Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 1(2):53-59, 2006
ISSN 1304-9984

Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların (GDO) Entomoloji Alanındaki Uygulama Olanakları

Sibel YORULMAZ[1] **Recep AY[1]**

[1]Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta

Özet: Tarımsal üretimde ekonomik kayıplara neden olan önemli etmenlerden birisi böceklerdir. Son yıllarda tarımsal zararlılarla mücadelede kullanılan insektisitlerin insan, çevre ve doğal denge üzerindeki olumsuz etkilerinin artması nedeniyle, ilaçlara alternatif savaşım yöntemleri üzerindeki çalışmalar önem kazanmıştır. Moleküler biyoloji tekniklerinin hızla gelişmesiyle, araştırmalar gen aktarma yöntemi kullanılarak yeni özellikler kazandırılmış böceklere dayanıklı transgenik bitkiler ve direkt gen aktarımı yapılmış böcekler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada böceklere dayanıklı transgenik bitkilerin geliştirilmesi, böceklere gen aktarım sistemleri ve entomolojideki kullanım olanakları hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: GDO (Genetiği Değiştirilmiş Organizma), transgenik bitki, böcek

The Application Facilities of the Genetically Modified Organism (GMO) in Entomology

Abstract: One of the important factors that causes to economic losses in agricultural production is insects. Because the negative effects of the insecticides that have been recently used in the control for agricultural pest on human beings, environment and natural balance have increased, the control methods that are alternatives to pesticides have gained importance. With the rapid improvement of molecular biology tecniques, researchs have been concentrated on transgenic plants that are resistant to the insect having been acquired new properties by using the technique of gene transfer and the insects whose genes have been directly transfered. In this study, the information about the improvement of transgenic plants that are resistant to insects and the usage facilities in entomology is given.

Key words: GMO (Genetic Modification Organism), transgenic plant, insect

Giriş

Genetik mühendisliği yöntemleriyle bünyelerine yabancı genler ilave edilerek genetik yapıları değiştirilen, eklenen yabancı genleri genomlarına sabit olarak entegre eden ve bu genin aktardığı özellikleri gösteren bitki, hayvan ve mikroorganizmalara genetik yapısı değiştirilmiş organizma (GDO) denilmektedir (Ibelgaufts, 1993; Demir ve ark., 2006).

Bu makalede genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO)' ların entomoloji alanındaki uygulama olanakları;

a.Transgenik bitkilerin entomoloji alanındaki uygulama olanakları

b.Gen aktarımı yapılmış böceklerin entomoloji alanındaki uygulama olanakları olmak üzere iki başlıkta incelenecektir.

Dünyada genetik yapısı değiştirilmiş bitkiler üzerinde yapılan çalışmaların amacı hastalık ve zararlılara dirençli, ürün kalitesi yükseltilmiş ve bazı özellikleri iyileştirilmiş bitkiler elde etme esasına dayanmaktadır. Sağlık ve çevre konuları açısından önemli risklerinin olması nedeniyle, birçok ülkede transgenik bitkiler kullanılmamaktadır. Son yıllarda, ABD, Kanada ve Arjantin gibi ülkelerde özellikle herbisitlere ve böceğe dayanıklı transgenik soya, mısır, pamuk ve kolzada ekim alanı oldukça fazladır.

Böceklere gen aktarımı son dönemlerde üzerinde durulan ve araştırılan

bir konudur. Aktarılmak istenilen özelliği taşıyan bir gen taşıyıcı sistemler yardımıyla böceklere aktarılarak transgenik böcekler elde edilmektedir. Günümüzde böceklere direkt gen uygulamaları yapılabilmektedir. Böceklerin çok sayıda hücreden oluşması, gen aktarım çalışmalarında mikroenjeksiyon yönteminin kullanılması, araştırıcı sayısının ve kaynakların kısıtlı olması nedeniyle böceklerde gen aktarım çalışmaları oldukça küçük çapta kalmıştır.

Böceklere Dayanıklı Transgenik Bitkilerin Geliştirilmesi

Böcekler bitki aksamlarını yiyerek bitkilere direkt zarar vermenin yanı sıra virüs, bakteri ve mantar gibi hastalık etmenlerini taşıyarak indirekt zarara neden olmaktadırlar. Günümüzde modern biyoloji tekniklerindeki gelişmeler sayesinde zararlılarla mücadelede gen teknolojisi yöntemleri kullanılabilir duruma gelmiştir. Bu mücadele yöntemi, böcekler üzerinde toksik etki yapan proteinlerin (insektisit etki göseren proteinler) sentezinden sorumlu genlerin bitkilere aktarılması esasına dayanmaktadır. Günümüzde moleküler biyolojide en fazla kullanılan genler doğal ve sentetik *Bacillus thuringiensis* (Bt) &-endotoksin proteinin sentezinden sorumlu olan cry^{I} genleridir. Cry^{I} genleri kullanılarak geliştirilen böceklere dayanıklı transgenik bitkilerin dünyadaki ekim alanları oldukça fazladır.

Bacillus thuringiensis (Bt) belli böcekler için toksik olan fakat insan ve hayvanlara zarar vermeyen bir madde oluşturmaktadır. *Bacillus thuringiensis* endotoksin proteinleri yapısal özellikleri ve konukçu proteinlerine göre Cry-I, Cry-II, Cry-III ve Cry-IV olmak üzere dört farklı grupta kategorize edilmektedir. Bunlardan Cry-I toksinleri Lepidoptera takımı üzerinde etki gösterirken, Cry-III toksinleri Coleoptera takımı üzerinde, Cry-IV toksinleri ise Diptera takımı üzerinde etkili olmaktadır. Cry-II toksinlerinin ise hem Lepidoptera hem de Diptera takımları üzerinde etkin oldukları bilinmektedir. Toksinin etki mekanizması, aktif haldeki toksinlerin bağırsak epitel hücrelerinde bulunan reseptör bölgelerine bağlanmasından sonra hücre zarı üzerinde delikler oluşturması ve delik oluşan bu hücrelerin patlaması ile oluşmaktadır (Gill et al., 1992; Knowles and Dow, 1993). Bt genini taşıyan ilk transgenik bitkiler 1987 yılında geliştirilmiştir (Vaeck et.al., 1987; Barton et al., 1987; Fischhoff et al., 1987).

Bütün böcekler için toksik olmayan Bt toksinlerinin yerine proteaz inhibitörleri kullanılmaktadır. Bunlar arasında *Vigna sinensis*'e ait tripsin inhibitör protein genleri, patates ve domatesten yara ile oluşan proteaz inhibitör familyasına ait olan OI-I, PI-II ve belli Serin-Proteinaz inhibitörleridir. Antimetabolitik enzimler böceklerin önemli sindirim enzimlerini engelleyerek normal böcek fizyolojisini etkilemektedirler. Başka insektisit dayanıklılık geni olarak *Streptomyces* türlerinden bir Kolesterol-Oksidaz geni ve bezelyeden bir Lektin geni izole edilebilmiştir. Lektinler böcek bağırsağında besin bileşiklerini bağlamakta ve normal sindirimi bozmaktadırlar. Böylece bu tip bir proteini içeren bitkiler böcek zararından korunmaktadırlar. Bu genlerin aktarılması ve transgenik bitkilerde çoklu dayanıklılık sisteminin geliştirilmesi ile zararlı böcek populasyonlarında dayanıklılığın hızlı bir şekilde gelişmesi engellenmek veya uzatılmak istenmektedir (Demir ve ark., 2006).

Transgenik bitki tarımı ile kaliteli, tek düze ve yüksek üretim sağlanmıştır. Buna ek olarak herbisite ve böceğe dayanıklı transgenik ürünler ile pestisit kulanımı azaltılmakta, çevre ve hedef dışı organizmalar olumlu etkilenmektedir (Halis, 1999). Çin'de Bt. toksini içeren pamuk varyetelerinin üretime katılmasından sonra pamuk üretim alanlarında ilaç kullanımı 55 kg preparat/ha'dan 16 kg preparat/ha'ya düşmüştür (Phipps and Park, 2002). Herbisite dayanıklı transgenik bitkiler sayesinde ekim öncesi ilaçlama yapılmamakta ve böylece toprak erozyonu, toprak flora ve faunası olumlu yönde etkilenmektedir (Marshall, 1998). Transgenik üretimin bu gibi faydalı yönleri olduğu gibi bilim adamlarının ve tüketicilerin kuşkuyla baktıkları bazı olumsuz yönleride vardır. Transgenik bitkilerin tüketicilerde toksite, allerji ve

kanser oluşturma kuşkusu bulunmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar bu kuşkuların yersiz olmadığını göstermektedir. Genetiği değiştirilmiş bitkilerin diğerlerinden ayırt edilebilmesi amacıyla işaretleyici (markör) gen olarak antibiyotiklere dayanıklı genler kullanılmaktadır. Bu genler tüketicilerde antibiyotiklere dayanıklı mikroorganizma oluşumunu teşvik etmektedir (Özgen ve ark., 2005).

Transgenik bitkilerin genellikle hedef alınan canlılara etkili olması istenir. Yapılan çalışmalarda hedef alınmayan canlılar üzerinde de etkili olduğu görülmüştür. Buda özellikle agroekosistemdeki fauna üzerine olumsuz şekilde etki etmektedir. Cry1AB Bt-toxin içeren trasgenetik mısır alanlarında *Crysoperla carnea* (Stephens) ’nın olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir (Dutton et al., 2003). Transgenik bitkilerdeki herbisitlere dayanıklılık genlerinin yabani konukçularına geçmesi yabancı ot savaşımınıda zora sokmaktadır. Yine yapılan çalışmalarda böceklerin transgenik bitkilere karşı dayanıklılık geliştirebileceği belirlenmiştir (Gould et al., 1997 ; Mallet and Porter 1992).

Böceklere Taşıyıcı Sistemlerle Gen Aktarım Çalışmaları

Molaküler biyoloji alanındaki gelişmeler birçok alanda olduğu gibi entomoloji alanında yeni araştırma alanları yaratmıştır. Özellikle tarımsal savaşım alanında ve ürünlerinden faydalandığımız böceklerin üretilmesinde yeni bakış açıları ve savaşım stratejileri geliştirmiştir (O’Brochta and Atkinson, 2001; Robinson et al., 2004; Wimmer, 2003).

Böceklerde ilk başarılı gen aktarımı 1982 yılında *Drosophila melogaster* Meig’de P elementi ile yapılmıştır (Handler, 2001). Diğer böceklerde gen aktarımı ancak bu ilk örnekten 13 yıl sonra gerçekleştirilmiştir. Gen aktarımı Akdeniz meyve sineği *Ceratitis capitata* Wied ’da Minos taşıyıcı sistemi ile gerçekleştirilmiştir (Loukeris et al., 1995). Bu çalışmadan sonra bazı tarımsal zararlı ve vektör böceklerin savaşımında gen aktarım tekniklerinin kullanma yolları araştırılmaya başlanmıştır.
Böceklerde gen aktarımı şekil 1’de şematik olarak gösterilmiştir. Genel olarak gen aktarım yönteminin dört önemli öğesi vardır:

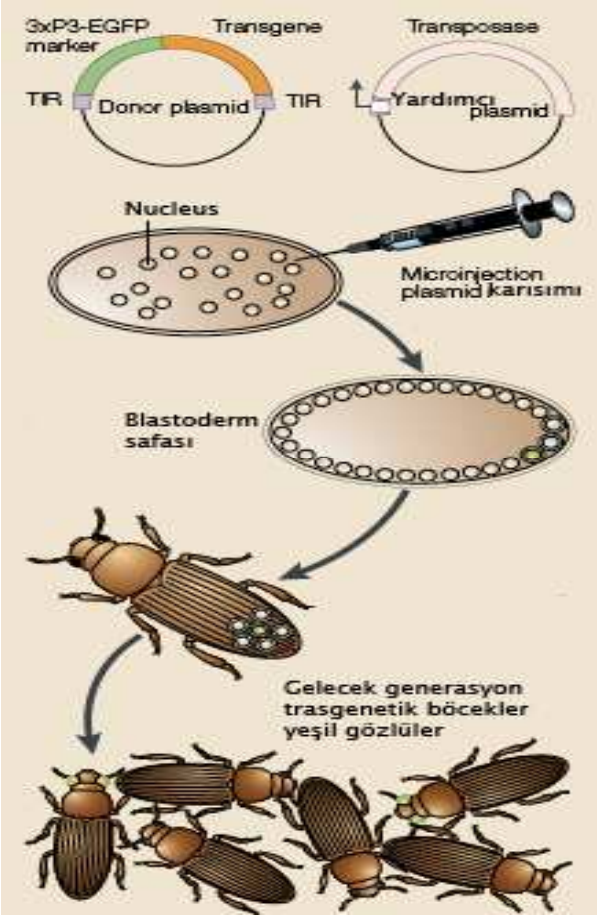
-Aktarılmak istenen geni hedef zararlı veya faydalı bireyin genomuna aktarabilecek taşıyıcı (vektör) sistem,

-Amaca uygun olarak seçilmiş ve elde edilmiş zararlı veya faydalı türde uygun değişiklikler yapılabilecek gen,

-Gen aktarımı yapılmış yeni genomun bozulmaya uğramadan stabil halde sonraki nesillere geçerek populasyon içinde yayılmasını sağlayacak yine genlerden oluşacak olan yardımcı ve yayıcı mekanizma.

-Gen aktarımı çalışmalarında ihmal edilmemesi gereken markör genlerdir

Markör genleri gen aktarımı yapılmış olan bireylerin tanınmasında son derece önemlidir. Şekil 1’de görülen donor plasmid böcekte amaca uygun değişiklik yapabilecek geni ve markör geni taşımaktadır. Yardımcı plasmid, donor plasmidi taşıyacak olan taşıyıcı vektör sistemdir. Böceklerde taşıyıcı vektör sistem olarak çoğunlukla *h*AT *Hermes, the mariner Mo1s ve Tc1/mariner Minos* ve *TTAA piggyBac* elementleri kullanılmaktadır (Wimer, 2003).



Şekil 1. Böceklerde gen aktarımının şematik olarak gösterilmesi (Wimmer, 2003)

Böceklerde gen aktarımı yumurta döneminde yapılmaktadır. Yumurtada çekirdek bölünmesi başladıktan kısa bir süre sonra donor ve yardımcı plasmidlerin karışımı mikroenjeksiyon ile yumurtaya aktarılır. Böylece aktarılan gen blastoderm safhasında böcek yapısında yerini alır. Embiryo gelişiminden ergin oluncaya kadar, aktarılan gen böcek kromozomlarına yerleşir. Böylece bu yumurtadan gelişen böceğin yavrularından bazıları transgenik böcek olur. Populasyon içindeki transgenik böcekler markör genler (gözleri yeşil florosan renkli) sayesinde diğerlerinden kolayca ayırtedilebilir (Wimer, 2003). Genellikle tarımsal açıdan önemli böcek türlerine *Minos, Hermes, piggyBac* ve *Mos I* taşıyıcı elementleri kullanılarak aktarım yapılmaktadır (Atkinson, 2002). Böceklerde gen aktarımı değişik amaçlar için yapılmaktadır, bunlar aşağıda özetlenmiştir:

Bioreaktör olarak transgenik böcekler:

Japon bilim adamları insan deri proteini-type III procollagen'i ipek böceklerine aktararak transgenik ipek böcekleri elde etmişlerdir. Recombinnant proteinlerin üretimi biyoteknolojinin büyük başarılarından bir tanesidir. İpekböceği büyük miktarlarda kolayca üretilebilmektedir, bu nedenle bioreaktör böceklere iyi bir örnek olarak verilebilir (Houdebine, 2000). Japonya, Çin ve Hindistanda ipek üretmek için çok sayıda ipek böceği üretilmektedir. Böylece daha kaliteli ve bol miktarda ipek elde edilebilmektedir (Tomita et al., 2003).

Transgenetik olarak geliştirilmiş biyolojik mücadele ajanları:

Zararlı populasyonlarını baskı altında tutmak için parazitoid ve pradötörler kullanılmaktadır. Zararlılarla savaşımda bazı

koşullarda faydalı böceklerin yanında kimyasal ilaçların kullanımı zorunlu olmaktadır. Kimyasal mücadele yapıldığı durumlarda beklenen parazitoid ve pradötörlerin ilaçtan etkilenmemesidir. Konvensiyonel genetik metodlarla belirlenen insektisit direnç genleri, transgenetik metodlarla biyolojik mücadele ajanlarına aktarılabilmektedir. Böylece tarım ürünlerinde zarar oluşturan böceklere karşı önce ilaç uygulandıktan sonra, geriye kalan ilaçlara dirençli zararlılara karşı transgenik faydalılar salınabilir (Wimmer, 2003).

Transgenetik zararlı yönetimi:

Tarım ve orman ürünlerinde zarar yapan, insan veya hayvanlara hastalık taşıyan bir çok böcek türü bulunmaktadır. Bunların kontrolünde steril insect technique (SIT) kullanılabilir. SIT tekniği özellikle izole alanlarda zararlı böcekleri başarıyla baskı altına alan bir yöntemdir. SIT tekniğinde erkek böcekler radyasyonla kısırlaştırıldıktan sonra doğaya salınmaktadır. SIT tekniğinde erkek bireyler kullanılır, fakat her iki cinsiyetinde yetiştirilmesi gerekmektedir.

SIT tekniğinde gen aktarım tekniği üç şekilde kullanılabilir (Wimmer, 2003). SIT tekniğinde doğaya salınan steril böceklerin ve doğada bulunan normal böceklerin ayırt edilmesi son derece önemlidir. Birinci yöntemde transgenik yöntemlerle kısırlaştırılarak doğaya salınan steril böceklere ayırtedici olarak florosan boyalar aktarılmaktadır. Böylece doğaya salınan steril böcekler kolayca ayırt edilebilmektedir. İkinci yöntemde şartlı dominant genler ile dişi bireyleri meydana getirecek embriyoların ölmesi sağlanmaktadır. Meydana gelen erkek bireyler kısırlaştırıldıktan sonra doğaya salınmakta ve zararlı kontrol altına alınmaktadır (Heinrich and Scot 2000). Üçüncü yöntemde ise, transgenik sistem ile sadece steril böceklerin gelişmesine izin verilmektedir (Horn and Wimmer 2003).

Zaralı böceklerin diyapozda ölmesi:

Böcek populasyonlarının kontrolünde alternatif olarak şartlı letal mutasyonlarla lethal diyapozun ortaya çıkması sağlanmaktadır. Fakat bu salımdan sonraki birinci dölde etkili değildir. Hypothetical diyopoz ölümü buna bir örnektir-dominant lethal mutasyonla kış başlangıcında diyopoza girmeye çalışan böcekler ölecektir, fakat ilkbahar ve yazın etkisi yoktur. Bir başka alternatifde soğuğa duyarlı genlerin belirlenerek böceklere aktarılmasıdır. Böylece zararlı böceklerin aşırı soğuklarda ölmeleri sağlanmaktadır.

Hastalık taşınmasını zayıflatmak:

Bazı böcekler özellikle sivrisinekler birçok hastalık etmenini taşıyarak insanlarda hastalıklara neden olmaktadır. Eğer böceklerin vektörlük kapasitesi elemine edilirse sadece insanları ısırdıkları an bir acı vereceklerdir, hastalık oluşturamayacaklardır. Malaria'nın taşınmasında vektör sivrisineklerde komplex gelişme dönemlerinin tamamlanması için parazit *Plasmadium*'a ihtiyaç vardır. Sivrisinek enfekteli hayvan veya insanda beslendikten sonra parazit önce mideye ve sonra tükrük salgı bezi epitelyumuna geçer. Belli protein veya peptid'lerin gen aktarımı ile *Plasmadium'*un sivrisinek içinde tükrük salgı bezlerine geçişi bloke edilerek malaria'nın insanlara taşınımı engellenmektedir (Wimmer, 2003).

Sonuç

Böceklere dayanıklı transgenik bitkilerin kullanılması sonucu oluşabilecek yarar ve riskler yukarıda açıklanmıştır. Gen aktarımı yapılarak yeni özelliklere kazandırılmış böceklerin doğaya salımı sonucunda oluşabilecek bazı avantajlar ve dezavantajlar bulunmaktadır. Transgenik böceklerin doğaya salımı konusunda hala bazı soru işaretleri vardır. Transgenik böcekler doğaya salınmadan önce ekolojik risk analizinin yapılması gerekir (Wimmer, 2003).

Özellikle böceklere gen aktarım çalışmalarının insektisit kullanımı sonucu ortaya çıkan ve doğanın kirlenmesine neden olan kimyasal bir etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca aktarılacak olan gen spesifik bir etkiye sahip olduğu için sadece uygulanacak böcek üzerinde etkili olmaktadır. İnsektisit kullanımı sonucunda yararlı populasyon içerisinde bulunan doğal düşmanlar, kuşlar

ve arılar üzerinde meydana gelen olumsuz etki gen aktarım çalışmalarında oluşmamaktadır.

Gen aktarılmış böceklerin doğaya salımının avantajlarının yanı sıra bazı riskleri de mevcuttur. Özellikle gen aktarım çalışmaları bazı türler üzerinde yoğunlaşmıştır ve bu çalışmalarda belli zararlılarda başarı sağlanmıştır. Ancak tarımsal alanlarda önemli kayıplara neden olan birçok zararlılara gen aktarımının uygulanabilirliği halen tartışılmaktadır. Gen aktarım teknikleri kullanılarak böceklere aktarılan dayanıklılık genlerinin doğaya yayılarak ayrı bir dayanıklılık sorununa sebep olup olmayacağı bilinmemektedir (Turanlı ve Kısmalı, 2004). Gen aktarım çalışmalarında kullanılan viral vektörler ve bakteriyel etmenlerin başka canlılara geçip geçmeyeceğinin bilinmemesi de önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Gen aktarım çalışmaları oldukça maliyetli işlemlerdir. Gen aktarımı yapılmış çok sayıda böceğin doğaya salımının daha ucuz olan insektisitlerle rekabet düzeyinin ne olacağının bilinmemesi oluşabilecek risklerden birisidir. Gen aktarılmış çok sayıda böceğin doğaya salımı yapılmadan önce mevcut risklerin araştırılması gerekmektedir. Sonuç olarak, mevcut riskler aydınlatıldıktan sonra gen aktarımı yapılmış böceklerde zararlılarda mücadelede alternatif bir savaşım yöntemi olarak kullanılabilecektir.

Kaynaklar

Atkinson, W., P., 2002. Genetic engineering in insect of agricultural important. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 32: 1237-1242.

Barton, KA., Whitely, HR., Yang, NS., 1987. Bacillus thuringiensis &-endotoksin expressed in transgenic Nicotiana tabacum provides resistance to Lepidopteran insects. Plant Physiol., 85: 1103-1109.

Demir, A., Seyis, F., Kurt, O., 2006. Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmalar: I. Bitkiler. OMÜ. ZİR. Fak. Dergisi, 21(2): 249-260.

Dutton, A., Romeis, J., Bigler, F., 2003. Assessing the risk of insect resistanttransgenic plants on entomophagous arthropod: Bt-maize expressing Cry1Ab as a case study. 48:611-636.

Fischhoff, DA., Bowdish,, KS., Perlak, FJ., 1987. Insect tolerant transgenic tomato plants. Bio/ Technology, 5: 807-813.

Gill, SS., Cowles, EA., Pietrantonio, PV., 1992. The mode of action of Bacillus thuringiensis endotoksins. Ann. Rev. Entomol., 37: 615-636.

Gould, F., Anderson, A., Jones, A., Sumerford, D., Heckel, D., G., Lopez, J., Micinski, S., Leonard, R., and Laster, M., 1997. Initial frequency of alleles for resistance to Bacillus thuringiensis toxins in field populations of Heliothis virescens. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 94 (1997), pp. 3519–3523.

Halis, R., S., 1999. Genetically modified plants – the debate continue. Trends in Ecology & Evolution, 15(1):14-18

Handler, A., M., 2001. A current perspective on insect gene transformation. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 31: 111-128.

Heinrich, C. and Scott, J., M., 2000. A repressible female-specific lethal genetic system for making transgenic insect strains suitabe for a sterile-release program. Applied Biological Science, 97: 8229-8232.

Horn, C. and Wimmer, EA., 2003. A transgene-based, embryo-specific lethality system for insect pest management. Nature Biotechnology, 21:64-70.

Houdebine, L., M., 2000. Transgenic animal bioreactors. Transgenic Research. 9:305-320.

Ibelgafts, H., 1993. Gentechnologie von A-Z. Studienausgabe. VCH Verlag.

Knowles, BH., Dow, JAT., 1993. The crystal endotoxins of Bacillus thuringiensis models for their mechanisms of action on the insect gut. BioEssay, 15: 469-476.

Loukeris, T., G., Livadaras, I., Arca, B., Zabalou, S. and Savakis, C., 1995. Gene transfer into the medfly, Ceratitis capitata, with a Drosophila hydei

transposable element. Science, 270(5244):1941-2.

Marshall, G., 1998. Herbicide tolerant crops –real farmer opportunity or potential environmental problem?. *Pestic. Sci*. 52: 394–402.

Mallet, J. and Porter, P., 1992. Preventing insect adaptation to insect-resistant crops: are seed mixtures or refugia the best strategy?. Proc. R. Soc. London Ser. B 250 :165–169.

O'Brochta, D., A. and Atkinson, P., W., 2001. Transgenic Insects: Programs, Technology, Benefits and Risks. LMOs and the Environment: An International Conference, Raleigh-Durham, the United States, 27-30 November.

Özgen, M., Ertunç, F., Kınacı, G., Yıldız, M., Birsin, M., Ulukan, H., Emiroğlu, H., Koyuncu, N., Sancak, C., 2005. Tarım Teknolojilerinde Yeni Yaklaşımlar ve Uygulamalar: Bitki Biyoteknolojisi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, 315-345.

Phipps, R., H. and Park, J., R., 2002. Environmental benefits of geneticallly modified crops: Global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. J. Of Animal and Feed Sciences, 11:1-8.

Robinson, A., S., Franz, G. and Atkinson, P., W., 2004. Insect transgenesis and its potential role in agriculture and human health. Insect Biochemistry and Molecular Biology. 34(2):113-120.

Tomita, M., T., Munetsuna, H., Sato, T., Adachi, T., Hino, R., Hayashi, M., Shimizu, K., Nakamura, N., Tamura, T. and Yooshizato, K., 2003. Transgenic silkworms produce recombinant human type III procollagen in cocoons. Nature biotecnology, 21:5256

Turanli, F., ve S., Kismali, 2004. Gen Aktarımı Teknolojisinin Entomolojideki Uygulamaları.Tarım ve Mühendislik. Sayi 68.

Vaeck, M., Reynaerts, A., Höfte, H., 1987. Transgenic plants protected from insect attact. Nature, 327: 33-37.

Wimmer, E., A., 2003. Aplications of insect transgenesis. Nature Reviews, 4:225-232.