tarzi bakımından da farklılığa sahiptirler. Toksinlerin etki mekanizması bakımından başlıca iki faktör sözkonusudur. Birincisi protoksinlerin aktif toksinlere dönüşmek üzere parçalanması, ikincisi ise toksinlerin mide epitelyum zarı üzerindeki reseptörlere bağlanmasıdır. Dayanıklılığın bu iki faktörden hangisinde meydana gelen değişiklikler sonucu meydana geldiğinin *P. interpunctella* üzerinde araştırılması sonucu, toksin proteinlerinin mide epitelyum zarına bağlanmasının etkilenmesi ile ortaya çıktığı saptanmıştır (Van Rie et al., 1990). Aynı sonuç *P. xylostella* üzerinde yapılan araştırmalarda da elde edilmiştir (Ferre et al., 1991'den Beegle and Yamamoto, 1992). Ancak bu sonuçlar dayanıklılığın sadece bu yol ile olabileceğini de ortaya koymamaktadır (Beegle and Yamamoto, 1992).

P. interpunctella'daki dayanıklılığın seleksiyon sona erse bile devam ettiği ve ressesif bir karakter tarafından kontrol edildiği saptanmıştır (Mc Gaughey, 1985). Aynı durum *H. virescens*'te de görülmüştür (Stone et al., 1989). Ancak *P. xylostella* üzerinde yapılan çalışmalarda (Tabashnik et al., 1991) seleksiyona son verme ile dayanıklılığı yavaştan olsa gerilediği belirlenmiştir.

Dayanıklılığın önemi

Bugün böceklerde insektisitlere dayanıklılık meydana geldiğini ortaya koyan çok sayıda araştırma vardır. Dayanıklılık meydana gelmesinin zararlıların kontrol oranını düşürerek zararda artış meydana getirmesi, dayanıklılık kazanılan ilaçların uygulama dozunun artırılması yoluyla meydana gelen kayıplar ve dayanıklılık kazanılan ilacın yerine yenilerinin sentezlenme ihtiyacı gibi olumsuz sonuçları vardır (Headley, 1980). Ancak böceklerde *B. thuringiensis*'e direnç oluşumunun bu klasik sonuçların ötesinde büyük bir önemi vardır. Diğer insektisitlere olan üstünlükleri nedeniyle bu bakterinin böceklere karşı kullanımı hergeçen gün artmaktadır. Özellikle yeni ırkların ortaya çıkışı kullanım yaygınlığını daha da artırmaktadır (Tabashnik et al., 1991; Tabashnik et al., 1992).

Halihazırda bütün Dünya'da tüketilen insektisitler arasında % 1 den daha az bir paya sahip olan, bununla birlikte pazar payının 2000 yılına kadar % 50 ye çıkarılması planlanan mikrobiyal insektisitler arasında en geniş yeri *B. thuringiensis* almaktadır (Tabashnik et al., 1990). Üstelik bu bakterinin biyoteknolojik ürünleri üzerindeki çalışmalar çok yoğun ve ümitvar bir şekilde devam etmektedir. *B. thuringiensis*'in diğer insektisitlere üstün olarak görülen özelliklerinden birisi de böceklerde dayanıklılık meydana getirmemiş olmasıydı (Tabashnik et al., 1990). Ancak dayanıklılığı bildiren çalışmaların üst üste yayınlanmasıyla birlikte son derece spesifik ve çevresel olarak güvenilir preparatların etkinliğini yitirmesi yanında ilerisi için oldukça ümit vadeden biyoteknolojik ürünler henüz piyasaya çıkmadan popüleritesini ve pazar değerini

yitirmesi demek olacaktır. Üstelik dokularında sürekli endotoksin taşıyan bitkiler kısa bir kalıcılığa sahip preparatlara oranla böcekler üzerinde daha yüksek bir seleksiyon baskısı meydana getirecektir. Böyle bir durumda direncin daha hızlı gelişmesi ihtimal dahilindedir (Mc Gaughey and Johnson, 1987; Stone et al., 1988; Meeusen and Warren, 1989; Tabashnik et al., 1990; Tabashnik et al., 1991).

Dayanıklılık sorunu şu anda gerek bir insektisit olarak doğrudan uygulanan preparatların gerekse *B. thuringiensis* genlerini taşıyan transgenik bitkilerin geleceği için çok önemli bir tehdittir. Son zamanlarda dayanıklılık gelişimini engellemek veya bu olasılığı enaz düzeye indirmek için yeni yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemlerin başında genetik yapı ve böceklerle etkinlik bakımından büyük farklılıklar gösteren fazla sayıdaki *B. thuringiensis* toksininin aynı preparat yada bitkide birlikte yer almaları gelmektedir (Shields, 1987; Stone et al., 1988; Van Rie et al., 1990; Mc Gaughey and Johnson, 1992). Diğer bir tedbir ise toksin genlerinin transgenik bitkilerin bazı dokularında ve fakültatif olarak taşınması ve bu önlemin diğer mücadele yöntemleriyle birlikte uygulanması olarak görülmektedir (Stone et al., 1989; Tabashnik et al., 1990; Gill et al., 1992). Ancak *P. interpunctella*'nın birden fazla toksinin yer aldığı preparatlara da dayanıklılık gösterdiği gözönüne alındığında (Mc Gaughey, 1985; Mc Gaughey and Beeman, 1988) bu yöntemin ne kadar başarılı olabileceği şüphe kazanmaktadır. Böceklerle mücadelede bugüne kadar kimyasal mücadelenin en büyük alternatiflerinden birisi olarak görülen *B. thuringiensis* türlerinin, dayanıklılık oluşumu gibi bir nedenle başarısız kalmasını engellemek amacıyla çalışmalar halen devam etmektedir.

Özet

B. thuringiensis preparatları böceklerle mücadelede büyük bir gelecek vadetmektedir. Bu bakterinin toksinleri bazı zararlılara karşı oldukça etkili olmakla beraber insanlara, faydalı böceklerle ve diğer organizmalara toksik değildir. *B. thuringiensis*'in daha etkili ırklarının geliştirilmesi ve toksin sentezleyen genlerinin bitkilere ve bitkilerde yaşayan bakterilere transferinin gerçekleştirilmesinin kullanımı oldukça artırması beklenmektedir. Ancak böceklerde bu bakteriye karşı dayanıklılık oluşması devam etmekte olan başarısını tehdit etmektedir.

Literatür

- Barton, K. A., H. R. Whiteley and N. Young, 1987. *B. thuringiensis* delta endotoksin expressed in transgenic *Nicotiana tabacum* provides resistance to lepidopteran insects. *Plant. Physiol.*, 85: 1103-9.
- Beegle, C. C. and T. Yamamoto, 1992. Invitation paper (C. P. Alexander Fund): History of *B. thuringiensis* Berliner research and development. *Can. Ent.*, 124: 587-616.
- Burges, H. D., 1971. Possibilities of pest resistance to microbial control agents. In *Microbial control of insects and mites* (H. D. Burges and N. W. Hussey. Ed.) pp. 445-457. Academic Press. London/N. York.
- Dellaney, X., B. J. La Vallee, R. K. Proksch, R. L. Fuchs, S. R. Sims, J. T. Greenplate,

- P. G. Maronne, R. B. Dodson, J. J. Augustine, J. G. Layton and D. A. Fischhoff, 1989. Field performance of transgenic tomato plants expressing the *B. thuringiensis* var. *kurstaki* insect control protein. *Biotechnology*, **7**: 1265-1269.
- Devriendt, M. and D. Martouret, 1976. Absence de resistance a *B. thuringiensis* chez la Teigne des curiciferes. *Plutelle maculipennis* (Lep: Hyponomeutidae). *Entomophaga*, **21**: 189-199.
- Ecevit, O., and C. Tuncer, 1991. Gen transferi ile böceklerle karşı dayanıklı bitki elde etme çalışmaları. *Türk. entomol. derg.*, **15** (2): 117-127.
- Fischhoff, D. A., K. S. Bowdish, F. C. Perlak, P. G. Marrone and S. M. Mc Gormic, 1987. Insect tolerant transgenic tomato plant *Biotechnology*, **5**: 807-13.
- Gasser, C. S. and R. T. Fraley, 1989. Genetically engineering plants for crop improvment. *Science* (Washington, DC), **244**: 1290-1299.
- Gill, S. S., E. A. Cowles and P. V. Pietrantonio, 1992. The mode of action of *B. thuringiensis* endotoxins. *Ann. Rev. Entomol.*, **37**: 615-636.
- Goldman, I. F., J. Arnold and B. C. Carlton, 1986. Selection for resistance to *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* in field and laboratory populations of the mosquito *Aedes aegypti*. *J. Invertebr. Patol.*, **47**: 317-324.
- Headley, J. C., 1980. The economic milieu of pest control: Have past priorities changed? (Pest control: cultural and enviromental aspects. Ed. D. Pimentel and J. H. Perkins) AAAS Selected symposium 43. 81-97.
- Kansu, I. A., 1991. Genel Entomoloji. 6. Baskı. Ankara. 428 s.
- Kirsch, K., and Schmutterer, 1988. Low effiacy of a *B. thuringiensis* (Ber.) formulation in controlling the diamondback moth, *P. xylostella* (L.) in the Phillipines. *J. Appl. Entomol.*, **105**: 249-255.
- Kirschbaum, J. B., 1985. Potential implication of genetic engineering and other biotechnologies to insect control. *Ann. Rev. Entomol.*, **30**: 51-70.
- Lindow, S. E., N. J. Panapoulos and B. L. Mc Farland, 1989. Genetic engineering of bacteria from managed and natural habitats. *Science*, **244**: 1300-1307.
- Mc Gaughey, W. H., 1985. Insect resistance to the biological insecticide *B. thuringiensis*. *Science*, **229** (12): 193-195.
- Mc Gaughey, W. H., and D. E. Johnson, 1987. Toxicity of different serotypes and toxins of *B. thuringiensis* to resistant and susceptible indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Econ Entomol.*, **80** (6): 1122-1126.
- Mc Gaughey, W. H., and R. W. Beeman, 1988. Resistance to *B. thuringiensis* in colonies of indianmeal moth and almond moth (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Econ. Entomol.*, **81** (1): 28-33.
- Mc Gaughey, W. H., and D. E. Johnson, 1992. Indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae) resistance to different strains and mixtures of *B. thuringiensis*. *J. Econ. Entomol.*, **85** (5): 1594-1600.
- Meeusen, R. L., and G. Warren, 1989. Insect control with genetically engineered crops. *Ann. Rev. Entomol.*, **34**: 373-381.
- Perlak, F. J., R. W. Deaton, T. A. Armstrong, R. L. Fuchs, S. R. Sims, J. T. Greenplate and D. A. Fischhoff, 1990. Insect resistant cotton plants. *Biotechnology*, **8**: 939-943.

- Quinlan, R. J., and S. G. Lisansky, 1983. Microbial insecticides (In Biotechnology, Ed. H. J. Rehm and G. Reed. vol. 3, Weinheim, 642 s). 233-254.
- Rossiter, M., W. G. Vendol and N. R. Dubais, 1990. Resistance to *B. thuringiensis* in gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae): Genetic and environmental causes. *J. Econ. Entomol.*, 83 (6): 2211-2218.
- Sheh, B., and S. Schuster, 1983. Effect of exposure to sublethal concentration of *B. thuringiensis* Berliner ssp. *entomocidus* on the susceptibility to the endotoxin of subsequent generations of the egyptian cotton leafworm *Spodoptera littoralis* Bois. (Lep., Noctuidae). *Z. Angew. Entomol.*, 96: 425-428.
- Shilds, R., 1987. Towards insect resistant plants. *Nature*, 328: 12-13.
- Stone, T. B., S. R. Sims and P. G. Marrone, 1989. Selection of tobacco budworm for resistance to a genetically engineered *Pseudomonas fluorescens* containing the δ endotoxin of *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*. *J. Invert. Pathology*, 53, 228-134.
- Tabashnik, B. E., N. L. Cushing, N. Finson and M. W. Johnson, 1990. Field development of resistance to *B. thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol.*, 83 (5): 1671-1676.
- Tabashnik, B. E., N. Finson and M. W. Johnson, 1991. Managing resistance to *B. thuringiensis* lessons from the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol.*, 84 (1): 49-55.
- Tabashnik, B. E., J. M. Schwartz, N. Finson and M. W. Johnson, 1992. Inheritance of resistance to *B. thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol.*, 85 (4): 1046-1055.
- Vaeck, M. A. Reynaerts, H. Höfte, S. Jansens, M. D. Beuckeleer, C. Dean, M. Zabeau, M. V. Montagu and J. Leemans, 1987. Transgenic plants protected from insects attack. *Nature*, 328: 33-37.
- Van Rie, R., W. H. Mc Gaughey, D. E. Johnson, B. D. Barnett and H. Van Mellaert, 1990. Mechanism of insect resistance to the microbial insecticide *B. thuringiensis*. *Nature*, 247 (5): 72-74.
- Warren, G. W., N. B. Carozzi, N. Desai and M. G. Koziel, 1992. Field evaluation of transgenic tobacco containing a *B. thuringiensis* insecticidal protein gene. *J. Econ. Entomol.*, 85 (5): 1651-1659.
- Wilson, F. D., H. M. Flint, W. R. Deaton, D. A. Fischhoff, F. J. Perlak, T. A. Armstrong, R. L. Fuchs, S. A. Berberich, N. J. Parks and B. R. Stapp, 1992. Resistance of cotton lines containing a *B. thuringiensis* toxin to pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae) and other insects. *J. Econ. Entomol.*, 85 (4): 1516-1521.
- Yamvriac, C., 1962. Contribution a l'etude du mode d'action de *B. thuringiensis* Berliner vis-a-vis de la Teigne de la farine *Anagasta (Ephestia) kuhniella* Zeller (Lepidoptera). *Entomophaga*, 7: 101-159.