

Genetiği Değiştirilmiş Mısır Bitkisinin Bazı Böcek Türlerine Karşı Direnci Üzerine Değerlendirmeler

Hatice Özlem İnce¹, Cengiz Bahadıroğlu¹, Sevil Toroğlu^{1,*}, Hakan Bozdoğan¹

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 46100, Kahramanmaraş/Turkey

Özet

Kahramanmaraş ilinde son yıllarda birinci ve ikinci ürün olarak yoğun şekilde mısır bitkisi üretilmektedir. Zararlı böceklerden mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis* Hübner) ve mısır koçan kurdu (*Sesamia nonagrioides* Lef.), yılda ortalama % 10–20 oranında ürün kaybına neden olmaktadır. Özellikle bu kayıp buğday yerine ekilmiş mısır tarlalarında daha yaygın gözlenmektedir. Bu zararlılarla karşı mücadelede çeşitli yöntemler kullanılmakta olup son yıllarda tarlalarda genetiği değiştirilmiş mısır tohumlarına geniş yer verilmektedir. Böyle ki mısır tohumları genomuna *Bacillus thuringiensis* bakterisinin genleri aktararak bitkinin böceklere karşı direncinin artması sağlanmıştır. Bu kapsamda *B. thuringiensis* bakterisinin toksini olan Cyt (cytolysins) ve Cry (kristal delta endotoksin) proteinleri üzerine çalışmalar yürütülmüş ve sonuç olarak Cyt proteinleri, Coleoptera ve Diptera, Cry proteinleri ise Lepidoptera takımına ait böcek türlerine karşı etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca toksisiteyi artırmak ve direnci düşürmek için genetiği değiştirilmiş çeşitli Bt- toksinler de geliştirilmiştir. Fakat Bt teknolojinin vaatleri, Bt mısırının insan sağlığı ve çevreye olan kasıtsız etkileri hakkındaki endişeler bu çabaları gölgelemekte olup Cry proteininin toksisitesi, alerjites ve antibiyotik direnç genlerinin insan sindirim sisteminin mikroflorasında lateral transferinin insan sağlığını tehdit ettiği düşünülmektedir. Örneğin Bt mısır hedef olmayan organizmalar için toksik olabilir, transgenik genler akraba mısır türlerine geçebilir ya da ayrıca diğer zararlı böcekler Bt proteinlerine direnç kazanabilirler. Dolayısıyla bu derleme, transgenik mısır ile ilgili yürütülen uygulamalı çalışmaların çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri konusunda kuşkuların mevcut olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *O. nubilalis*, *S. nonagrioides*, larva, *B. thuringiensis*, GD mısır, cry proteini.

The Assessments on Resistance of Genetically Modified Corn Against Some Insect Species

Abstract

In recent years, corn crop is produced extensively as first and second product in Kahramanmaraş the pests formed European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) and the stem corn borer (*Sesamia nonagrioides* Lef.), causes the loss of product per year, average 10-20 % rate. In particularly, this crop loss is observed from the fields which corn had been planted after wheat. Various methods are used in the fight against these pests, in recent years, genetically modified corn seeds are given place broadly. *Bacillus thuringiensis*'s gene is transferred to this seed's genomes to increase the plant resistance against insect. The scientists who research *B. thuringiensis* action mechanism against certain insect species, focused on classes of bacterial toxins of the Cyt (cytolysins) and Cry (crystal delta endotoxin). Cyt proteins are active against Coleoptera and Diptera, the Cry proteins are active against Lepidoptera species and the crystal protein-encoding genes of various Bt species transferred to plants (commercially known as the Bt-toxin) for making the plant resistant to insects. In addition, a variety of genetically modified Bt-toxins have been developed to increase toxicity and reduce resistance. But the promise of this Bt technology has been overshadowed by concerns about unintended effects of Bt corn on human health and the environment, Cry protein toxicity, allergenicity, and lateral transfer of antibiotic-resistance marker genes in the microflora of the human digestive system is thought to be a threat to human health. For example, Bt corn can be toxic for non-target organisms, transgenic genes can pass to relative corn species or other pests also can acquire resistance to Bt proteins. Therefore, this review is revealed that there are doubts about applied studies handled on transgenic corn on the subject of environment and human health effects.

Keywords: *O. nubilalis*, *S. nonagrioides*, larvae, *B. thuringiensis*, GD corn, cry protein

* e-mail: storoglu@ksu.edu.tr

1. Giriş

Mısır önemli bir tahıl bitkisi olup, üretimde buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada bulunmaktadır. Dünyada en fazla mısır üretimi yapılan ülkeler arasında ABD (316 milyon ton), Çin (173 milyon ton), Brezilya (57 milyon ton), Avrupa kıtası ülkeleri (55 milyon ton), Arjantin (22 milyon ton) ve Hindistan (21 milyon ton) yer almaktadır [1]. Türkiye’de mısır ekim alanı yaklaşık 600 bin hektara, üretim miktarı da 4,3 milyon tona ulaşmıştır [2]. Yıllık mısır tüketim ihtiyacının 4-4,5 milyon ton seviyesinde olduğu bilinmektedir [3]. Tüketime yaklaşıp %65-70’i hayvan besiciliğinde, %20’si şeker, nişasta ve yağ sanayinde, geri kalan kısmı ise gıda sektöründe kullanılmaktadır [4].

Mısır bitkisine zarar veren 400’ den fazla böcek türü bulunmasına rağmen ülkemizde en önemli kayba Lepidoptera takımına ait *Ostrinia nubilalis* Hübner) ve “mısır koçan kurdu”(*Sesamia nonagrioides* Lefebvre) neden olmaktadır. Söz konusu türler Doğu Akdeniz bölgesinde en fazla zararı ikinci ürün olarak ekilen mısır tarlalarına vermekte olup yeterli düzeyde önlemler alınmadığı takdirde birinci üründe kayıp oranı %10 iken ikinci de neredeyse %100’e ulaşabilmektedir [5, 6, 7, 8].

Mısır kurdu (*O. nubilalis*) ergini krem sarı renktedir ve kanat genişliği 20–30 mm arasında değişir. Bir dişi kelebek toplam 200 adete yakın yumurtasını yaprakların alt yüzüne 20-25’lik kümeler halinde bırakır. Yumurta açılışı nem ve sıcaklığa bağlı olarak 5-15 günde gerçekleşir ve larva dönemi 30–35 günde tamamlanır. Olgun larvalar mısır sapı içerisinde pupa dönemine geçer ve ortam koşullarına bağlı olarak 8–10 gün kozada kalıp sonrasında kelebek olarak uçarlar. Adı geçen bölgede yılda 3 döl vermektedir [8,9].

Mısır koçan kurdu (*S.nonagrioides*) keleşinin kanat açıklığı 30–40 mm arasında değişir ve rengi sarımsı gridir. Dişi kelebek birkaç kez olmak üzere kümeler halinde 200’den fazla yumurta bırakır. Larvalar 6–7 gömlek değişiminden sonra olgunlaşır, sap ve koçan içerisindeki odacıklarda pupalaşırlar. Kışı olgun larva döneminde geçirir ve yılda 4-5döl verir [10, 11, 8].

Doğu Akdeniz bölgesinde mısır kurdu ve koçan kurduna karşı mücadelede genellikle kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır. Buna rağmen her yıl ürün kaybı kaçınılmaz durumdadır. Ayrıca kimyasal maddeler çevre ve insan sağlığını tehdit etmekte, ekolojik dengeyi bozmakta ve faydalı böceklerle olumsuz etkilerde bulunmaktadır [9]. Bu durumda kimyasal mücadeleye alternatif olarak yeni yöntemlerinin geliştirilmesi bilim adamlarının odak noktası haline gelmiştir.

2. Genetiği Değişirilmiş Bitkiler

Geçtiğimiz yüzyıl içerisinde artan dünya nüfusunu beslemeye yetecek düzeyde tarımsal üretim sağlanmasında ‘Yeşil Devrim’ olarak adlandırılan gelişmeler önemli bir etki yaratmıştır. Yirminci yüzyılın sonlarından itibaren genetik bilimindeki gelişmeler bitki ıslahında kullanılarak yüksek verimli bitki ırklarının geliştirilmesine büyük ölçüde katkı sağlamıştır. Fakat yüksek verime sahip bitki çeşitleri; fungus, bakteri, nematod ve virüs kaynaklı hastalıklar ile böceklerle karşı dayanıklı olamamış ve dolayısıyla ıslah yöntemlerinde ürünün kalitesi ve miktarı gibi nicel özelliklere önem verildiğinden, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık gibi unsurlara çok fazla dikkat edilmemiştir. Klasik ıslah yöntemleriyle, mısır, buğday, çeltik ve patatesten hastalık ve zararlı böceklerle karşı mukavemet gibi özellikler geliştirilmediğinden; halen bu bitkileri korumada kimyasal mücadeleye başvurulmaktadır. Klasik ıslah yöntemleriyle elde edilen verimliliğin artık sınıra geldiği düşünüldüğünde, ıslah çalışmalarında yeni yöntem ve teknolojilerin kullanılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır [4].

Bitkisel üretimde Yeşil Devrim'den sonraki dönem "Biyoteknoloji Devrimi" olarak adlandırılmaktadır. Bitkisel modern biyoteknolojik yöntemler; istenilen genlerin bulunması, karakterize edilmesi, izolasyonu ve hedef hücreye aktarılması aşamalarından meydana gelmektedir. Kullanılan teknikler; istenilen geni taşıyan bir DNA parçasının doku hücresi içerisindeki kromozomlara yerleştirilmesi, sonrasında doku kültürü teknikleri uygulanarak bu hücrelerden genetiği değiştirilmiş (transgenik) bitkilerin elde edilmesi esasına dayanmaktadır [12].

Bitkilere ilk transformasyon 1980'li yılların ortalarında kök kanseri hastalığına neden olan *Agrobacterium tumefaciens*'in, bitki genomuna gen transferi uygulanması ile gerçekleştirilmiştir. *Agrobacterium*'a uyum sağlamayan tahıl bitkileri (buğday, arpa, yulaf vd.) gen silahı ya da "mikropipet ile bombardıman" olarak bilinen ve bitki hücrelerine gelişigüzel nüfus edecek DNA ile kaplı mikrometre büyüklüğünde partiküller kullanılarak transformasyon uygulanmıştır. Bugüne kadar üretilen transgenik bitkiler doku kültürü yöntemiyle yapılan ıslahın ardından *Agrobacterium* veya gen silahı aracılığıyla yapılan transformasyon ile elde edilmiştir [13].

Nesil olarak genetiği değiştirilmiş bitkiler 3 grupta sınıflandırılır. Birinci nesil; herbisit, zararlı böcek ve çevresel stres koşullarına dayanıklı GD (Genetiği Değiştirilmiş Bitkiler) olarak adlandırılır. İkinci nesil; GD ürünler, verim ve besleme kalitesinin artırıldığı; üçüncü nesil ürünler ise insan tedavisinde kullanılan pahalı ilaç ile aşılardan üretildiği, biyo-yakıt üretimine daha yatkın bitkiler olarak tanımlanır [14]. Günümüzde sadece birinci nesil GD bitkiler dünya genelinde geniş üretim olanağı bulmuştur. İkinci ve üçüncü nesil transgenik ürünlerin araştırılması devam etmektedir ve yakın bir gelecekte ticari olarak üretiminin yapılabileceği düşünülmektedir [4].

Biyoteknolojik yöntemler kullanılarak böceklerle dayanıklı GD bitkilerin elde edilmesinde birçok yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemlerden günümüzde en yaygın *B. thuringiensis* bakterisinin böcekler üzerine öldürücü etki yapan bir geninin verimli kültür bitkilerine aktarılması işlemidir. Bu yöntemin mısır bitkisine uygulanmasıyla ürün kaybının en aza indirgenebileceği umut edilmektedir [15].

3. *Bacillus thuringiensis* (Bt)

3.1. Bt'nin Geçmişi

B. thuringiensis, gram-pozitif, aerobik, spor oluşturan ve temel biyolojik özellikleri birbirine benzer 20'den fazla bakteri türü içeren *Bacillus* cinsinin üyesidir. Bakteri ilk defa 1901 yılında baygınlık hastalığının rastlandığı ipekböceği larvalarında görülmüş ve oradan izole edilmiştir [16]. Berliner tarafından 1911 yılında *B. thuringiensis* olarak adlandırılmıştır. Angus, 1954 yılında *B. thuringiensis*'in böcek öldürücü etkisinin sporulasyon sırasında oluşan Cry proteinlerinden (kristal protein inklüzyonları) kaynaklandığını bulmuştur [18]. İlk defa Fransa'da 1938 yılında geniş miktarlarda üretilmiş Bt'nin, *O. nubilalis* (mısır kurdu) hasarını önlemek amacıyla mısır tarlalarında spreyi kullanılmıştır [19]. Uzun zamandır böcek öldürücü sprey olarak yararlanılmasına rağmen bakterilerin bitki yüzeyinde devamlı kalmadığı görülmüş ve bundan dolayı Bt sprelerinin uygulanması sınırlandırılmıştır. Ayrıca Bt spreyi *O. nubilalis* (mısır kurdu)'in larva döneminin çoğunda mısır yüzeyinde değil saplarının içinde yaşaması nedeniyle spreyle sadece böceğin saptan çıkmaya başladığı dönemde etkili olmuş bu nedenle mücadelede başarıya ulaşılamamıştır [20].

Böceklerin kimyasal insektisitlere olan dirençleri arttıkça Bt kullanımına da ilgi yoğunlaşmıştır. 1987 yılında Bt'de insektisidal kristal protein (ICP) genleri bulunmuştur. Günümüzde sadece 5 ICP geni ticari Bt

üretimi için kullanılmaktadır. Ayrıca ICP'ler genetiği değiştirilmiş tahılların birçok veya tüm dokularında yüksek yoğunlukta bulunmaktadır [21].

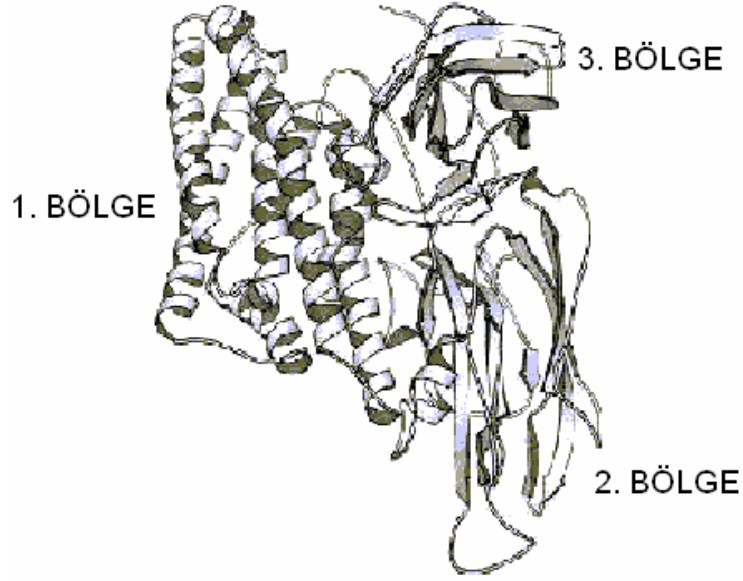
3.2. Bt Proteini ve Etki Mekanizması

Bt proteinlerinden biri olan Cry; herbivor böcek larvalarına öldürücü etki taşıması nedeniyle GD tahıl çeşitlerinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır [22].

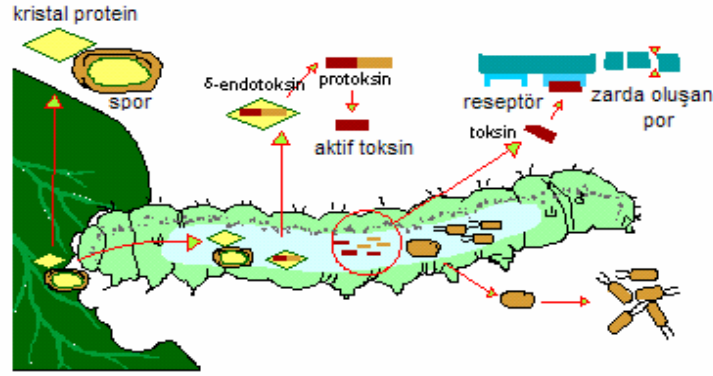
Bt toksini, GD bitkilerde daha kapsamlı testler yapılabilmesi için düşük seviyelerde tutulmaktadır. Örneğin Bt mısırdaki bulunan CryIA proteini yaprakta 7,93-10,34 µg/g, danede ise 0,19-0,39 µg/g arasında bulunmaktadır [23]. Bu nedenle, farklı bir konakta yeni ürünün değişik bir toksitite göstermeyeceği kanıtlanmalıdır [24].

B. thuringiensis'in insektisidal aktivitesi spor oluşturma sırasında üretilen protein inklüzyonlardan kaynaklanmaktadır. Bu inklüzyonlar ICP (insektisidal kristal protein)'lerden oluşmakta ve ICP'ler (Cry protein veya δ-endotoksin) birçok böcek türüne karşı etkili olmaktadır. Bu proteinler Lepidoptera, Diptera ve Coleoptera takımı böceklerle karşı toksik etki yapmaktadırlar [25]. Ayrıca Hymenoptera, Homoptera, Orthoptera, Mollusca, Nematodlar, Akarlar ve Protozoa'lara karşı da etkindirler [26]. Aminoasit benzerliklerine göre 300'den fazla ICP klonlanıp dizisi çıkarılarak 53 gruba ayrılmıştır [27]. *Cry1*, *cry2* ve *cry9* grubu *cry* genleri Lepidoptera'ya karşı toksik etki yaparken, *cry3*, *cry7* ve *cry8* grubu Coleoptera; *cry4* ve *cry11* ise Diptera takımı böceklerle karşı toksik etki yapmaktadır [28].

B. thuringiensis δ-endotoksinin aktif kısmı 3 ayrı bölgeden meydana gelmektedir [25]. (Şekil 1). I. bölge, böcek bağırsağına tutunma ve delik oluşumuna neden olmaktadır. II. bölge böcek bağırsağının epitel hücrelerinin reseptörlerine bağlanma özelliği taşımaktadır. III. bölge'nin fonksiyonu ise tam olarak bilinmemekte ancak bu bölgenin Cry toksinlerinin bağırsak proteazları tarafından sindirilmesini önlediği, iyon kanallarının oluşumunu sağladığı, reseptöre bağlandığı ve böcek özgünlüğünden sorumlu olduğu varsayılmaktadır [25, 30]. Bt Cry proteinleri böceklerde orta bağırsak toksini olarak görev yaparlar. Proteinlerin etkin hale geçmesi için hedef böcek tarafından sindirilmesi gerekmektedir. Böcek parasporal kristalleri sindirdikten sonra insektisidal proteinler orta bağırsaktaki alkali (pH 8 – 10,5) ortamda proteazlar tarafından aktif hale getirilmektedir. ICP daha sonra peritrofik zarı geçerek orta bağırsak epitelini üzerindeki spesifik reseptörlere bağlanıp, porlar oluşturmaktadır. Transmembran potansiyelinin kaybı, hücre lizisi, orta bağırsak içeriğinin sızması, böceğin felci veya ölüm ile sonuçlanmaktadır (Şekil 2). Bu aktivitenin spesifikliği, böceğin orta bağırsak florası ve ICP'nin sadece uygun reseptörü taşıyan zara bağlanması ile sağlanmaktadır [31].



Şekil 1. *Bacillus thuringiensis*'e ait kristal proteinin yapısı [29]



Şekil 2. *Bacillus thuringiensis*'in etki mekanizması [31].

4. İnsan Sağlığı ve Çevresel Riskler

İklim değişikliği ve dünya nüfusunun hızlı artışı tarımsal üretimde verimliliğin yükselmesini kaçınılmaz hale getirmektedir. Bu sebeple, birçok araştırmacı GD bitkilerin tarımsal verimliliğe büyük katkı sağlayacağına inanırken, kimi çevreler böylesi bir üretimin oldukça riskli ve telafisi güç sonuçlar doğuracağını iddia etmiştir[4].

GD bitkilerin tüketime sunulmasıyla sağlık açısından oluşan en büyük endişe insanlar üzerinde belirecek olası toksik ve alerjik etkiler olarak görülmektedir. Böcek öldürücü genler aktarılmış bitkilerde toksik maddeler üretildiğinden bu bitkiler “pestisit üreten bitkiler” olarak adlandırılmaktadır [32]. Bu toksinlerin sürekli şekilde üretilmesi ve bitki dokusunda birikmesi önemli risklere yol açmaktadır. Örneğin 1989 yılında L-triptofan'ın genetik mühendisliği uygulanmış bir çeşidi, 37 Amerikalı'nın ölümüne ve 5000 kişinin de Eosinophilia Myalgia Syndrome (EMS) isimli bir kan hastalığına yakalanmasına neden olmuştur. Ayrıca yapılan bazı çalışmalar GDO'lu ürünlerin kısırılık ve sakat doğum riski taşıdığını ortaya koymuştur. Avrupa Gıda Güvenliği tarafından 2007 yılında yürütülen araştırmalar sonucunda genetiği değiştirilmiş soya ile beslenen dişi

farelerden doğan bebeklerin diğerlerine göre küçük oldukları ve büyük bir kısmının da üç hafta içerisinde öldükleri gözlenmiştir [33]. Ayrıca GD bitkilerin alerjik etkileri konusunda çok sayıda çalışmalar yürütülmüş ve deneylerde çeşitli hayvanlar kullanılmıştır. Farklı AB üyesi ülkelerden 39 bilim adamı tarafından 2008 yılında GD bitkiler ile bu bitkilerden elde edilen gıda ve yemlerin güvenirliliği ile ilgili rapor hazırlanmıştır [34]. Raporda herbisitlere ve böceklere dayanıklı GD mısır, patates, çeltik, soya ve domatesle beslenen rat ve farelerin besin tüketimi, kan kimyası, organ ağırlıkları, histopatolojik bulgular üzerine yapılan çok sayıda bireysel çalışmalara yer verilmiştir. Araştırmaların çoğunluğunda, klinik bulgularda, organ ve dokularda anomalilerine rastlanmamasına rağmen bazı bireylerde yan etkiler gözlemlenmiştir. Bu durum daha detaylı incelemenin yapılması gerekliliğini ortaya koymuştur [35, 36].

GD bitkilerden özellikle pamuk, soya, mısır ve kolza çeşitlerinde herbisitlere karşı dayanıklılığı sağlamada kullanılan 'bromoxynil' ve 'glufosinate' gibi maddelerin kansere neden olduğu bilinmektedir [37]. FDA, 1994 yılında bilim adamlarının itirazlarına rağmen bir firmanın bileşiminde GD'li bitkiler içeren büyüme hormonu satarak süt veren ineklere enjekte edilmesini onaylamış ve sonuçta süttten elde edilen besinleri tüketen insanlarda meme, prostat ve kolon kanseri riskini %500 artırdığı saptanmıştır [38].

GD bitkilerle ilgili risklerden birini de antibiyotiğe dirençliliği sağlayan işaret genleri oluşturmaktadır. *A. tumefaciens* aracılığıyla ve doğrudan gen aktarım yöntemlerinde gen transferi yapılan hücrelerin ve bu hücrelerden gelişen bitkilerin seçilebilmesi için işaret genlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu işaret genleri genellikle bakteriyel kökenli olup, bitki hücre ve dokularını antibiyotiğe dirençli hale getirirler. Böylece doku kültürü çalışmalarında besin ortamlarına antibiyotik veya herbisitler ilave edildiğinde, gen aktarımı yapılan hücre ve bitkiler kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Neomycin fosfotransferaz II gibi çok fazla kullanılan ve antibiyotiğe dirençliliği sağlayan genler alerjik olabileceği gibi kültür bitkilerinden insan sindirim sistemindeki bakterilere ulaşarak onları da dirençli hale getirebilmektedirler [39]. Mısır bitkisinin böcek direncini artırmak için tahıla aktarılan Bt endotoksin genlerinin insan sağlığına zararsız olduğu iddia edilmektedir. Yapılan güvenlik değerlendirmelerinde, Cry9C'nin gen kaynağının alerjik olmadığı, aminoasit dizininin alerjen aminoasit dizinlerine benzemediği ve Bt mısıra karşı alerjik reaksiyonlar geliştirilebilecek bireylerde proteine özgü IgE oluşmadığı saptanmış olmasına rağmen adı geçen proteinin sindirime dirençli olduğu ve bu sebeple Bt mısırların hayvanlarda ve insanlarda kullanımının sınırlandırılması gerektiği düşünülmektedir [40, 41, 42]. Diğer bir görüşte ise Cry9C proteininin bir mısır koçanında alerjik reaksiyona neden olamayacak kadar az miktarda olduğu ileri sürülmektedir [40, 43]. Bu nedenle son dönemlerde Avrupa Birliği üyesi ülkeler, kamuoyunun artan endişeleri gidermek için 13 ülkeden 65 bilim insanının katılımıyla gerçekleştirdikleri Entransfood projesi ile GD'li ürünlerin halk sağlığı açısından taşıdığı tehlikenin geleneksel yöntemlerle üretilen ürünlerden bile daha az olduğu ileri sürülmüştür[44].

GD bitkiler ile ilgili çevresel endişelerin en önemlisi diğer kültür veya yabani bitki türlerine gen kaçıışı ve faydalı böcekler ile hedef dışı organizmaların zarar görme ihtimalidir. Buğday, patates ve arpa gibi bitkilerde çok düşük gen kaçıışları olmasına rağmen yapılan araştırmalar GD mısır, kolza ve şeker pancarından yabani türlere yabancı tozlanma ve dölllenme neticesinde gen kaçıışlarının olduğunu göstermektedir [45, 46].

Böceklere dayanıklı GD bitkiler kelebek ve arı gibi hedef dışı bazı yararlı organizmalara karşı olumsuz etkilerde bulunabilmektedirler. Örneğin Bt geni taşıyan GD mısır polenleri, laboratuvar şartlarında, ipek otu yapraklarına yoğun bir şekilde bulaştırılmış ve kral kelebeği larvalarına bu yapraklar besin olarak verilmiştir. Deney sonucunda larvaların ölüm oranlarında artışlar gözlenmiştir [47]. Fakat tarla koşullarında yapılan

araştırmalarda GD mısır polenlerinden kral kelebek larvalarının etkilenmediği görülmüştür [48, 49]. Son yıllarda özellikle ABD’de görülen toplu arı ölümlerinin GD bitkilerden kaynaklandığı düşünülse de yapılan çalışmalar GD bitkilerle bu ölümler arasında herhangi bir bilimsel korelasyonun olmadığını ortaya koymuştur. Esasen toplu ölümler, daha çok viral enfeksiyonlar ile “Koloni Çökme Bozukluğu” (Colony Collapse Disorder; CCD) hastalığından kaynaklanmıştır. Koloni çökme bozukluğunun nedeni bilinmemekle beraber, birden fazla etmenin etkili olabileceği ihtimali üzerinde durulmaktadır [50]. Bt genlerini taşıyan GD bitkilerin, kuşlar, akarlar, solucanlar, nematodlar, protozolar ve parasitoidler gibi organizmalar ve topraktaki enzimler üzerine olumsuz etkileri konusunda endişeler olmakla beraber yapılan araştırmalarda bu etkilerin ya hiç olmadığı ya da çok düşük düzeyde olduğu gözlenmiştir [51]. Bu düşük etkinin ise Bt Cry genlerinden değil coğrafya, sıcaklık, bitki çeşidi ve toprak tipi gibi etmenlerden kaynaklandığı ifade edilmiştir [52].

Günümüze kadar yapılan araştırmalar, GD mısırın üretim aşamalarının, ortaya çıkabilecek sağlık ve çevre risklerinin iyi araştırılıp değerlendirilmesinin gerektiğini ortaya koymuştur.

5. GD Mısır Üretimine Tarıma Getirebileceği Fayda ve Zararlar

Doğu Akdeniz bölgesinde ikinci ürün mısır ekinlerinin yaygınlaşmasına bağlı olarak zararlı böcek popülasyonunda da artışlar meydana gelmiştir. “Mısır kurdu”(O. nubilalis H.) ve “mısır koçan kurdu”(S. nonagrioides L.)’na karşı kimyasal ilaçlama yapılmadığı dönemlerde neredeyse %100’e varan ürün kaybı görülmektedir [5, 6, 7, 8]. Ayrıca koçanlarda oluşan böcek zararı, mikotoksin üretimini artırdığı gibi yoğun insektisit kullanımıyla ekonomik kayba, çevre kirliliğine ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle Doğu Akdeniz bölgesinde mısır kurdu ve koçan kurdu zararının fazla olduğu alanlarda ikinci ürün ekiminde böceklere dayanıklı Bt mısır ekimi çok önemli faydalar sağlayabilecektir. İnsan sağlığı ve çevreye çok fazla yan etkisi bulunan insektisit kullanımında azalma ile beraber mısır tarımında uygulanması çok zor olan kimyasal ilaçlama maliyetlerinde de düşüşler meydana gelecektir. Doğu Akdeniz bölgesi koşullarında 1999-2000 ve 2004-2005 yılları arasında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Adana Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen proje kapsamında ikinci ürün Bt mısır alan denemelerinde genetiği değiştirilmiş mısır çeşitlerinin mısır kurdu ve mısır koçan kurduna karşı çok yüksek oranda dayanıklılık gösterdiği saptanmıştır [8, 53, 54]. Araştırma sonucu Bt mısır çeşidinin, kimyasal ilaçlamaya gerek kalmadan mısır kurdu ve mısır koçan kurduna karşı direnç sağladığı görülmüştür. Bt mısır’dan, 3 defa ilaçlama yapılarak üretilen geleneksel mısıra göre daha fazla verim elde edilmiştir. Bunun yanı sıra Bt mısır çeşidinde mısır kurdu ve mısır koçan kurdu bulaşıklık oranı, mısır gövdesindeki delik sayısı ve bitkide bulunan canlı larva-pupa sayısı çok az sayıda ya da hiç tespit edilememiştir. Ayrıca ekim alanlarında bulunan hedef olmayan zararlı ve faydalı böcekler ve diğer canlıların da Bt mısır çeşitlerinden olumsuz yönde etkilenmediği gözlenmiştir [8, 54].

Böceklere dayanıklı GD mısır bitkilerinin kullanımına karşı hedef organizmaların genetik dayanıklılık kazanabileceği varsayılmaktadır. Örneğin Bt geni içeren böceklere dayanıklı GD mısır bitkisinin ekildiği alanlarda bu bitkiye dayanıklılık geliştiren böcekler çiftleştiklerinde, bunlardan üreyen tüm böcekler Bt mısıra karşı dayanıklı olacak ve sonuçta oluşan bu dayanıklılık diğer döllere kolayca aktarılabilir. Fakat direnç kazanmış böcek çeşitleri dayanıksız olanlarla çiftleştğinde oluşan döller tek bir dayanıklılık geni taşıyacağından Bt mısır üretilen alanlarda yaşama olasılığı oldukça düşük olacaktır. Nitekim dayanıksız böcek popülasyonunun bu direnci yavaşlatmak veya engellemek için korunması gerekmektedir. Dayanıksız böcek popülasyonunun

korumak amacıyla uygulanan 'barınak' (refuge) stratejisinde Bt bitkilerin yanında veya içerisinde %5-20 oranında normal bitkiler üretilmeli ve böcek yoğunluğunun fazla olmadığı dönemlerde insektisit kullanılmamalıdır. Böylelikle Bt mısır içerisinde yetişen dayanıklı böcekler ile normal mısır çeşidi içerisinde yetişen dayanıksız böceklerin çiftleşmeleri sağlanarak dayanıklılık geninin diğer nesillere aktarımının yavaşlatılması hedeflenmektedir. Bu konuda yürütülen araştırmalarda barınak stratejisinin, yaygın olarak Bt bitkilerin üretildiği alanlarda dayanıklılığı engellediği saptanmıştır [55, 56].

GD üretiminde diğer önemli bir sorun ise yabancı döllenmiş GD mısır çeşitlerinden aynı türün normal çeşitlerinin ekiminin yapıldığı veya organik tarım üretiminin uygulandığı alanlara gen kaçışının önlenememesidir. Mısır üzerine yapılan araştırmalarda optimum koşullarda yabancı dölleme oranı 17,5 metrede %0,9'a, 30 metrede %0,5'e ve 100 metre mesafede %0,1'e düşmektedir [57].

Böceklerle ve herbisitlere dayanıklı GD mısır üretiminin yaygınlaştırılması ile daha fazla ürün eldesi ve yüksek kazanç sağlanması amaçlanmaktadır.

6. Sonuç

Dünya üretiminde önemli bir payı olan mısır, modern yaşamın vazgeçilmez bitkisi haline gelerek insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan ürünlere doğrudan veya dolaylı olarak katılmaktadır. Giderek artan önemine rağmen Türkiye'de mısır üretimi istenilen seviyeye ulaşmamış ve günümüzde halen bir kısmı ithal edilmektedir. Üretimde istenilen seviyeye erişmesindeki en büyük engellerden biri Mısır kurdu (*O. nubilalis*) ve mısır koçan kurdu (*S. nonagrioides*)'dan kaynaklanmaktadır. Söz konusu mücadele amacıyla kullanılan kimyasal ilaçların insan sağlığı ve çevreye verdikleri muhtemel zararlar yıllardır çeşitli bilim insanları tarafından belirtilmektedir. Bu kayıpları en aza indirmek amacıyla son yıllarda genetiği değiştirilmiş mısır bitkisi, zararlı böceklerle mücadelede büyük katkılar sağlamaktadır. GD mısır bitkisinin insan sağlığına olan olumsuz etkisinin geleneksel yöntemlerle üretilen mısır bitkisi ile eşit oranda olduğunun belirlenmemesine rağmen, toplum bazında ortaya çıkabilecek risklere karşı endişeler artmaktadır. Ayrıca genetiği değiştirilmiş mısır bitkisinin tarım alanlarına girmesiyle birlikte geleneksel yöntemlerle üretim yapılan alanlara gen kaçışı ya da zamanla zararlı böceklerin bu bitkilere direnç kazanması gibi çevresel riskler de bulunmaktadır. GD bitkilerin sosyo-ekonomik etkilerinden diğeri, tohumların pahalılığı ve çiftçilerin birkaç büyük firmadan almak zorunda bırakılmasıdır [38]. Bu nedenle insan sağlığı, çevre, ekolojik denge'nin korunması ve sosyo-ekonomik etkilerine karşı farkındalığın artırılması amacıyla 26 Mart 2010 tarih ve Resmi Gazete'de yayınlanmış 27533 sayılı Biyogüvenlik Kanun'unun madde 2 ve ç; e ve d bendinde belirtilen (GDO ve ürünlerinden kaynaklanabilecek herhangi bir riskin olmadığı; insan, hayvan ve bitki sağlığı ile çevre ve biyolojik çeşitliliğe herhangi bir zararının bulunmadığı yönünde mevcut bilgiye ve daha önce yapılmış olan risk değerlendirmesine dayanan basitleştirilmiş çalışmaların yürütülmesi) bilgiler ışığında kamuoyunun bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

7. Kaynaklar

- [1] USDA., PSD tabloları, <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>, 2011.
- [2] TÜİK., Tarım İstatistikleri (Bitkisel üretim istatistikleri, Bitkisel ürünler denge tabloları), <http://www.tuik.gov.tr>, 2011.
- [3] TMO., Toprak Mahsulleri Ofisi 01.06.2011 tarihli hububat bülteni, 2011.

- [4] Özcan S., Modern Dünyanın Vazgeçilmez Bitkisi Mısır: Genetiği Değiştirilmiş (Transgenik) Mısırın Tarımsal Üretime Katkısı, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2, 01–34, 2009.
- [5] Tsitsipis J.A., The corn Stalk borer, *Sesamia nonagrioides*: Forecasting, crop loss assesment and pest management, Integrated crop protection in cereals, pp. 171–177, Balkema, Rotherdam, Brookfield, 1988.
- [6] Şimşek N., Güllü M., Zeren O., Studies on Effectiveness of Some Agrochemicals Against Stem Borers, *Sesamia nonagrioides* Lef., *S. cretica* Led. and European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. in Mediterranean Region of Turkey, Proceedings of a Symposium On Corn Borers And Control Measures, Adana s: 44-54, 1-3 November, 1988.
- [7] Konak C., Planting of Maize At Different Times To Reduce Borer Damage in Eagen Region, Proceedings of a Symposium on Corn Borers And Control Measures, Adana, s: 21–24, 1–3 November, 1988.
- [8] Cerit İ., Güllü M., Sarıhan H., Kanat A.D., Turkey M.A., Uçak A.B., Mısırkurdu (*Ostrinia nubilalis* Hübner) (Lepidoptera: Crambidae) ve mısır koçankurdu (*Sesamia nonagrioides* Lefebvre) (Lepidoptera: Noctuidae) 'na dayanıklı transgenik mısır çeşidi Pioneer 33P67 (MON 810) *Bt*' nin Alan Denemesi Projesi sonuç raporu, Adana, 2006.
- [9] Şimşek N., Güllü, M., Akdeniz Bölgesi'nde Mısırdaki Zarar Yapan Mısır Koçankurdu (*Sesamia nonagrioides* Lef.) (Lepidoptera: Noctuidae) ve Mısırkurdu (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Mücadelesine Esas Olabilecek Biyolojik Kriterlerin Araştırılması, Türkiye II. Entomoloji Kongresi Bildirileri, Adana, s: 501- 512, 28–31 , 1992.
- [10] Zeren O., Güllü M., Şimşek N., Some Biological Investigations Relating To The Control of Stalk Borer (*Sesamia* spp.) And European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) on Corn in Mediterranean Region, Proceedings of a Symposium On Corn Borers And Control Measures, Adana, s:1–19, 1–3, 1988.
- [11] Kayapınar A., Kornoşor S., Çukurova Bölgesi'nde Mısır Koçankurdu'nun Mevsimsel Çıkışı ve Populasyon Gelişmesi, Proceedings Of a Symposium on Corn Borers And Control Measures, Adana, s: 87-91, 1-3, 1998.
- [12] Özgen M., Ertunç F., Kınacı G., Yıldız M., Birsin M., Ulukan H., Emiroğlu H., Koyuncu N., Sancak C., Tarım Teknolojilerinde Yeni Yaklaşımlar ve Uygulamalar: Bitki Biyoteknolojisi, 1-31, 2003.
- [13] Stewart C.N., Richards H.A., Halfhil M.D., Transgenic Plants and Biosafety: Science, Misconceptions and Public Perceptions, *BioTechniques*, 29, 823-843, 2000.
- [14] Fernandez-Cornejo J., Caswell M., The first decade of genetically engineered crops in the United States, Economic Research Service Economic/USDA, EIB–11, 2006.
- [15] ILSI, The Safety Assesment of Novel Foods and Concepts to Determine Their Safety In Use, Europe Novel Food Task Force, 2003.
- [16] Ishiwata S., On a kind of severe flacherie (sotto disease), *Dainihon Sanshi Kaiho*, 114: 1–5, 1901.
- [17] Berliner E., Über die Schlauffsucht der Mehlmotenraupe, *Z. Gesamte Getreidewes*, Berlin, 3, 63–70, 1911.
- [18] Angus TA., A bacterial toxin paralyzing silkworm larvae, *Nature*, 173, 545–546, 1954.
- [19] Aronson AI., Beckman W., Dunn P., *Bacillus thuringiensis* and related insect pathogens, *Microbiol Rev.*, 50,1, 1–24, 1986.

- [20] Hall H., Bt Corn: Is It Worth of the Risk, <http://www.scq.ubc.ca/bt-corn-is-it-worth-the-risk/>, 2005.
- [21] Nester E.W., Thomashow, L.S., Metz, M., ve Gordon, M., 100 Years of Bt A Critical Scientific Assesment,
- [22] Peferoen M., Progress and prospects for field use of Bt genes in crops, Trends Biotech., 15,173–177, 1997.
- [23] Sanders P. R., Elswick M.E., Groth B.E., Ledesma., Evaluation of Insect Protected Corn Lines in 1994, U.S., Field Test Locations, Study Number: 94-01-39-01., MSL-14179, An unpublished study by Monsanto Company, 1995.
- [24] Kuiper H.A., Kleter G.A. Noteborn H.P.J.M., Kok E.J., Assessment of food safety issues related to genetically modified foods, The Plant Journal, 27,6, 503-528, 2001.
- [25] Höfte H., Whiteley H.R., Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*, *Microbiol. Rev.*, 53, 242–255, 1989.
- [26] Feitelson J.S., Payne J., Kim L., *Bacillus thuringiensis*: insects and beyond, *Biotechnology*, 10, 271–275, 1992.
- [27] Crickmore N., *Bacillus thuringiensis* Toxin Nomenclature, http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Neil_Crickmore/Bt/, 1998.
- [28] Wang J.H., Characterization of *cry1*, *cry2* and *cry9* genes in *Bacillus thuringiensis* isolates from China., *J. Invertebr. Pathol.*, 82, 63–71, 2003.
- [29] Azizoğlu U., Ultraviyole Radyasyonu İle Işınlanmış *Ephestia kuehniella* Ve *Plodia interpunctella* Larvaları Üzerine Tarım Arazilerinden İzole Edilen *Bacillus thuringiensis* İzolatlarının Etkisi, Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 2009.
- [30] Rajamohan F., Lee M.K., Dean D.H., *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Proteins: Molecular Mode of Action, Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology, vol. 60, Academic Press, New York, 1998.
- [31] Glare T.R., O’Callaghan M., *Bacillus thuringiensis*: Biology, Ecology and Safety, s. 350, John Wiley & Sons, Ltd., UK, 2000.
- [32] Philips R.L., Eberhart S.A., Novel methodology in plant breeding, 647–648, In Proc. of the Int Crop Sci Cong Ames, USA, Crop Sci Soc of America, 1993.
- [33] Raja K., Watch dog Refuses Claims of Rapid Global Growth in GE, <http://www.twinside.org.sg/title/5266c.htm>, 2003.
- [34] EFSA., European Food Safety Authority; Safety and nutritional assessment of GM plants and derived food and feed: the role of animal feeding trials, Report of the EFSA GMO Panel Working Group on Animal Feeding Trials, Food and Chemical Toxicology, 46: 2–70, 2008.
- [35] Velimirov A., Binter C., Zentek J., Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice, 2008.
- [36] Finamore A., Roselli M., Britti S., Monastra G., Ambra R., Turrini A., Mengheri E., Intestinal and peripheral immune response to MON810 maize ingestion in weaning and old mice, *J.Agric.Food.Chem.*, 56, 11533-11539, 2008.
- [37] Haspolat I., Genetiği değiştirilmiş organizmalar ve biyogüvenlik, *Ankara Üniv Vet Fak Derg.*, 59, 75-80, 2012.

- [38] Batalion N., 50 Harmful Effects of Genetically Modified Foods, Americans for Safe Food, Oneonta, NY, 2000.
- [39] EFSA., European Food Safety Authority; Statement of the scientific panel on genetically modified organisms on the safe use of the nptII antibiotic resistance marker gene in genetically modified plants, Parma: European Food Safety Authority, 2007.
- [40] Taylor S.L., Hefle S.L., Will genetically modified foods be allergenic? *J Allergy Clin Immunol.*, 107, 765–71, 2001.
- [41] Sutton S.A., Assa'ad A.H., Rothenberg M.E., Steinmetz C., A negative, double-blind, placebo-controlled challenge to genetically modified corn, *J Allergy Clin Immunol.*, 112, 1011–12, 2003.
- [42] Toxicology Science, Society of toxicology position paper, 71: 2–8, 2003.
- [43] Perr HA., Children and genetically engineered food: potentials and problems, *JPGN*, 95, 1429–32, 2002.
- [44] Kuiper H.A., König A., Kleter G.A., Hammes W.P., Knudsen I., Concluding remarks, *Food Chem Toxicol* , 42, 1047–88, 2004.
- [45] Bartsch D., Cuguen J., Biancardi E., Sweet J., Environmental implications of gene flow from sugar beet to wild beet – current status and future research needs, *Environ. Biosafety Res*, 2, 105–115, 2003.
- [46] Jenczewski E., Ronfort J., Chevre A., Crop-to-wild gene flow, introgression and possible fitness effects of transgenes, *Environ. Biosafety Res.*, 2, 9–24, 2003.
- [47] Losey J.E., Rayor L.S., Carter M.E., Transgenic pollen harms monarch larvae, *Nature*, 399, 214, 1999.
- [48] Sears M.K., Hellmich R.L., Stanley-Horn D.E., Oberhauser K.S., Pleasants J.M., Mattila H.R., Siegfried B.D., Dively G.P., Impact of *Bt* corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, USA, 98: 11937– 11942, 2001.
- [49] Stanley-Horn D.E., Dively G.P., Hellmich R.L., Mattila H.R., Sears M.K., Rose R., Jesse L.C.H., Losey J.E., Obyrcki J.J., Lewis L., Assessing the impact of Cry1Ab-expressing corn pollen on monarch butterfly larvae in field studies, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, USA, 98, 11931–11936, 2001.
- [50] Calderone N., Bee Colony Collapse Disorder: Could It Be Parasites, Pathogens Or Pesticides? *ScienceDaily*, 2007.
- [51] Vercesi M.L., Krogh P.H., Holmstrup M., Can *Bacillus thuringiensis* (Bt) corn residues and Bt-corn plants affect life-history traits in the earthworm *Aporrectodea caliginosa*? *Applied Soil Ecology*, 32, 180–187, 2006.
- [52] Icoz I., Stotzky G., Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems, *Soil Biology & Biochemistry*, 40, 559–586, 2008.
- [53] Güllü M., Efficacy of Bt corn to target, nontarget and beneficials organisms, *Bt. Maize Forum*, 26-27 September 2002.
- [54] Güllü M., Tatlı F., Kanat A.D., İslamoğlu M., Population development of some predatory insects on Bt and non-Bt maize hybrids in Turkey, *GMOs in Integrated Production, IOBC wprs Bulletin* 2,3, 85–91, 2004.
- [55] Sivasupramaniam S., Head G.P., English L., Li Y.J., Vaughn T.T., A global approach to resistance monitoring, *Journal of Invertebrate Pathology*, 95, 224–226, 2007.

- [56] Tabashnik B.E., Delaying insect resistance to transgenic crops, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105, 19029–19030, 2008.
- [57] Della Porta G., Ederle D., Bucchini L., Prandi M., Pozzi C., Verderio A., Gene flow between neighboring maize fields in the Po Valley, *Cedab, Viale Beatrice d'Este, 15, 20122, Milona*, 2006.