

Genetiği Değiştirilmiş Organizma (GDO) Nedir ve Nasıl Yapılmaktadır?

Farzad NOFOUZI

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Dışkapı, Ankara

GİRİŞ

İnsanoğlu çok eski zamandan beri farkında olmadan bitki biyoteknolojisi çalışmakta olup, uygulamaktadır. Ancak, son 1.000 yılda buna yönelik gelişmelerde önemli ve belirgin adımlar atılmıştır. Bu süreç içinde insanlar daima elde edilen ürünlerin kalitelerinin artmasının peşindeymişler. Örneğin; kaliteli gıda ürünleri, yüksek verim ve hasada yardımcı olan karakterler. İlk birkaç bin yıl boyunca, aşağı yukarı yeni ürünlerin daha kaliteli olması için yeni yöntemler ortaya çıktı ama son yüzyılda yeni varyeteler gelişmiş olan son ıslah yöntemleriyle elde edildi. Her neyse ki gelişmekte olan ıslah programları tesadüfi olarak mahfuz olunmuştur ama ebeveynlerin seçilmiş karakterleri de tesadüfi melezlemede ürünün ortaya çıkmasında önemli etkiler sağlamıştır. Yeni bir varyetenin elde edilmesi, istenilen bazı karakterlerin bir araya getirilmesidir ve bu zor, zaman alıcı ve yüksek hacimde bir işlem sürecidir. Gen klonlaması, yeni bir ıslah ürününün boyutudur ki doğrudan bitkinin genotip özelliklerini tesadüfi sistem kullanılarak geleneksel ıslah yönteminde değiştirmektedir.

ORGANİK GIDA VE TARIM NE DEMEKTİR?

Son yıllarda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde organik gıda kullanımı moda haline gelmiştir. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın belirttiği gibi "Organik Tarım; üretimde kimyasal girdi kullanmadan, üretimden tüketime kadar her aşamada kontrollü ve sertifikalı tarımın yapılması" anlamına

gelmektedir. Bazı ülkeler bunu "ekolojik tarım" veya "biyolojik tarım" olarak adlandırmaktadır.

İngiltere veliahtı Prens Charles 1990'lı yıllarda organik tarımın felsefesini sunmuş olup, organik ürün şirketi "Dükün Orijinalleri'ni" kurmuştur. Bu felsefeye göre insanların yaşamlarını geliştirebilmesi ve sürdürebilmesi için doğadaki hayvanlar bitkiler ve diğer canlılar arasındaki hassas dengeyi bozmadan bir uyum içerisinde yaşamaları sağlanmaktadır. Dolayısıyla bu tip tarımda doğal kaynakları minimum tüketip, doğal yaşama en az zarar verip, çevre kirliliğine yol açmadan, tarım yapılan toprağı zenginleştirerek ve koruyacak şekilde tarım yapılmaktadır. Çalıştığımız her toprakta milyonlarca makro ve mikroorganizmalar bulunmaktadır. Bunlardan her biri toprak verimliliğine katkı sağlamaktadır. Kaliteli yaşam sürdürebilmesi için tüm canlıları korumak çok önemlidir.

Ormanlarda ve doğal olarak yetişmiş ürünlere "Organik tarımla gelişmiş" "Organik ürünler" demek yanlıştır. Organik ürünleri üretirken hiç bir kimyasal kullanmamalıyız. Dolayısıyla ekolojik pazarlarda bulunan adaçayı, kekik, defne yaprağı, yabani mantar gibi doğadan toplanarak satışa sunulan ürünlere organik ürün denilemez.

Doğada bulunan ya da doğa tarafından üretilen şeylere "doğal" denir. Örneğin ormandan topladığınız zehirli mantarlar doğaldır veya insanların enfeksiyon (mikrop) kaparak hasta-

lanması doğaldır; ama antibiyotikler ile tedavi olması doğal değildir. Kullandığımız organik gıdalarda; E200 (vücuttaki Vitamin B12'yi yok etmektedir), benzer şekilde E220 (bağırsak bozukluğu), E250 (Damar hastalığı), E330 (kanseri yapan), E407 (sindirim sistem bozukluğuna yol açan), tüyleri diken diken eden katkı maddeleri kullanılmaktadır. Organik örgütleri ve tüketicilerden gelen bazı yanlış tepki ve baskıyla, organik tarıma en uygun olan genetiği değiştirilmiş, (örneğin *Bacillus thuringiensis*'den elde edilen farklı cry genleri aktarılmış olan), böceklerle dayanıklı "Bt mısır, Bt pamuk, Bt patates" gibi ürünlerin üretilmesi uygun görülmemektedir ve yasaklanmıştır.

Dünya'da %99 çevre kirliliğine sebep olan kimyasalların kullanılması yaygındır; ancak, zarar veren kimyasalların yerine *Bt geni* elde edilmiş organik preparatlar da böcek öldürücü olarak, organik yetiştiricilikte, yaygın olarak kullanılmaktadır. Her gün gönül rahatlığıyla içtiğimiz kahvede 1.000'den fazla kimyasal bulunmaktadır. Bu kimyasallardan 28 adedi test edilmiş olup, 19 adedinin deney hayvanı farelerde kanser yaptığı tespit edilmiştir. Yine popüler olarak bilinen Keza bitkisinden üretilmiş "doğal pestisitler" in 71 adedi test edilmiş olup, 37 adedi karsinogenik olarak saptanmıştır. Dolayısıyla bunlar organik gıda üretiminde kullanılan kimyasallardan dolayı düşündüğümüz gibi tamamen doğal değildirler. Bu sebepten dolayı piyasada satılan organik ürünlerin üretiminde yönetmelikler ve kanunla belirlenen kimyasalların kullanılmaması gerekmektedir.

GDO NEDİR VE NASIL ÜRETİLMEKTEDİR?

GDO'lar (Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar), biyoteknolojik teknikler kullanılarak genetik yapıları değiştirilerek, geliştirilmiş ürünlerdir. Transgenik ya da biyotek ürünler de GDO'lu ürünler yerine kullanılabilir. İki önemli buluş, Modern Bitki Biyoteknolojisi'nin temelini oluşturmaktadır. Bunlardan birincisi; tek bitkinin hücrelerini kullanarak genetik yapısını değiştirmeden yeni bitkilerin ıslah edilmesidir. İkinci yöntem ise bitkilerde *Agrobacterium tumefaciens* bakterisi kullanarak gerçekleştirilmiş olan doğal koşullarda bitki kromozomlarına gen aktarımının keşfedilmesi olmuştur. Son 20 yıl içerisinde bu iki keşfin birlikte kullanılmasıyla bir çok kültür bitkisi türlerine gen aktarımı gerçekleştirilmiştir.

Bu gelişmeler sayesinde hem toprak tuzluluğuna, kuraklığa, dona, virüslere, böceklerle, hastalıklara, ot öldürücülere, sel

baskınlarına ve asitliğine dayanıklı transgenik bitki çeşitleri elde edilmiş hem de bitkilerin besleme değerleri, verimleri ve depolama sürelerinde olumlu gelişmeler kayıt edilmiştir. GDO'lu ürünlerin en fazla üretimi Çin, Brezilya, Arjantin, Kanada, ABD, Pakistan ve Hindistan gibi ülkelerde yapılmaktadır. Bu ülkelerde GDO üretimleriyle hem üretilen alanlarda verim artışları hem de kimyasal ilaçların kullanılması ve işçilikten büyük ölçüde tasarruf sağlanmıştır.

Bitki biyoteknolojisinde çok önemli olan gen aktarma teknolojisi ile ilgili gelişmeler 1980'li yıllarda başlamış olup, hızlı bir şekilde hemen hemen her ülkede yayılmıştır. İlk transgenik uzun raf ömürlü domates çeşidi olan Flavr Savr 1996 yılında piyasaya sürülmüştür. Daha sonra GDO'lu mısır, soya, kolza, pamuk ve patates gibi bitkiler geliştirilmiştir. 2011 yılı verilerine göre, biyoteknolojik tekniklerle üretilen, herbisit ve pestisit olarak bilinen kimyasallara dayanıklı, GDO'lu bitkilerin dünyadaki üretimi 160 milyon hektara ulaşmıştır (Tablo 1).

GDO üretimi iki yöntem ile gerçekleştirilmektedir;

1. Gen Ekleme: Bu klonlama yönteminde, bitki karakterleri bir veya birden fazla gen eklenmesiyle ıslah olmaktadır.
2. Gen Çıkartma: Genetik mühendisliği yöntemleri ile bir veya birden fazla gen aktif edilerek yapılmaktadır.

Dünyanın dört köşesinde biyoteknolojistlerin yürüttüğü çeşitli projelerde gen ekleme ve gen çıkartmada var olan potansiyelleri değerlendirilerek ürün ıslahında kullanılmaktadırlar.

Tablo 1. 1996-2011 yılları arasında transgenik bitkilerin toplam ekim alanı (milyon ha)

Yıllar	Hektar (milyon)
1996	1.7
1997	11.0
1998	27.8
1999	39.9
2000	44.2
2001	52.6
2002	58.7
2003	67.7
2004	81.0
2005	90.0
2009	134.0
2010	148.0
2011	160.0

1.Bitki Genetik Mühendisliğinde Gen Ekleme Metodu

Bitkiler her zaman çeşitli organizmalar, virüsler, bakteriler, mantarlar ve hayvanlar tarafından zarar görmeye yatkındırlar ve bu problem ziraatta her zaman için büyük bir tehlikedir. Dolayısıyla ürün kayıplarını azaltmak için sürekli insektisit kullanmak zorundayız. İnsektisitler genelde zehirleri seçici olmadığından dolayı zararsız böcekleri de öldürmektedirler. Çünkü insektisitlerin toksisitesi yüksektir ve ayrıca insektisitlerin zararlı kabiliyetleri ve yan etkileri diğer organları, yaşam ortamlarını ve bazen insanları da etkilemektedir. Bu problemler geleneksel insektisitlerin bitkiler üzerinde devamlı kullanılmasıyla durumun daha kötü olmasına neden olmaktadır. Bu durum ekosistemin dengesini bozmaktadır. Halbuki bazı zararlı böcekler bitkilerde yaprak yüzeylerinin altında ve içinde saklanarak kendilerini insektisit etkilerinden korumaktadırlar.

Bir kaliteli insektisit özelliikleri neler olabilir?

1. Özellikle içerdığı zehir sadece hedef böceğe etkili ve spesifik olmalıdır.



Herbisitlere dayanıklı bitkilerin üretimi; (sol taraf) herbisitlere karşı dayanıklı olmayan ve (sağ taraf) herbisitlere dayanıklı olan mısır bitkileri

Tablo 2. *B. thuringiensis* türlerinin sıralanmış insektisit etkileri

δ -Endotoksin tipi	Etkisi
CryI	Lepidoptera larvaları
CryII	Lepidoptera ve Diptera larvaları
CryIII	Lepidoptera larvaları
CryIV	Diptera larvaları
CryV	Nematode
CryVI	Nematode

2. İnsektisit doğada çözünebilen kabiliyete sahip olmalı ve ürün hasadından sonra etkisiz duruma gelmeli ve yağmur ile tarladan yıkanmalıdır.
3. Uzun zaman etkili olmamalı ve ayrıca kullanım koşullarında bitkinin tüm kısımlarına isabet edebilmelidir.

Bugüne kadar sayılan özelliklere sahip olan insektisit keşfedilememiştir.

1.1 İnsektisitlere dayanıklı bitki üretimi

δ -endotoxin toprakta yaşayan *Bacillus thuringiensis* bakterisinden elde edilen doğal (iç toksin) zehirdir. Bakteriler böceklerle karşı birkaç tür reaksiyon göstermektedirler. *Bacillus thuringiensis* spor süreç içerisinde δ -endotoksin adı verilen bir insektisit proteinini kristal taneleri şeklinde vücudunda üretir. Bazen Organofosfat insektisitlerden 80.000 kez daha zehirlidir. Bu reaksiyon nispeten seçicidir (Tablo 2).

δ -endotoxin proteini bir inaktif ön maddedir. Böceğin vücuduna girdikten sonra proteaz enzimi aracılığıyla parçalanmaktadır. Proteinin etkisi en kısa zamanda aktif zehir gibi öne çıkmakta ve böceklerin bağırsaklarının epidermal hücreleri



Mısır bitkisinde (a, b) larvalar tarafından ortaya çıkan tüneller, (c) böceklerle dayanıklı Bt mısır bitkilerinden elde edilen koçanlar.

ne zarar vermektedir. Böylece böcek besinden yoksun kalarak açlıktan ölmektedir.

İlk kez 1993 yılında δ -endotoxin bileşiğine sahip olan transgenik mısır bitkisi biyoteknolojistler tarafından üretilmiştir. Bu işlem toksinin CryIA(b) versiyonunun üzerinde yapılmıştır. Araştırmacılar mısır kurdunun larvalarını, normal ve transgenik mısır bitkileri içinde suni şekilde altı hafta boyunca tutmuşlardır. Zarar etkisine bitkinin yaprakları ve dalları üzerinde bakmışlar, ayrıca larvalar tarafından bitkide ortaya çıkan tünellerin uzunluğunu incelemişlerdir. Her iki bakımdan transgenik bitkiler, normal bitkilere göre iyi yanıt vermişlerdir. Özellikle larvalar tarafından ortaya çıkan ortalama tünel uzunluğu, kontrollü bitkilerde 40.7 cm iken bu rakam mühendislik olan bitkilerde 6.3 cm'ye düşmektedir.

1.2 Herbisitlere dayanıklı bitkiler

Birçok üründe örneğin mısır, pamuk, çeltik, patates ve domates üzerinde δ -endotoksin mühendisliği araştırmalar yapılmıştır. Ticari bakımdan glifosat herbisitlere dayanıklılık gösteren transgenik bitkiler önemli bulunmaktadır. Bu herbisit çiftçiler tarafından kullanılmakta olup doğaya zarar vermemektedir. Hayvanlar ve böcekler için toksinsiz olarak kısa süre toprakta kalmaktadırlar ve birkaç gün içinde çözünerek etkisiz duruma gelip, ürünlere zarar vermemektedirler. Ancak glifosat herbisiti her iki tür bitki için de etkilidir. Dolayısıyla tarlada yabancı otlarla mücadelenin çok dikkatli yapılması gerekmektedir. GD ürünleri glifosatlara karşı dayanıklı olduğundan dolayı kaliteli olup, zararı ve maliyeti düşürmektedir.

Glifosata dayanıklı olan ilk mühendislik ürün **Monsanto Co.** tarafından üretilmiştir ve ticari bakımdan "roundup ready" olarak adlandırılmıştır. Son yıllarda roundup ready versiyonları çeşitli ürünlerde yapılmıştır ve bunlardan birkaç tanesi, özellikle soya ve mısır, ABD ve dünyanın birçok noktasında ekilmektedir.

2. Bitki Genetik Mühendisliğinde GEN ÇIKARMA Metodu

Bitkinin genotipini değiştirmenin 2. yolu gen çıkartmaktır. Aslında bu terim yanıltıcı çünkü bu değişimde gen çıkarılmaz, susturulur. Burada bitkiden seçilmiş genin inaktif olması için en iyi terim antisense teknolojisidir.

Bir antisens denemede klonlanmış gen bir vektör içinde ters yönde konulmaktadır. Antisense RNA gen ürününün doğru-

dan sentezini engellemektedir. Antisens RNA'dan günümüzde iki şekilde yararlanılmaktadır:

1. Bitkide ifadesi istenmeyen genlerin engellenmesi ve böylece yararlı fenotiplerin ortaya çıkarılması.
2. Daha önce fonksiyonu bilinmeyen bir genin bitkideki rolünün veya geni tanımlanmış olan bir proteinin bitkideki fonksiyonunun araştırılmasıdır.

2.1 Antisense RNA ve domates meyvesi yetiştirme mühendisliği

Antisense RNA tekniği bitki genetik mühendisliğinde domates ürününün yetiştirilmesini geciktirmek amacıyla kullanılmıştır ve bu transgenik bitkilerin önemli örneklerinden birisi sayılarak GD gıda olarak insanlara satılmasına izin verilmiştir.

Ticari açıdan domates ve diğer yumuşak meyveler bozulmasın diye tam yetişmeden önce toplanır ve piyasaya aktarılır. Bunun depolanma süresinin uzun olması ekonomik bakımdan önemlidir. Ama söz konusu meyveler tam yetişmeden önce toplanırsa tatları olmayacaktır. Antisense tekniği 2 yöntem ile domates genetik mühendisliğinde, **(1. Antisense RNA kullanarak poligalakturonaz genini etkisizleştirmek, 2. Antisense RNA kullanarak etilen sentezini inaktif etmek)** meyvenin yetiştirme süresini uzatmaktadır. Bu teknik, meyvenin tamamen tadı olgunlaşana kadar bitki üzerinde kalmasını sağlamaktadır. Ayrıca bunların bozulmadan markete taşınmasına ve sunulmasına zaman vardır.

Birinci nesil GDO bitkilerinde böcek, herbisit, çevresel stres ve hastalıklara vb karşı dayanıklılık özellikleri aktarılmış ve üretim yapılmaktadır.

İkinci nesil GDO bitkilerinde besleme ve verim artırmak için bazı genler aktarılmış veya susturulmuştur. Bu tip bitkilerle ilgili araştırma ve gelişmeler devam etmektedir.

Üçüncü nesil GDO bitkilerinde insan tedavisinde kullanılan pahalı aşılar ve ilaçlar üretilmektedir. Bununla beraber biyo-yakıt üretimine daha yakın GDO bitkilerin üretimi de araştırma ve geliştirme aşamasındadır.

İKİNCİ JENERASYON TRANSGENİK BİTKİLER

Biyoteknolojik yöntemler kullanarak insan tedavisi için gerekli pahalı ilaçların ve aşılardan bol ve ucuz üretilmesi hedeflenmektedir. Kronik karaciğer hastalığına sebep olan hepatit B virüsünü önlemek amacıyla mayalardan aşı geliştirilmektedir.



Domates bitkisinde; (a) uzun raf ömürlü olan transgenik ve (b₁,b₂) uzun raf ömürlü transgenik olmayan domatesler

Buna karşın, başka yöntemlerle geliştirilmiş ilaçların fiyatı çok yüksektir.

Amerika (ABD)'de biyoteknolojik yöntemlerle hepatit B yüzey antijeni (*HbsAg*) için transgenik patates ve tütün bitkileri geliştirilmiştir. Patates yumrularının farelere yedirilmesi neticesinde farelerin savunma mekanizmasının uyarılmasıyla "hepatit B" hastalığına karşı direnç tespit edilmiştir. Muz üzerinde de benzer çalışmalar rapor edilmektedir.

Benzer şekilde çocuk felci, kızamık, kuduz, difteri ve bir çok viral hastalıklara karşı ilaç olarak kullanılacak aşılarda GDO bitkilerde üretimi hakkında çalışmalar da yoğun şekilde yürütülmekte ve yapılmaktadır. Gelecekte, insanlar taze tükettikleri meyve ve sebzelerle ucuz fiyatlı ilaç ve aşıları kolayca elde edecekler.

Bugünlerde karaciğer hastalıklarında ve kistik fibrozisde kul-

lanılan α -1-antitripsin proteini çeltik bitkisinde üretilmektedir. Benzer şekilde Gaucher hastalığının tedavisinde kullanılan ve çok pahalı bir ilaç olan ve insan plasentasından üretilen Glukoserebrosidazın tütün bitkisinde üretilmesi mümkün olmuştur.

Pirinç tüketimi çok olan ülkelerde her yıl 500.000 çocuk A vitamini eksikliğinden dolayı kör olmaktadır. Biyoteknolojik yöntemlerle A vitaminince zengin "golden rice" üretimi ile ilgili çalışmalar başarı ile devam etmektedir.

KLONLANMIŞ GENİN GM BİTKİLERDEN YABANCI BİTKİLERE GEÇİŞİ VE GDO'LARIN İNSAN ÜZERİNDEKİ GENETİK ETKİLERİ UZUN YILLAR SONRA ÇIKAR MI?

Bu konu temel biyoloji ve biyokimya bilgisi olmayanların en



A vitamini eksik olan yabani tip ve A vitaminince zengin olan Golden Rice (çeltik) tip I ve Golden Rice (çeltik) tip 2

önemli eleştirilerinden birisi sayılmaktadır. Biyolojik açıdan bu teori geçerli değildir. Bir bitkiden üretilen polenler yalnız o bitkinin kendi türlerine ait olan yumurtalığı döllemektedir. Böylece bir mahsulün geninin yabancı bir ot veya bitkiye geçmesi tamamen imkansızdır. Sonuçta klonlanmış genin aktarımında en güvenli yer bitkinin kloroplastıdır, çekirdeği değildir. Bir transgenik bitkinin geni, kloroplastın genomundan polen ile aktarılamaz. Çünkü polenlerde kloroplast bulunmamaktadır. δ -endotoksin tamamlayıcı proteini, tütün bitkisinin kloroplastı üzerinde uygulanmıştır.

Genetik ıslah için bitkilere aktarılan genler, doğada bulunan diğer bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalardan alınarak genetik mühendislik yöntemleri ile kullanılıp bitkilere aktarılmaktadır. Yabancı genlerin aktarılmasıyla kazandırılan hususlarla bitki; farklı proteinler ve organik moleküller üretmek istediğimiz faydayı sağlamaktadır.

GDO'LU ÜRÜNLER ALERJİ YAPAR MI?

GDO'ların ticari ekimlerine izin verilmeden önce çok iyi ve kapsamlı şekilde laboratuvar ile klinik testleri yapılmakta ve elde edilen bilgiler bağımsız bilim kurulları tarafından incelenmektedir. Daha sonra bilim kurullarının kararları ile olası yan etkilerin minimum olması istenilmektedir. Transgenik ürünlerin geliştirilmesinde aktarılan genin alerji yapan reaksiyonları varsa gelişen proteinleri hakkında detaylı olarak araştırmalar yapılmaktadır. Alerji oluşturma potansiyeli bulunan genlerin bitkide bulunmadığına emin olunur ve sonra tarla ekimine ve insan veya hayvanlar tarafından tüketimine izin verilir.

GDO'LU ÜRÜNLER ANTİBİYOTİKLERE DİRENÇ KAZANDIRIR MI?

Avrupa İlaç Ajansı Uzman Komitesi 22 Şubat 2007 tarihinde, Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi Uzman Paneli tarafından hazırlanan bir raporunda, transgenik ürünlerde kullanılan (antibiyotiğe dayanıklılık) nptII geni'nin insan sağlığında kullanılan antibiyotiklerden farklı olduğunu bildirmiştir. Böylece bir geçiş gerçekleşse bile bunun süper-mikroplara karşı gelişmeyeceği bildirilmiştir.

BIYOGÜVENLİK YASASI

Bu yasanın amacı GDO'lar ve ürünlerinden kaynaklanabi-

lecek riskleri engellemektir. Burada amaç canlıların sağlığı, biyolojik çeşitliliğin ve çevrenin korunması ile sürdürülebilirliğin sağlanmasıdır. Bu amaçla ciddi bir biyogüvenlik sisteminin kurulması ve uygulanması çok önemlidir. Dolayısıyla benzer faaliyetlerin denetlenmesi, organizasyonu ve kontrolü ile ilgili prensip ve esaslar belirlenmiştir.

Bu Kanun GDO ve ürünlerine ile ilişkin araştırma, geliştirme, piyasaya sürme, işleme, kullanma, izleme, ihracat, ithalat, nakil, saklama, taşıma, paketlenme, etiketleme, depolama ve benzeri işlemlere dair kanunları kapsar.

Araştırma yapmak amacıyla devlet tarafından belirlenmiş yetkili kuruluşlar, bilimsel araştırma için ithal edilecek GDO vb için Bakanlıktan izin almaktadır. Araştırmaya konu olan yapılacak faaliyet ile elde edilen sonuçlardan da ilgili Bakanlık bilgi verilmelidir.

GDO ve ürünleri, Kurul kararlarına aykırı olarak kullanılmamalı ve kullandırılmamalıdır. Ayrıca, GDO'lu hayvan, bitki ve ürünlerin üretimi, piyasaya sürülmesi ve belirlenen alan ve amaç dışında kullanılması yetkili kurul tarafından yasaklanmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

GDO'lu bitkilerin üretimi tehlikeli olmasa da gen aktarılmış bitkiler kimi zaman tehlikeli bileşiklerin üretimine neden olabilmektedir. Bu nedenle olası herhangi bir tehlikeden korunmak için güvenli gıda üretimi çok önemlidir. GDO hayvan, bitki ve mikroorganizmalardan doğabilecek muhtemel yan etkileri önlemek amacıyla, bu ürünlerin kullanıma sunulmadan evvel belirlenmiş konularda kontrol edilmesi herhangi bir aksiliği önleme açısından önem taşımaktadır. Bu sorunlar benzer şekilde GDO olmayan bitkiler ve hayvanlar için de geçerlidir. GDO'ları kullanmadan evvel bunların da diğer ürünler kadar güvenilir olduğu tespit edilmeli ve beklenmeyen etkilere karşı kolay risk analiz yöntemleri geliştirilmelidir. GDO bitkilerin olası ekolojik riskleri ciddiye alınarak ayrıntılı çalışmalar yapılmalıdır. Gelecekte GDO'ların üretimi kaçınılmazdır. Daha duyarlı olup gelecekte üretilecek GDO bitkilere aktarılan genlerin var olan yan etkilerinin oluşturacağı riskler hakkında araştırmaların yapılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Anonim, 2004. Transgenik Mt Mısır Sonuç Raporu (2001-2003). Adana Ziraat Mücadele Enstitüsü- Çukurova Tarımsal Mücadele Enstitüsü, Adana. 56 s.
2. Brookes G, Barfoot P. GM crops: The global economic and environmental impact - the first nine years 1996-2004. *AgBioForum* 2005;8:187-96.
3. Brookes G, Barfoot P. Global Impact of Biotech Crops: Income and Production Effects, 1996-2007. *AgBioForum* 2009;12:184-208.
4. Burke M. GM crops: effects on farmland wildlife. Produced by the Farm-scale valuations Research Team and the Scientific Committee (2003). ISBN: 0-85521-035-4. [For a more detailed description of this work see Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences 2003;358:1775-889.]
5. Castle LA, Siehl DL, Gorton R. Discovery and directed evolution of a glyphosate tolerance gene. *Science* 2004;304:1151-4.
6. Daniell H, Khan MS, Allison L. Milestones in chloroplast genetic engineering: an environmentally friendly era in biotechnology. *Trends Plant Sci.* 2002;7:84-91.
7. De Cosa B, Moar W, Lee SB, et al. Overexpression of the Bt cry2Aa2 operon in chloroplasts leads to formation of insecticidal crystals. *Nat Biotechnol* 2001;19:71-4.
8. Feitelson JS, Payne J, Kim L. *Bacillus thuringiensis*: insects and beyond. *Biotechnology* 1992;10:271-5. [Details of o-endotoxins and their potential as conventional insecticides and in genetic engineering.]
9. Fischhoff DA, Bowdish KS, Perlak FJ, et al. Insect-tolerant transgenic tomato plants. *Biotechnology* 1987;5:807-13. [The first transfer of a δ -endotoxin gene to a plant.]
10. Flavell RB, Dart E, Fuchs RL, et al. Selectable marker genes: safe for plants? *Biotechnology* 1992;10:141-4. [Describes the possible hazards posed by kanR and other marker genes in engineered plants.]
11. Groot AT, Dicke M. Insect-resistant transgenic plants in a multi-trophic context. *Plant J* 2002;31:387-406. [Examines the impact of δ -endotoxin plants on the ecological food chain.]
12. James C. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2009. ISAAA Briefs No: 41.
13. Losey JE, Rayor LS, Carter ME. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 1999;399: 214.
14. Kozziel MG, Beland GL, Bowman C, et al. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Biotechnology* 1993;11:194-200. [Cloning a δ -endotoxin gene in maize.]
15. Prof. Dr. Sabahettin ÖZCAN. Genetiği Değiştirilmiş Bitkiler ve Biyogüvenlik (Tarımsal Üretime Etkileri) ders notu. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye.
16. Prof. Dr. Selim Çetiner. Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Tuzla, İstanbul, Türkiye.
17. Shade RE, Schroeder HE, Pueyo JJ, et al. Transgenic pea seeds expressing the (Xamylase inhibitor of the common bean are resistant to bruchid beetles. *Biotechnology* 1994;12:793-6. [A second approach to insect-resistant plants.]
18. Shelton AM, Zhao IZ, Roush RT. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants, *Annu Rev Entomol.* 2002;47:845-81. [Various issues relating to δ -endotoxin plants.]
19. Smith CIS, Watson CF, Ray J, et al. Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. *Nature* 1988;334:724-6.
20. SOFA, 2004. State of the Food and Agriculture 2003- 2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
21. Yoder II, Goldsbrough AP. Transformation systems for generating marker-free transgenic plants. *Biotechnology* 1994;12:263-7. [Includes a description of the Cre excisionsystem.]