

TARIM TEKNOLOJİLERİNDE YENİ YAKLAŞIMLAR VE UYGULAMALAR:

Bitki Biyoteknolojisi

Murat ÖZGEN¹, Filiz ERTUNÇ², Gülcan KINACI³
Mustafa YILDIZ⁴, Melahat BİRSİN⁴, Hakan ULUKAN⁴,
Haluk EMİROĞLU⁵, Nur KOYUNCU⁶, Cengiz SANCAK⁷

ÖZET

Rekombinant DNA'nın hücrelere doğrudan enjeksiyonu ya da farklı taksonomik gruplar arasında uygulanan hücre füzyonu gibi, doğal çoğalma ve rekombinasyon engellerini ortadan kaldıran *in vitro* tekniklerin tamamı olarak tanımlanan bitkisel biyoteknoloji ve onun ürünü olan transgenik çeşitlerden; herbisitlere, zararlılara ve hastalıklara dayanıklılık; vitamin ve protein kalitesini artırma ve döllenme sistemlerinin kontrolü gibi konularda yararlanılmaktadır. Sağlık, çevre, agronomi, ekonomi, üretici ve tüketici hakları açısından önemli risklerinin olması nedeniyle, başta Avrupa Birliği Ülkeleri olmak üzere, birçok ülkede transgenik çeşitler kullanılmamaktadır. Bununla birlikte, günümüzde, ABD, Kanada ve Arjantin gibi ülkelerde, özellikle transgenik soya, mısır, pamuk ve kolzada ekim alanı yaklaşık 70 milyon hektara ulaşmıştır.

Dünyada başta transgenik bitkiler olmak üzere, biyoteknolojik ürünlerin üretilmesi ve kullanılmasına ilişkin gelişmeler uluslararası düzeyde izlenmekte, hedefler ülke ekonomisine katkısı dikkate alınarak belirlenmekte ve uluslararası işbirliği olanakları araştırılmaktadır. Son yıllarda, biyoteknoloji politikalarının oluşturulmasında gelişmiş ülkelerde önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Geri dönüşü olmayan zarar verme olasılığı nedeniyle biyoteknolojik ürünlerin kullanımına yasal düzenlemelerle sınırlamalar getirilmektedir. Biyoteknoloji ile ilgili yasalar, AB ülkelerinde olduğu gibi ya özel olarak çıkarılmakta ya da ABD ve Japonya'da olduğu gibi yürürlükteki yasalara ek yapılarak oluşturulmaktadır.

Türkiye'de modern biyoteknoloji ve bunun içinde yer alan bitkisel biyoteknoloji başlangıç aşamasında olup, transgenik bitkilerin ticari olarak üretilmeleri yasal olarak söz konusu değildir. Birçok kurumda temel biyoteknoloji çalışmaları yapılmakla birlikte, henüz transgenik çeşit geliştirme aşamasına gelinememiştir. Bu nedenle, Türkiye transgenik bitki geliştiren değil, bu çeşitleri kullanma potansiyeli olan ülke konumundadır. Bitkisel biyoteknoloji ile ilgili ekonomik göstergeler, bu alandan yararlanma olanaklarının önümüzdeki dönemlerde dünyada daha da artacağını göstermektedir. Türkiye'de ise, kullanma aşamasına geçilmeden önce, bitkisel biyoteknoloji ile ilgili yasal düzenlemelerin tek elden yapılmasını sağlayacak şekilde organize olunmalı, ülkenin coğrafi yapısı ve bitkisel gen kaynaklarının durumu gibi özel koşulları da dikkate alınarak, Avrupa Birliği'nin bu konudaki kurallarının benimsenmesine ve uluslararası sözleşmelerden kaynaklanan yükümlülüklerin yerine getirilmesine özen gösterilmelidir.

¹) Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara

²) Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ankara

³) Doç. Dr., Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir

⁴) Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara

⁵) Dr., Bilkent Üniversitesi, Hukuk Fakültesi, Ankara

⁶) Arş. Gör. A.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara

⁷) Doç. Dr., A.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara

1. GİRİŞ

Günümüzde 2.6 dekar olan kişi başına işlenebilir alanın 2050 yılında 1.5 dekara kadar düşeceği beklenmektedir (Vasil, 1998). Son 50 yılda ulaşılan tarımsal verim artışı, modern ıslah yöntemlerinin uygun yetiştirme teknikleri ile birlikte kullanılması sonucu elde edilmiştir. Bugüne kadar uygulanan ıslah programlarında daha çok ürün kalitesi ve miktarının artırılmasına çalışılmış, kültür bitkilerine hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık kazandırılması ikinci planda kalmıştır. Tarımsal üretimi olumsuz olarak etkileyen en önemli faktörlerden olan hastalık ve zararlılar nedeniyle ortaya çıkan ürün kayıpları yüksek maliyetli kimyasal ilaçlarla önlenmeye çalışılmış, ancak kullanılan kimyasal maddelerin kalıntıları gerek üründe, gerekse toprakta uzun süre ayrılmadan kalabildiğinden; insan, hayvan ve çevre sağlığını önemli ölçüde tehdit etmeye başlamıştır.

Klasik bitki ıslahının olumsuz olan bir diğer yönü de; türleriçi genetik çeşitlilikle sınırlı kalması ve oldukça zaman alıcı bir uğraş olmasıdır. Günümüzde, özellikle insan beslenmesinde önemli yeri olan ürünlerde, bu genetik çeşitliliğin sınırlarına yaklaşılmıştır. Klasik bitki ıslahı yöntemlerinden beklenen başarı, üzerinde çalışılan populasyondaki genetik çeşitlilik ile doğru orantılı olduğundan, populasyonda var olan çeşitliliğin daha da artırılması gerekmektedir. Melezleme ile aktarılan genin özelliklerinin bitkilerde fenotipik olarak gözlenebilmesi için, Mendel Açılımları'nın belirlediği çok sayıda bitkiden oluşan melez populasyona gereksinim vardır. Uyumlu türler arasında klasik yöntemlerle yapılan melezlemelerle yeterli varyasyon sağlanabilmektedir. Ancak, yabani türlerle yapılan melezlemelerde, yeterli varyasyon için geniş bir populasyona gereksinim duyulmaktadır. Böyle bir populasyondan ise, kısırılık ve bozulan karakterlerin düzeltilmesi için, uzun yıllar süren gerimelezlemeler sonunda yeni bir çeşit geliştirilebilmektedir. Aralarında melezleme yapılabilen türlerin azlığı, melezlemelerde istenen karakterlerle birlikte istenmeyenlerin de döllere geçişinin engellenememesi, istenmeyen karakterlerin gerimelezleme yoluyla elimine edilmesinin çok uzun zaman alması gibi bazı sorunlar klasik bitki ıslahının önemli olumsuzluklarını oluşturmaktadır.

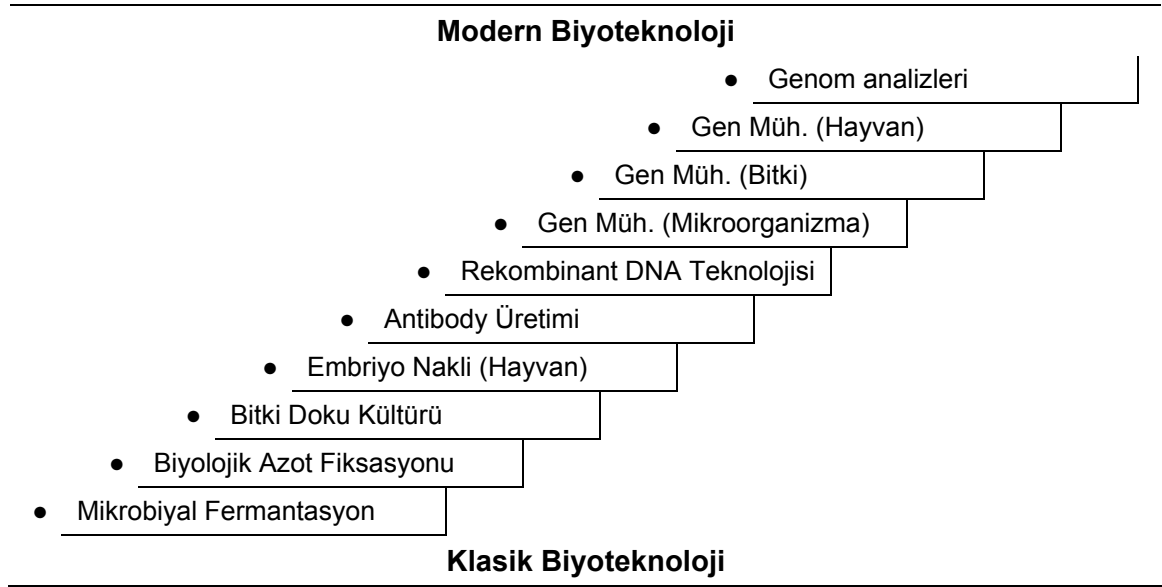
Günümüzde verim artışı sağlamak için klasik bitki ıslahı programlarını tamamlayan ve destekleyen yeni biyoteknolojik yöntemlerin kullanılması alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerin kullanılmasıyla izole edilmiş bir genin doğrudan aktarılması söz konusu olduğundan, öncelikle farklı türler ve cinsler arası gen aktarımında melezleme zorunluluğu ortadan kaldırılmakta, klasik ıslahta yabani gen kaynaklarından yararlanmada en önemli engel olan doğal izolasyon, bir başka deyişle, kısırılık ve uyumsuzluk sorunu da çözülmektedir. Modern biyoteknolojik yöntemlerin kullanılmasıyla, klasik ıslahta farklı cinsler arası gen aktarımında ikinci büyük engel olan, bağıllık (linkage) nedeniyle istenen genlerle birlikte istenmeyen genlerin de melezlere geçmesi sorun olmaktan çıkmaktadır (Özgen ve Türet, 1995). Klasik bitki ıslahının temelini oluşturan varyasyon ve seleksiyon, yeni teknolojide karşımıza transformasyon ve *in vitro* seleksiyon olarak çıkmaktadır. *In vitro* seleksiyonlar, tüm bitki yerine hücre seçimine olanak sağlamakta; bu ise tarlada binlerce bitki yerine, petri kutularında hücre düzeyinde çalışmak anlamına gelmektedir. *In vitro* koşullarda seleksiyonun herhangi bir zamanda yapılabilmesi nedeniyle, bitkinin gelişme dönemlerine bağlı kalınmaması da önemli bir olanak sağlamaktadır (Simmonds, 1983; Philips ve Eberhart, 1993). Bu nedenlerle,

gelecekte yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde biyoteknolojik yöntemlerden önemli ölçüde yararlanılması beklenmektedir.

Biyoteknoloji; "özel bir kullanıma yönelik olarak ürün ya da işlemleri dönüştürmek ya da oluşturmak için biyolojik sistem ve canlı organizmaları ile bunların türevlerini kullanan teknolojik uygulamalar" olarak tanımlanmaktadır. Modern biyoteknoloji ise "rekombinant DNA'nın hücre ya da organellere doğrudan enjeksiyonu ya da farklı taksonomik gruplar arasında uygulanan hücre füzyonu gibi doğal çoğalma ve rekombinasyon engellerini ortadan kaldıran ve klasik ıslah ile seleksiyon yöntemlerince kullanılmayan *in vitro* nükleik asit tekniklerinin tamamı" olarak tanımlanmaktadır. Bir türe başka türden gen aktarılarak doğal yapının değiştirilmesiyle yeni genetik özellikler kazandırılmasını sağlayan bu modern biyoteknoloji tekniklerine "gen teknolojisi", gen teknolojisi kullanılarak doğal olarak elde edilmesi mümkün olmayan yeni özellikler kazandırılmış organizmalara da "*Genetik Yapıları Değiştirilmiş Organizma (GDO)*" adı verilmiştir (Anonim, 2000).

Atıkların biyolojik arıtımından, mayalanma (fermantasyon) gerektiren gıda üretimine kadar farklı uygulama alanları bulan biyoteknoloji içinde yer alan bitki biyoteknolojisinin günümüze gelene kadar uzun bir süreçten geçtiği bilinmektedir (Doyle and Persley, 1996) (Şekil 1). 1700'lü yıllarda melez bitkilerin diğerlerinden ayrılmasıyla başlayan bu süreç, günümüzde A vitamini ve demir bakımından zenginleştirilmiş transgenik çeltik çeşitinin elde edilmesine kadar gelmiştir (Çizelge 1) (Vines, 2002).

Bitkisel anlamda modern biyoteknoloji çalışmaları ise, istenilen genlerin bulunması, karakterize edilmesi, izolasyonu ve hedef hücreye aktarılması aşamalarından oluşmaktadır. Bitkilere gen aktarımında kullanılan tekniklerin esasını; istenilen geni taşıyan bir DNA parçasının doku içindeki hücrelerin kromozomlarına yerleştirilmesi, daha sonra doku kültürü tekniklerinin kullanılarak bu hücrelerden transgenik bitkilerin elde edilmesi oluşturur. Biyoteknolojik teknikler içinde en çok bilineni; hızlandırılmış partikül sisteminden yararlanılarak söz konusu genin hedef hücre dokuya süratle gönderilmesidir. Gen aktarımında yoğun olarak kullanılan diğer bir araç ise, toprakta yaşayan *Agrobacterium tumefaciens* bakterisidir. Bu bakteri, genellikle çift çenekli bitkileri kök boğazındaki yaralardan enfekte ederek, oluşturduğu ur ile gen geçişlerini sağlamaktadır. Her iki yöntemde de yabancı gen, alıcı hücredeki kromozomlardan bir ya da birkaçına rastgele yerleşmektedir. Bu nedenle, söz konusu genin hangi hücrelere aktarıldığının belirlenmesi gerekir. Belirleme çalışmaları, gen aktarılan dokuların ilk aşamada bir dizi seçici ortamda ve daha sonra da sürgün oluşturmayı hızlandıran ortamlarda kültüre alınmaları ile yapılır. Elde edilen sürgünlere çeşitli laboratuvar ve tarla testlerinin uygulanmasıyla, yabancı gen geçişleri ve geçen genin işlevi, bir başka deyişle, bitkinin transgenik olup olmadığı belirlenerek transgenik olanların üretim çalışmalarına başlanır.



Şekil 1. Klasik Biyoteknolojiden Modern Biyoteknolojiye Geçiş Aşamaları

Çizelge 1. Bitki Biyoteknolojisinin Gelişmesinde Önemli Aşamalar

Dönem	Önemli Gelişmeler
1700'lü yıllar	Doğabilimcilerin melez bitkileri diğerlerinden ayırdetmesi
1900	Mendel'in, özel karakterlerin anaçlarından döllerine geçtiğini belirlemesi ve bu nedenle gen kavramının gelişmesi
1922	Avrupalı botanikçilerin Mendel Kuralları'ndan yararlanarak melez bitki üretimini geliştirmeleri
1953	DNA'nın yapısının belirlenmesi ile modern genetik araştırmalarının başlaması
1970	Gelişmekte olan ülkelerde melez tohumların üretimde kullanılması
1973	Bakteriyel genlerin genetik mühendisliği teknikleri ile kullanılmaya başlanması
1983	Antibiyotiğe dayanıklı ilk transgenik tütün bitkisinin elde edilmesi
1985	Virüs, bakteri ve böceklerle dayanıklı transgenik bitkilerin tarla denemelerinin
1986	Herbisiite dayanıklı transgenik tütün bitkisine ABD'de üretim izninin verilmesi
1990	Herbisiite dayanıklı transgenik pamuk bitkisinde ilk başarılı tarla denemesinin yapılması
1992	ABD Tarım Bakanlığı'nın transgenik gıdaların, klasikler gibi, denetlenmesine karar vermesi.
1994	İlk transgenik domates çeşitinin tüketicilere satışına başlanması
1995	Herbisiite dayanıklı transgenik kolza ve mısır çeşitlerinin geliştirilmesi
2000	Böcek ve virüslere dayanıklı transgenik pamuk, soya, şeker pancarı, patates ve domates çeşitlerinin onaylanarak üretimlerinin başlaması
2001	A vitamini ve demir bakımından zenginleştirilmiş transgenik çeltik çeşitinin geliştirilmesi

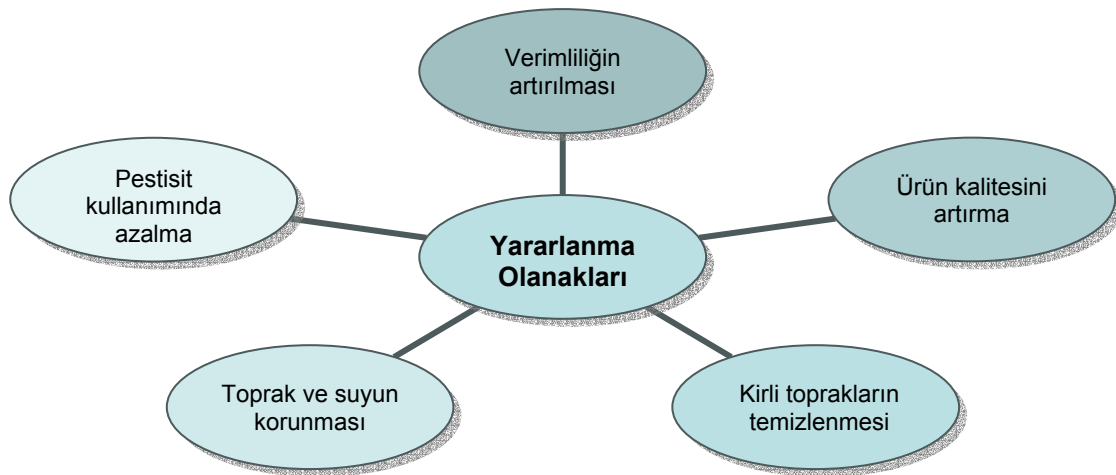
2. YARARLANMA OLANAKLARI

Günümüzde kültür bitkilerinin büyük bir kısmına gen aktarımı başarıyla yapılabilmekle birlikte, ticari olarak üretilen transgenik bitkileri genellikle soya, mısır, pamuk ve kanola gibi tarla bitkileri oluşturmaktadır. Bu bitkilere aktarılan yeni özelliklerin başında ise, zararlılara (pestisit) ve ot öldürücülere (herbisit) dayanıklılık ile ürün kalitesini artırma gelmektedir.

Verimliliğin artırılması: Bu konuda en önemli başarılarından biri "acetolactate synthase (ALS)" geninin aktarılması sonucunda "sulfonyllurea" herbisitine dayanıklı transgenik bitkilerin oluşturulmasıdır (Haughn vd., 1988; Lee vd., 1988). Diğer bir ot öldürücü olan ve genellikle tek doz olarak kullanılan "glyphosate"a dayanıklı pamuk, soya ve mısır çeşitlerinin ıslah edilmesiyle de, birden fazla herbisit uygulamasına olan gereksinim ortadan kalktığından, giderlerde önemli bir azalma olmuştur (Feldmann vd., 2000). Transgenik bitkilerden yararlanılarak, etkili bir şekilde zararlı ve yabancı ot savaşı yapılmasıyla, ilaç ve ilaçlama giderleri azaltılmakta, verimlilik ise artırılmaktadır. A.B.D.'nde 2001 yılında transgenik mısır üretimi yapılan alanlardan, klasik mısır üretimi yapılan alanlara oranla, 1.6 bin ton daha fazla mısır elde edildiği ve pestisit kullanımının 3.8 bin ton azalması sonucu 183.4 milyon dolar gelir sağlandığı bildirilmiştir. Pamuk üretiminde ise, transgenik çeşitlerin kullanımıyla 84 bin ton artış sağlandığı ve 3.6 bin ton daha az pestisit kullanımı sonucu 235.6 milyon dolar gelir elde edildiği belirtilmektedir (Gianessi ve Carpenter, 1999 ve 2000).

A.B.D.'nde yapılan tarla denemelerinin sonuçları değerlendirildiğinde transgenik mısırlarda %8'e kadar verim artışı olduğu görülmektedir. Öte yandan, Bt çeşitlerinin kullanılmasıyla patatese uygulanan insektisit miktarında %40'a varan oranlarda azalma olduğu rapor edilmiştir. Birçok çiftçi için, pestisit kullanımındaki azalmalar karlılık artışlarına dönüşmektedir ki, bu rakamlar A.B.D.'nde yetiştirilen mısır için hektar başına 7-36 dolardır (Koziel vd., 1993).

Pestisit kullanımında azalma: Transgenik bitkilerde zararlılara karşı dayanıklılığın oluşturulması ile pestisit kullanımının azaltılması hedeflenmiştir. Bir bakteri türü olan



Şekil 2. Transgenik Bitkilerden Yararlanma Olanakları

Bacillus thuringiensis, özellikle *Lepidoptera* familyasından böceklerin sindirim sistemlerine zarar vererek ölümlerine neden olan bir protein üretmektedir (Peferoen, 1992). Bu genin *B.thuringiensis*'ten izole edilerek domates, tütün, pamuk ve mısır bitkilerine aktarılması sonucunda böceklere karşı dayanıklılık sağlanmıştır (Delannay vd., 1989; Kozeil vd., 1993). Bt geninin aktarılmasıyla bitkilere kazandırılan zararlılara dayanıklılık özelliğinin, zararlıları kontrol altına almak için kullanılan kimyasal madde gereksinimini azaltması beklenmektedir.

Toprak ve suyun korunması: Transgenik çeşitlerin tarımı ile yabancı ot ve zararlı savaşında geleneksel yöntemlere bağlılık azaltılabilmekte, daha az toprak işleme nedeniyle, toprak yapısı ve nemi korunabilmektedir. Tarımsal ilaçlamayı azaltan transgenik çeşitlerin kullanılmasıyla toprak ve yeraltı sularının kimyasal maddelerle kirlenmesinin önlenmesi hedeflenmektedir (McGloughlin, 1999).

Kirli toprakların temizlenmesi: Bitki ya da mikroorganizmalarda yapılacak değişikliklerle toksik ağır metallerin kirlettiği topraklar, tortular ve yüzey suları temizlenebilmekte ya da daha az toksik hale dönüştürülebilmektedir. Transgenik bitkilerin de bu amaçla kullanılması planlanmakta olup, henüz uygulama aşamasına gelinememiştir (Wolfenbarger and Phifer, 2000).

Ürün kalitesini artırma: Ürün kalitesini artırma çalışmalarında ise, son yıllarda önemli başarılar elde edilmiş olup, yüksek proteinli soya; A vitamini artırılmış çeltik (altın çeltik); nişasta ve aminoasit içeriği artırılmış patates; oleik asit oranı yüksek, linolenik asit oranı düşük ayçiçeği, soya ve yerfıstığı çeşitleri ile sabun ve deterjan yapımı için daha ucuz hammadde sağlayan yüksek laurate asitli kanola çeşidi tarıma kazandırılmıştır. Sebze ve meyvelerde raf ömrünün uzatılması özellikle domateste başarılmış olup, benzer çalışmalar halen çeşitli meyvelerde sürdürülmektedir. Genetik mühendisliği yoluyla, yüksek besin değerine sahip yem bitkilerinin ve sık rastlanan bazı hastalıklara karşı insan ve hayvanlarda aşı etkisi gösterebilecek bitkilerin geliştirilmesi üzerine de çalışmalar sürdürülmektedir (Feldman vd., 2000; Wiecezorek, 2003). Günümüze kadar yaklaşık 15 türde 100'den fazla transgenik çeşit elde edilerek ticari olarak üretilmeye başlanmıştır. Halen dünyada üretimi yapılmakta olan transgenik bitkiler ve bunlara ilişkin ayrıntılı bilgiler Çizelge 2'de verilmiştir.

3. RİSKLER

Transgenik bitkiler, doğada yetişen diğer bitkilerden farklı olarak, genomlarında kendi türlerine ait olmayan genleri taşıdıklarından, bu bitkilerin yetiştirildiği ülkelerde, başta sağlık olmak üzere, çevre ve sosyo-ekonomik yapı üzerinde önemli riskler söz konusudur.

3.1. Sağlık Riskleri

Alerji: Transgenik bitkilerden elde edilen ürünlerin yaratabileceği risklerin başında alerji gelmektedir. Yabancı genetik materyal tarafından oluşturulan proteinlerin, alerji sorunu bulunan insanlarda rahatsızlıklara yol açması beklenmektedir. Nitekim, 1996 yılında, Brezilya kestanesinde soya fasulyesine aktarılan "2S" genini içeren ürünler, alerji yapması nedeniyle, marketlerden toplatılmıştır (Batalion, 2000). ABD'de 2000 yılında "Bt" geninin mısıra aktarılmasıyla elde edilen koçan kurduna dayanıklı "Star Link" transgenik mısır çeşidi de alerjiye neden olduğundan, toplatılarak sadece hayvan yemi olarak kullanılmasına izin verilmiştir.

Çizelge 2. Dünyada Yetiştirilen Transgenik Çeşitler ve Özellikleri

Ticari Adı	Geliştiren Şirket	Yetiştirildiği Ülke	Gen Aktarma Yöntemi - Kazandırılan Özellik	Aktarılan Genin Adı - Kaynağı
Şeker pancarı (<i>Beta vulgaris</i>)				
GTSB77	Novartis-Monsanto	ABD, Avustralya	<i>A.tumefaciens</i> - Glyphosate herbisitine tolerans	EPSPS - <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
T120-7	Aventis CropScience	ABD, Japonya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
Arjantin kanolası (<i>Brassica napus</i>)				
23-18-17, 23-198	Calgene Inc.	ABD, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Laurate, yağ asidi ve mysistic asit üretimi	Thioesterase - <i>Umbellularia californica</i>
GT200	Monsanto	Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Glyphosate herbisitine tolerans	EPSPS - <i>Agrobacterium tumefaciens</i> Glyphosate oxidase - <i>Ochrobactrum anthropi</i>
GT73, RT73	Monsanto	ABD, Avustralya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Glyphosate herbisitine tolerans	EPSPS - <i>Agrobacterium tumefaciens</i> Glyphosate oxidase - <i>Ochrobactrum anthropi</i>
HCN10	Aventis CropScience	ABD, Japonya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
HCN92	Aventis CropScience	AB, ABD, Japonya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
MS1, RF1 =>PGS1	Aventis CropScience	AB, ABD, Japonya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - PPT herbisitine tolerans, erkek kısırlık, fertilitenin sağlanması	barnase, barstar - <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PAT - <i>Streptomyces hygrosopicus</i>
MS1, RF2 =>PGS2	Aventis CropScience	AB, Japonya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - PPT herbisitine tolerans, erkek kısırlık, fertilitenin sağlanması	barnase, barstar - <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PAT - <i>Streptomyces hygrosopicus</i>
MS8xRF3	Aventis CropScience	ABD, Japonya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - PPT herbisitine tolerans, erkek kısırlık, fertilitenin sağlanması	barnase, barstar - <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PAT - <i>Streptomyces hygrosopicus</i>
NS738, NS1471, NS1473	Pioneer Hi-Bred Inc.	Kanada	Kimyasal mutasyon - Mikrospor kültürü, Imidazolinone herbisitine tolerans	
OXY-235	Aventis CropScience	ABD, Avustralya, Japonya, Kanda	<i>A.tumefaciens</i> - Oxylin herbisit toleransı	Nitrilase - <i>Klebsiella pneumoniae</i>
PHY14, PHY35	Aventis CropsScience	Japonya	<i>A.tumefaciens</i> - PPT herbisitine tolerans, erkek kısırlık, fertilitenin sağlanması	barnase, barstar - <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PAT - <i>Streptomyces hygrosopicus</i>
PHY36	Aventis CropsScience	Japonya	<i>A.tumefaciens</i> - PPT herbisitine tolerans, erkek kısırlık, fertilitenin sağlanması	barnase, barstar - <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PAT - <i>Streptomyces hygrosopicus</i>
T45 (HCN28)	Aventis CropScience	ABD, Avustralya, Kanada, Japonya	<i>A.tumefaciens</i> - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
Polonya kanolası (<i>Brassica rapa</i>)				
ZSR500/502	Monsanto	Kanada	İnterspesifik melezleme - Glyphosate herbisitine tolerans	EPSPS - <i>Achromobacter</i> sp.
Papaya (<i>Carica papaya</i>)				
55-1/63-1	Cornell University	ABD	Partikül bombardımanı - Virüs enfeksiyonuna dayanım	CP - Bitki virüsü

Çizelge 2. devamı

Ticari Adı	Geliştiren Şirket	Yetiştirildiği Ülke	Gen Aktarma Yöntemi ve Kazandırılan Özellik	Aktarılan Genin Adı ve Kaynağı
Hindiba (<i>Chichorium intybus</i>)				
RM3-3, RM3-4, RM3-6	Bejo Zaden BV	AB, ABD	<i>A.tumefaciens</i> - Erkek kısırlık, PPT herbisitine tolerans	barnase - <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PAT - <i>Streptomyces hygrosopicus</i>
Kabak (<i>Cucurbita pepo</i>)				
CZW-3	Asgrow-Seminis Inc.	ABD, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Virüs enfeksiyonuna dayanım	CP - Bitki virüsü
ZW20	Upjohn-Seminis Inc.	ABD, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Virüs enfeksiyonuna dayanım	CP - Bitki virüsü
Karanfil (<i>Dianthus caryophyllus</i>)				
4, 11, 15, 16	Florigene Pty Ltd.	AB, Avustralya	<i>A.tumefaciens</i> - Farklı çiçek rengi, Sulfonylurea herbisit toleransı	Antosiyenin geni, ALS – Tütün
66	Florigene Pty Ltd.	AB, Avustralya	<i>A.tumefaciens</i> - Uzun raf ömrü, Sulfonylurea herbisit toleransı	ACC, ALS - Tütün
959A, 988A, 1226A, 1351A, 1363A, 1400A	Florigene Pty Ltd.	AB	<i>A.tumefaciens</i> - Farklı çiçek rengi, Sulfonylurea herbisit toleransı	Antosiyenin geni, ALS – Tütün
Soya (<i>Glycine max</i> L.)				
A2704-12, A2704-21, A5547-35	Aventis CropScience	ABD, Japonya, Kanada	Partikül bombardımanı - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
A5547-127	Aventis CropScience	ABD	Partikül bombardımanı - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
G94-1, G94-19, G168	DuPont	ABD, Avustralya, Japonya, Kanada	Partikül bombardımanı - Yüksek yağ asidi ve oleik asit	GmFad2-1 - Soya
GTS 40-3-2	Monsanto	AB, ABD, Arjantin, Avustralya, Brezilya, G.Afrika, Hollanda, İsviçre, Kanada, Kore, Meksika, Uruguay	Partikül bombardımanı - Glyphosate herbisitine toleransı	EPSPS - <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
GU262	Aventis CropScience	ABD	Partikül bombardımanı - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
W62, W98	Aventis CropScience	ABD	Partikül bombardımanı - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces hygrosopicus</i>
Pamuk (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)				
19-51A	DuPont	ABD	<i>A.tumefaciens</i> - Sulfonylurea herbisit toleransı	ALS
31807/31808	Calgene Inc.	ABD, Japonya	<i>A.tumefaciens</i> - Zararlı dayanıklılığı, Oxylin herbisit toleransı	<i>cry1Ac</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i> Nitrilase - <i>Klebsiella pneumoniae</i>
BXN	Calgene Inc.	ABD, Avustralya, Japonya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Oxylin herbisit toleransı	Nitrilase - <i>Klebsiella pneumoniae</i>
MON1445/1698	Monsanto	ABD, Arjantin, Kanada, Avustralya, Japonya,	<i>A.tumefaciens</i> - Glyphosate herbisitine tolerans	EPSPS - <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
MON531/757/1076	Monsanto	ABD, Arjantin, Meksika, Avustralya, Çin, G.Afrika, Japonya, Kanada,	<i>A.tumefaciens</i> - Zararlı dayanıklılığı	<i>cry1Ac</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i>

Çizelge 2. devamı

Ticari Adı	Geliştiren Şirket	Yetiştirildiği Ülke	Gen Aktarma Yöntemi ve Kazandırılan Özellik	Aktarılan Genin Adı ve Kaynağı
Keten (<i>Linum usitatissimum</i> L.)				
FP967	Saskatchewan Üniv.	ABD, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Sulfonylurea herbisit toleransı	ALS - <i>A. thaliana</i>
Domates (<i>Lycopersicon esculentum</i>)				
1345-4	DNA Plant Tech. Corp.	ABD, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Uzun raf ömrü	ACC
35 1 N	Agritope Inc.	ABD	<i>A.tumefaciens</i> - Geç olgunlaşma	S-adenosylmethionine hidrolaze
5345	Monsanto	ABD, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Zararlılara dayanım	<i>cry1Ac</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i>
8338	Monsanto	ABD	<i>A.tumefaciens</i> - Geç olgunlaşma	ACCd
B, Da, F	Zeneca Seeds	ABD, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Geç olgunlaşma	PG
Flavr Savr	Calgene Inc.	ABD, Japonya, Kanada, Meksika	<i>A.tumefaciens</i> - Geç olgunlaşma	PG
Çeltik (<i>Oryza sativa</i>)				
LLRICE06, LLRICE62	Aventis CropScience	ABD	Doğrudan DNA aktarımı - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces hygroscopicus</i>
Patates (<i>Solanum tuberosum</i> L.)				
ATBT04-6, 27, 30, 31, 36 SPBT02-5, SPBT02-7	Monsanto	ABD, Avustralya, Japonya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Papates böceğine dayanıklılık	<i>cry3A</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i>
BT6, BT10, BT12, BT16, BT17, BT18, BT23	Monsanto	ABD, Japonya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Papates böceğine dayanıklılık	<i>cry3A</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i>
RBMT15-101, SEMT15-02, SEMT15-15	Monsanto	ABD, Avustralya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Papates böceğine dayanıklılık	<i>cry3A</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i>
RBMT21-129, RBMT21-350, RBMT22-082	Monsanto	ABD, Avustralya, Kanada	<i>A.tumefaciens</i> - Papates böceğine dayanıklılık	<i>cry3A</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i>
Buğday (<i>Triticum aestivum</i>)				
SWP965001	Cyanamid Crop Protection	Kanada	Kimyasal tohum mutasyonu - Imidazolinone herbisitine tolerans	AHAS, ALS
Mısır (<i>Zea mays</i> L.)				
176	Syngenta Seeds	AB, ABD, Arjantin, Avustralya, Hollanda, İngiltere, İsviçre, Japonya, Kanada	Partikül bombardımanı - Zararlı dayanıklılığı, PPT herbisitine tolerans	<i>cry1Ab</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i>

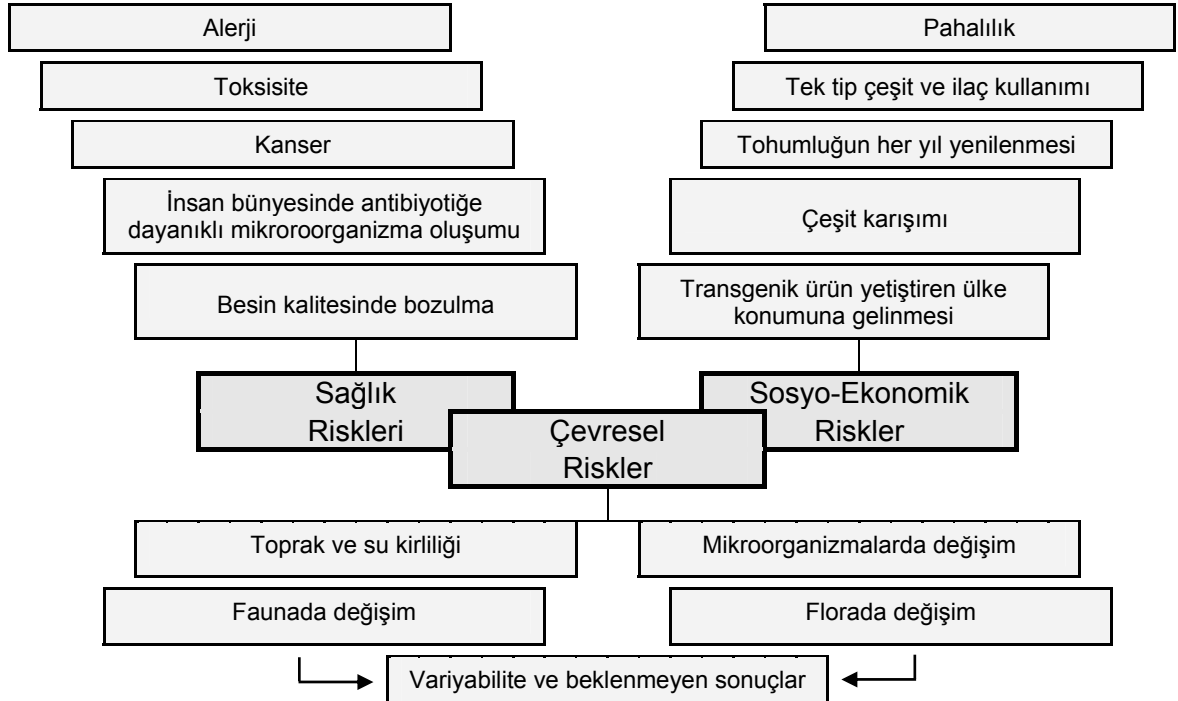
Çizelge 2. devamı

Ticari Adı	Geliştiren Şirket	Yetiştirildiği Ülke	Gen Aktarma Yöntemi ve Kazandırılan Özellik	Aktarılan Genin Adı ve Kaynağı
3751IR	Pioneer Hi-Bred International Inc.	Kanada	Embryo kültüründen somaklonal varyantların seçimi	
676, 678, 680	Pioneer Hi-Bred International Inc.	ABD	Partikül bombardımanı - Erkek kısırlık, PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Escherichia coli</i> PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
B16 (DLL25)	Dekalb Genetics	ABD, Japonya, Kanada	Partikül bombardımanı - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces hygroscopicus</i>
BT11 (X4334CBR, X4734CBR)	Syngenta Seeds	AB, ABD, Arjantin, Avustralya, İngiltere, İsviçre, Japonya, Kanada	Doğrudan DNA aktarımı - Zararlı dayanıklılığı, PPT herbisitine tolerans	<i>cry1Ab</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i> PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
CBH-351	Avensis CropScience	ABD	Partikül bombardımanı - Zararlı dayanıklılığı, PPT herbisitine tolerans	<i>cry9C</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i> PAT - <i>Streptomyces hygroscopicus</i>
DBT418	Dekalb Genetics Corp.	ABD, Arjantin, Kanada Avustralya, Japonya,	Partikül bombardımanı - Zararlı dayanıklılığı, PPT herbisitine tolerans	<i>cry1AC</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i> PAT - <i>Streptomyces hygroscopicus</i>
DK404SR	BASF Canada Inc.	Kanada	Embryo kültüründen somaklonal varyantların seçimi	
EXP1910IT	Syngenta Seeds	Kanada	Kimyasal mutasyon - İmidazolinone herbisitine tolerans	ALS
GA21	Monsanto	ABD, Arjantin, Avustralya, Japonya, Kanada, Kore	Partikül bombardımanı - Glyphosate herbisitine tolerans	EPSPS
MON80100	Monsanto	ABD, Arjantin, Avustralya	Partikül bombardımanı - Zararlı dayanıklılığı	<i>cry1Ab</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i>
MON802	Monsanto	ABD, Japonya, Kanada	Partikül bombardımanı - Zararlı dayanıklılığı, Glyphosate herbisitine tolerans	<i>cry1Ab</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i> EPSPS - <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
MON809	Pioneer Hi-Bred International Inc.	ABD, Japonya, Kanada	Partikül bombardımanı - Zararlı dayanıklılığı, Glyphosate herbisitine dayanım	EPSPS
MON810	Monsanto	AB, ABD, G.Afrika, İsviçre, Japonya, Kore	Partikül bombardımanı - Zararlı dayanıklılığı	<i>cry1Ab</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i>
MS3	Aventis CropScience	ABD, Kanada	Elektroporasyon - Erkek kısırlık, PPT herbisitine tolerans	barnase, PAT - <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
MS6	Aventis CropScience	ABD	Elektroporasyon - Erkek kısırlık, PPT herbisitine tolerans	barnase, PAT - <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
NK603	Monsanto	ABD, Avustralya, Japonya, Kanada	Partikül bombardımanı - Glyphosate herbisitine tolerans	EPSPS
T14, T25	Aventis CropScience	AB, ABD, Arjantin, Avustralya, Japonya, Kanada	Protoplasta gen aktarımı - PPT herbisitine tolerans	PAT - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>
TC1507	Mycogen, Pioneer	ABD, Japonya	Partikül bombardımanı - Zararlı dayanıklılığı, PPT herbisitine tolerans	<i>cry1F</i> - <i>Bacillus thuringiensis</i> Phosphinotricine N-acetyltransferase - <i>Streptomyces viridochromogenes</i>

Toksisite: Genetik olarak değiştirilmiş organizmalar, aktarılan yeni gen ürünlerini ve onlardan kaynaklanan sekonder metabolitleri içerdiğinden, potansiyel bir toksisiteye sahiptir. Transgenik bitkilerde bulunan özellikle böcek öldürücü genler ile terminatör teknolojisi gereği aktarılmış olan genler de toksin üretmek için çalıştırdıklarından, dokularda birikme durumunda, önemli riskler oluşturmaktadır. Bt genlerinin kullanılması pestisit kullanımını ortadan kaldırmıştır. Ancak, bu toksik madde kalıntılarının ortadan kalktığı anlamına gelmemektedir. Bt dayanıklılığına sahip bitkilerde toksik madde sürekli olarak üretildiğinden (intrinsic toxins), bunlara “pestisit üreten bitkiler (pesticidal plants)” adı verilmektedir.

Bu toksinlerin uzun dönemde insan sağlığına olan etkilerine ilişkin yeterli bilgi bulunmamaktadır. Transgenik ve normal patateslerle beslenen iki grup farede yapılan çalışmada; normal patateslerle beslenenlerde hiç bir sorun olmamasına karşın, transgenik ürünlerle beslenenlerin sindirim sistemlerinde önemli zararlar belirlenmiştir (Pryme and Lembcke, 2003).

Kanser: Transgenik bitkilerin doğrudan ve dolaylı olarak kanserojen etkisinin olabileceği bir çok araştırmacı tarafından belirtilmektedir. Özellikle, herbisitlere dayanıklı transgenik pamuk, soya, mısır ve kolza çeşitlerinde kullanılan “bromoxynil” ve “glufosinate” gibi kimyasal maddelerin doğrudan kanser yapıcı oldukları bilinmektedir (Batalion, 2000). Öte yandan, sindirim sisteminde tam olarak sindirilmeden dolaşım sistemine geçerek kan hücreleri aracılığı ile normal genoma katılabilen yabancı DNA parçalarının da hastalıklarda etkili olma olasılığı söz konusudur (Martin, 1999).



Şekil 3. Transgenik Bitkilerde Riskler

İnsan bünyesinde antibiyotiğe dayanıklı mikroorganizma oluşumu: Günümüzde kullanılan biyoteknolojik tekniklerle bitkilere aktarılan genlerin büyük bir çoğunluğu bakteri ve virüs kökenlidir. Gen aktarımından sonra transgenik bitkilerin seçilebilmesi amacıyla işaretleyici (markör) gen olarak antibiyotiklere dayanıklılık genleri kullanılmaktadır. Ancak, bu antibiyotik dayanıklılığının insan ve hayvan bünyesindeki bakterilere yatay olarak geçişiyle onların da dayanıklı hale dönüştürülmesi gibi sağlık açısından büyük riskler söz konusudur (Wieczorek, 2003).

Besin kalitesinde bozulma: Transgenik bitkilerde, aktarılan yeni özellik nedeniyle, bitkinin orijinal yapısında bulunan bazı kalite öğelerinde önemli azalmalar olduğu saptanmıştır. Örneğin, kalp hastalıklarına ve kansere karşı önemli bir koruyucu madde olan “phytoestrogen” bileşiklerinin, klasiklere oranla, transgenik bitkilerde daha az olduğu bilinmektedir (Batalion, 2000).

3.2. Çevresel Riskler

Transgenik bitkiler üzerinde en çok tartışılan konuların başında çevreye verebileceği zararlar gelmektedir. Bilimadamlarının çoğu, transgenik bitkilerin ekolojik zararlarının olabileceği görüşünde birleşmektedir. Çevresel riskler toprak ve su kirliliği; fauna, flora ve mikroorganizmalarda değişim ile beklenmeyen diğer sonuçlar gibi ayrı başlıklar halinde incelenebilir.

Toprak ve su kirliliği: Transgenik bitkilerin kalıntılarındaki toksik maddelerin toprağa ve suya geçtiğine ilişkin çok sayıda araştırma sonucu bulunmaktadır. Bu nedenle, toksinlerin diğer organizmaların besin zincirine katılmaları da söz konusudur. Bt genlerinin ürettiği endotoksinlerin toprakta 33 hafta kaldığı belirlenmiştir (Tapp and Stotzky, 1998). Bitki sap ve artıklarını tüketerek etanol üretiminde kullanılan *Klebsiella planticola* ve *Rhizobium meliloti* gibi bakterilerin topraktaki temel besin maddelerini tamamen yok ettiği ve toprağı kısır hale getirdiği saptanmıştır. Öte yandan, transgenik bitkilerin ikinci kuşak üretimini engellemek amacıyla, uygulanan terminatör teknolojisi gereği, tohumlar üreticiye verilmeden önce yüksek dozda antibiyotik ile bulaştırılmaktadır. Bu tohumların ekilmesiyle toprağa önemli miktarda antibiyotik geçişi söz konusudur. Buğday ve pamuk gibi çok geniş alanlarda ekimi yapılan ürünlerde bu uygulamanın etkisinin ne kadar büyük olacağı açıktır (Batalion, 2000). Klasik herbisitler ürüne de zarar verdiği için, üreticiler tarafından son derece dikkatli ve düşük dozda kullanılır. Transgenik çeşitler ot öldürücülere dayanıklı olduklarından, ürüne zarar vermeyeceği düşüncesiyle, daha fazla ilaç kullanımı söz konusu olmuştur. Denemeler sonucunda, transgenik soyalarda herbisit kullanımının bir kaç kat arttığı belirlenmiştir (Benbrook, 2001).

Faunada değişim: Transgenik bitkilerin faunada yararlı akraba türlerin yokolmasına ve yeni zararlı popülasyonlarının oluşmasına neden olabileceği tartışılmaktadır. Özellikle, transgenik mısırlardaki Bt genlerinin sadece koçan kurtlarına etkili olduğunun söylenmesine karşın, mısır bitkilerinin arasında yetişen ve üzerinde bol miktarda mısır çiçektozu bulunan “*Asclepias*” adı verilen bitkilerle beslenen kral kelebeklerinin de öldüğü görülmüştür (Losey vd., 1999). Ayrıca, yararlı böceklerden olan “Ladybugs” (hanım böceği) ve “Lacewing” gibi böceklerin öldüğü (Birch vd., 1997; Hilbeck vd., 1998), bu böceklerle beslenen arı ve kuşların da zarar gördüğü saptanmıştır. Bilindiği gibi, dayanıklı çeşitlerin oluşturduğu baskı sonucunda zararlılar zamanla tepkilerini değiştirebilmektedir. Bu durumda hem taransgenik bitkiler etkisiz

hale gelmekte, hem de biyolojik savaşta Bt bakterilerinden yararlanma olanağı ortadan kalkmaktadır. Değişik kurtlar üzerine yapılan laboratuvar çalışmalarında, Bt toksinlerine karşı dayanıklılığın kısa sürede arttığı belirlenmiştir (Tabashnik, 1994). “Gene karşı gen” kuramı (Flor, 1956) ile açıklanabilen bu değişimin görülmesi üzerine transgenik mısır bitkilerinin arasına %20 oranında klasik çeşitlerin ekilmesi zorunluluğu getirilmiştir. Amaç, dayanıklı ve dayanıksız koçan kurtlarının melezlenerek dayanıksız türlerin oluşumunun sağlanmasıdır. Ancak bunun başarılı olabilmesi için dayanıksızlığın baskın olması gerekmektedir. Buna karşın, bazı araştırmalarda, koçan kurdundaki Bt toksinlerine dayanıklılığın eksik dominans olduğu saptanmıştır (Huang vd., 1999).

Mikrorganizmalarda değişim: Markör genlerdeki antibiyotiklere dayanıklılık genlerinin toprak bakterilerine geçmesi ya da terminatör teknolojisi gereği toprağa verilen yüksek dozdaki antibiyotiklerin baskısı nedeniyle dayanıklı yeni bakteri tiplerinin oluşma olasılığı her zaman vardır. Virüslere dayanıklı olarak geliştirilen transgenik bitkilerin, virüslerin daha virulent tiplerinin ortaya çıkmasına neden olabileceği Michigan Üniversitesi’nde deneysel olarak kanıtlanmıştır. Virüs genleri, diğer virüs ve retrovirüslerin genleri ile karışabilmekte, bunun sonucunda da patojeniteleri artmış yeni virüsler oluşabilmektedir. Bu gen karışımının 8 hafta gibi kısa bir sürede gerçekleşebileceği deneysel olarak kanıtlanmıştır. Öte yandan, “Cauflower Mosaic” virüsü (CaMv35S) transgenik mısır, pamuk ve kolzalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. “Pararetrovirüsler” grubundan olan bu virüsün, hepatit-B ve HIV virüsleri ile büyük benzerlik göstermesi, konunun önemini daha da artırmaktadır (Batalion, 2000).

Florada değişim: Bitkilere kazandırılan yeni özellikler bu bitkilerin yaşadıkları çevredeki floranın bozulmasına, doğal türlerde genetik çeşitlilik kaybına, ekosistemdeki tür dağılımının ve dengesinin bozularak genetik kaynakları oluşturan yabancı türlerin yok olmasına neden olabilecektir. Çiçektozları, genetik kirlilikte en önemli etkidir. Mısır çiçektozlarının rüzgarın etkisi ile canlı olarak 1 km uzağa gidebildiği, yoncada arıların çiçektozlarını canlı olarak 2-3 mil uzağa taşıdıkları deneysel olarak belirlenmiştir. Genetik olarak değiştirilmiş bitki çiçektozlarının rüzgar, kuş, arı, böce, mantar ve bakterilerce taşınması sonucunda kilometrelerce uzaktaki bitki türleri de etkilenecek ve genetik bir kirlilik ortaya çıkabilecektir. Transgenik ürünlerden gen geçişleri yabancı türlerin özelliklerini bozacak ve bitkisel gen kaynaklarının geri dönülmesi zor bir zararla karşı karşıya kalmasına neden olabilecektir. Ayrıca, transgenik bitkilerdeki herbisitlere dayanıklılık genlerinin yabancı akrabaları olan otlara geçmesiyle (süper ot) tarımsal savaş olanaksız hale gelebilecektir (Özgen ve Türet, 1995; Hails, 2000; Wallace, 2000). Transgenik mısırlardan yabancı mısır türlerine gen bulaştığına ilişkin resmi raporlar yayınlanmaya başlanmıştır (Anonim, 2002). Yabancı floradaki genetik yapı değişiklikleri, onların gen kaynağı olarak değerini tamamen yok edebilir. Arkansas Üniversitesi’nde yapılan bir çalışmada, transgenik çeltikten, çeltiğin yabancı gen kaynağı olan kırmızı çeltiğe gen geçişinin olduğu belirlenmiştir. Transgenik bitkiler için geliştirilen herbisitler, bu bitkilerin dışındaki tüm bitkileri kesin olarak öldürmektedir. Geniş alanlara uygulanan bu tip herbisitlerden yabancı floranın olumsuz etkilenmemesi mümkün değildir. Öte yandan, terminatör genlerin akraba türlere çiçektozları ile geçerek onların ikinci yıl tümüyle yok olmalarına neden olması yüksek bir olasılıktır. Transgenik bitkilerden

kaynaklanabilecek genetik kirlilik, bir çok yabancı türün anavatanı olan Türkiye için ayrı bir önem taşımaktadır.

Variyabilite ve beklenmeyen sonuçlar: Ekosistemler son derece karmaşık bir yapıya sahiptir. Özellikle, transgenik bitkiler gibi, yeni organizmaların sistem içine girmesiyle bazı bilinmeyen risklerin ortaya çıkması beklenebilir. Bu zamana ve yere bağlı olarak türlerarası gen akışının sonucunda ortaya çıkabilecek gen etkileşimlerinden kaynaklanmakta olup, popülasyonda değişik bir karakterin ortaya çıkma olasılığı her zaman söz konusudur (Wieczorek, 2003).

3.3. Sosyo – Ekonomik Riskler

Pahalılık: Transgenik ürünlerin tohumları, transgenik olmayanlara göre, %25 ile %100 arasında daha pahalı olup her yıl yenilenme zorunluluğu söz konusudur. Fiyatının yüksek olması nedeniyle tohumluk alımını uzun süre devam ettiremeyecek olan küçük çiftçiler bu durumdan zarar göreceklerdir (Batalion, 2000).

Tek tip çeşit ve ilaç kullanımı: Bitkisel üretimin transgenik çeşitlere dayandırılması, geleneksel tarımda yerel çeşitlerin kullanımında önemli azalmalara neden olabileceği gibi, tarımda tohumluk ve ilaç bakımından dışa bağımlılık sorununu da doğuracaktır.

Tohumluğun her yıl yenilenmesi: Transgenik çeşitlerin sahip olduğu “terminatör gen” sistemi nedeniyle, tohumluk üretiminin çiftçiler tarafından yapılması olanaksızdır. Bu nedenle, tohumluğun üretici firmadan her yıl alınması zorunludur.

Çeşit karışımı: Aynı bölgede klasik ve transgenik çeşitlerin birarada ekilmeleri halinde, çiçektozları nedeniyle, birbirlerine karışmaları kaçınılmazdır. Bu durumda, üreticilerin istedikleri tip ürünü özelliklerini bozmadan yetiştirmeleri olanaksız hale gelebilecektir. Bunlardan elde edilen ürünlerin de karışık olma olasılığı çok yüksek olacak ve tüketici açısından da önemli bir risk oluşturabilecektir. ABD’de önemli bir organik mısır çeşiti olan “Terra Prima” ya transgenik mısırlardan gen geçişinin belirlenmesi üzerine ürünün tamamı yok edilmiştir (Batalion, 2000).

Transgenik çeşit yetiştiren ülke konumuna gelinmesi: Birçok Avrupa ülkesi, transgenik ürün yetiştirmeyen ülkelerden bile, dışalım yaptıkları ürünler için “Genetik Olarak Değiştirilmiş Organizma” değildir belgesi istemektedir. Bu çeşitlerin yetiştirilmesi halinde, klasik ürünlerin pazarlanması da önemli ölçüde zorlaşacaktır.

4. DÜNYADAKİ DURUMU

4.1. Ekonomik Önemi

Dünyada hızla artan nüfusa karşın tarım yapılan alanlar sabit kalmakta, hatta erozyon, tuzlulaşma, asitleşme, yoğun tarım, kentleşme ve sanayileşme gibi nedenlerle hızla daralmaktadır. Dünya nüfusu 1996 yılında 5.8 milyar iken, 2003 yılında %11’lik artışla 6.4 milyara ulaşmıştır. Ancak, tarım yapılan alanlar 1996 yılında 4.99 milyar ha’dan 2003 yılında yalnızca %1’lik artışla 5.05 milyar ha’a yükselmiştir. Diğer taraftan transgenik çeşitlerin toplam ekim alanı içindeki payı her geçen gün artmaktadır. Nitekim, 1996 yılında 2.8 milyon ha olan transgenik bitki ekim alanları 2003 yılına gelindiğinde, 30 kattan fazla artarak, 67.7 milyon ha’a yükselmiştir (Anonim, 2003a; James, 1997, 1998, 2000-2003).

Transgenik çeşit ekiminin yaklaşık 2/3’ünü gelişmiş ülkeler sağlarken, 1/3’ü gelişmekte olan ülkeler tarafından gerçekleştirilmektedir. 1996 yılında 2.8 milyon ha

olan toplam transgenik çeşit ekim alanının 1.6 milyon ha'ı (%57) gelişmiş ve 1.2 milyon ha'ı (%43) da geliştirmekte olan ülkelerde gerçekleşmiştir. Ancak, 2003 yılına gelindiğinde 67.7 milyon ha olan toplam ekim alanının 47.3 milyon ha'ı (%70) gelişmiş ve 20.4 milyon ha'ı (%30) da geliştirmekte olan ülkelere sağlanmıştır. Açıkça görüldüğü gibi, gelişmiş ülkeler toplam transgenik bitki ekiminin büyük bir kısmını gerçekleştirmektedir (James, 1997, 1998, 2000-2003).

Dünyada transgenik çeşit ekim alanlarının ülkelere göre dağılımı Çizelge 3'te verilmiştir. 1993 yılında dünya toplam transgenik çeşit ekim alanının %51'ini (1.5 milyon ha) tek başına A.B.D. gerçekleştirmiştir. Bunu %39'luk (1.1 milyon ha) payla Çin izlemiştir, Kanada ve Arjantin %4'lük (0.1 milyon ha) payla üçüncü sırayı paylaşmıştır. Transgenik çeşit ekim alanı 2003 yılında 67.7 milyon ha'a çıkmıştır. Bu alanın 42.8 milyon ha (%63)'ünü A.B.D. yapmıştır. Bunu %21'lik pay ve 13.9 milyon ha ekim alanı ile Arjantin izlemiştir. En çok transgenik çeşit ekiminde üçüncü sırayı 4.4 milyon ha (%6) ile Kanada, dördüncü sırayı ise 2.8 milyon ha (%4) ile Çin ve 3 milyon ha (%3) ile Brezilya almıştır. Toplam transgenik çeşit ekim alanlarının %98'ini bu beş ülke gerçekleştirmiştir.

A.B.D.'nde 2003 yılında gerçekleştirilen toplam 42.8 milyon ha'lık transgenik ekim alanının tamamı mısır, soya, pamuk ve kanolaya aittir. Bu dört ürünün toplam ekim alanının 63.4 milyon ha olduğu düşünüldüğünde, transgenik ekim alanının payı %67 olmaktadır. Arjantin'de ise 13.9 milyon ha'lık üç transgenik çeşit (mısır, soya, pamuk) ekim alanının, bu ürünlerin toplam ekim alanlarına (14.8 milyon ha) oranı %94'tür. Kanada'da kanola, mısır ve soyanın toplam ekim alanı 6.9 milyon ha, transgenik ekim alanı 4.4 milyon ha ve transgenik çeşit ekim alanlarının bu ürünler bazında toplam ekim alanı içindeki payı ise %64'tür. Bu ülkelere söz konusu ürünler bazında transgenik ekim alanları giderek artış göstermektedir (Anonim, 2004a).

Dünyada türlere göre transgenik bitki ekim alanları Çizelge 4'de verilmiştir. Buna göre 2003 yılında transgenik çeşitler arasında en yüksek ekim alanı 41.4 milyon ha ve %61'lik payla soyaya aittir. Bunu 15 milyon ha (%23) ekim alanı ile mısır, 7.2 milyon ha (%11) ekim alanı ile pamuk ve 3.6 milyon ha ekim alanı ile kanola izlemektedir. Aynı yıl dünyada ekilen toplam soya alanı 76 milyon ha olduğu düşünüldüğünde, ekilen soyanın %55'inin transgenik olduğu görülmektedir. Transgenik soya ekim alanının toplam ekim alanına oranı, 2000 yılında %36, 2001 yılında %46 ve 2002 yılında da %51 düzeyinde gerçekleşmiştir. Benzer durum, mısır, pamuk ve kanola için de geçerlidir. Transgenik bitki ekim alanlarının toplam ekim alanındaki payının giderek arttığı görülmektedir.

Aktarılan özelliklere göre en çok ekilen transgenik bitkiler Çizelge 5'te verilmiştir. Buna göre, 2003 yılında en yüksek ekim alanı ve toplam ekim alanı içindeki payı bakımından birinci sırada yer alan bitki; herbisite toleranslı soya olup, bunu zararlılara dayanıklı mısır izlemektedir.

Çizelge 3. Dünyada Transgenik Çeşit Ekim Alanlarının Ülkelere Göre Dağılımı (milyon ha.)

Ülkeler	1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%
A.B.D.	1.5	51	8.1	64	20.5	74	28.7	72	30.3	68	35.7	68	39.0	66	42.8	63
Arjantin	0.1	4	1.4	11	4.3	15	6.7	17	10.0	23	11.8	22	13.5	23	13.9	21
Kanada	0.1	4	1.3	10	2.8	10	4.0	10	3.0	7	3.2	6	3.5	6	4.4	6
Çin	1.1	39	1.8	14	-	-	0.3	1	0.5	1	1.5	3	2.1	4	2.8	4
Brezilya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	4
Güney Afrika	-	-	-	-	<0.1	<1	0.1	<1	0.2	<1	0.2	<1	0.3	1	0.4	1
Avustralya	<0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	<1	0.2	<1	0.2	<1	0.1	<1	<0.1	<1
Hindistan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1
Romanya	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1
İspanya	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1
Uruguay	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1
Meksika	<0.1	1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	-	-
Portekiz	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-
Bulgaristan	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	---	---
Endonezya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1	-	-
Kolombiya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1
Honduras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1
Filipinler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1
Almanya	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	-	-
Fransa	-	-	-	-	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	-	-	-	-	-	-
Ukrayna	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM	2.8	100	12.8	100	27.8	100	39.9	100	44.2	100	52.6	100	58.7	100	67.7	100

James (1997, 1998, 2000 -2003)

Çizelge 4. Türlerine Göre Transgenik Bitki Ekim Alanları (milyon ha)

Transgenik Tür	1996		1997		1998		1999	
	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%
Soya	0.5	18	5.1	40	14.5	52	21.6	54
Mısır	0.3	10	3.2	25	8.3	30	11.1	28
Pamuk	0.8	27	1.4	11	2.5	9	3.7	9
Kanola	0.1	5	1.2	10	2.4	9	3.4	9
Patates	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1
Kabak	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1
Papaya	-	-	-	-	-	-	<0.1	<1
Tütün	1.0	35	1.6	13	-	-	-	-
Domates	0.1	4	0.1	1	-	-	-	-
TOPLAM	2.8	100	12.8	100	27.8	100	39.9	100

Transgenik Tür	2000		2001		2002		2003	
	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%
Soya	25.8	58	33.3	63	36.5	62	41.4	61
Mısır	10.3	23	9.8	19	12.4	21	15.5	23
Pamuk	5.3	12	6.8	13	6.8	12	7.2	11
Kanola	2.8	7	2.7	5	3.0	5	3.6	5
Patates	<0.1	<1	<0.1	<1	-	-	-	-
Kabak	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	-	-
Papaya	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	<1	-	-
Tütün	-	-	-	-	-	-	-	-
Domates	-	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM	44.2	100	52.6	100	58.7	100	67.7	100

James, (1997, 1998, 2000 - 2003)

2003 yılı için transgenik ürünlerin toplam değerinin 4.5-4.8 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Bu, 31 milyar dolar olan toplam ürün koruma pazarının %15'ini ve 30 milyar dolarlık tohumluk pazarının ise %13'ünü oluşturmaktadır. 2005 yılında transgenik ürünlerin toplam değerinin 5 milyar dolar olacağı tahmin edilmektedir (James, 2003).

Transgenik tohumların küresel pazar payı 1995'ten sonra giderek artmıştır. Bu tohumların küresel pazar payı 1995 yılında 1 milyon dolar iken, 2000 yılında 3.0 milyar dolara, 2001 yılında ise 3.7 milyar dolara ulaşmış olup, 2002 yılının ilk 6 ayında 4 milyar doları geçmiştir (Anonim 2003b).

4.2. Yasal Düzenlemeler

Dünyada genel anlamda çevre konusunun gündeme gelişi 1972 yılında yapılan Stockholm Konferansı ile başlamış, 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen "Dünya Zirvesi"nde yayınlanan "Rio Deklerasyonu" ile önemli gelişmeler sağlanmıştır. Dünyada biyoteknolojik çeşitlerin üretilmesi ve kullanılmasına ilişkin gelişmeler de uluslararası düzeyde izlenmekte, hedefler ülke ekonomisine katkısı dikkate alınarak belirlenmekte ve uluslararası işbirliği olanakları araştırılmaktadır. Son yıllarda biyoteknolojik politikaların belirlenmesinde uluslararası işbirliğinin sağlanmasında gelişmiş ülkelerde önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Biyoteknoloji ile ilgili çalışmaların ABD, OECD Ülkeleri, Avrupa Birliği (AB) Ülkeleri, Japonya, Brezilya ve Avustralya-Yeni Zelanda'da yapılan çalışmalar olarak incelenmesi mümkündür.

Çizelge 5. Aktarılan Özelliklere Göre Transgenik Bitki Ekim Alanları (milyon ha)

Transgenik Bitki ve Özelliği	1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%	Alan	%
Soya - Herbisit toleransı	0.5	18	5.1	40	14.5	52	21.6	54	25.8	59	33.3	63	36.5	62	41.4	61
Mısır – Zararlı dayanıklılığı	0.3	10	3	24	6.7	24	7.5	19	6.8	15	5.9	11	7.7	13	9.1	13
Kanola - Herbisit toleransı	0.1	4	1.2	10	2.4	9	3.5	9	2.8	6	2.7	5	3.0	5	3.6	5
Mısır - Herbisit toleransı	-	-	0.2	2	1.7	6	1.5	4	2.1	5	2.1	4	2.5	4	3.2	5
Pamuk - Herbisit toleransı	<0.1	<1	0.4	3	-	-	1.6	4	2.1	5	2.5	5	2.2	4	1.5	2
Pamuk -Zararlı dayanıklılığı ve Herbisit toleransı	-	-	<0.1	<1	2.5	9	0.8	2	1.7	4	2.4	5	2.2	4	2.6	4
Pamuk – Zararlı dayanıklılığı	0.8	27	1.1	8	-	-	1.3	3	1.5	3	1.9	4	2.4	4	3.1	5
Mısır -Zararlı dayanıklılığı ve Herbisit toleransı	-	-	-	-	-	-	2.1	5	1.4	3	1.8	3	2.2	4	3.2	5
Tütün - Virüs dayanıklılığı	1.0	35	1.6	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Virüse dayanıklı domates	0.1	4	0.2	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Patates – Zararlı dayanıklılığı	<0.1	<1	<0.1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Domates – Geç olgunlaşma	<0.1	<1	<0.1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM	2.8	100	12.8	100	27.8	100	39.9	100	44.2	100	52.6	100	58.7	100	67.7	100

James, (1997 - 2003)

Buna göre, ABD’nde biyoteknoloji çalışmalarına ilk izin, çalışanların ve çevrenin güvenliğini vurgulayan kuralların belirlenmesiyle Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) tarafından 1976 yılında verilmiştir. Bu enstitü tarafından yayınlanan kurallar, birçok ülkenin kurallarının belirlenmesine öncülük etmiştir. ABD’nde daha sonra biyoteknolojik ürünlerin düzenlenmesi çalışmaları birkaç kuruluş arasında paylaşılmıştır. Bunlar, Gıda ve İlaç Kuruluşu (FDA), Tarım Bakanlığı (USDA) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA)’dır. Bu kuruluşların kendi aralarındaki koordinasyonun sağlanması için ise Bilim ve Teknoloji Politikaları Başkanlığı (OSTP) tarafından, Biyoteknoloji Bilim Koordinasyon Komitesi (BSCC) adı altında bir kurum oluşturulmuştur. Bu kuruluşlar, 1986 yılında biyoteknolojik çalışmaları düzenleyici çerçeve yönetmeliğini yayınlamışlardır. Halen, ABD’nde başta Gıda ve İlaç Kuruluşu olmak üzere bu kuruluşların yönetimi altında, biyoteknolojik çalışmalar sürdürülmekte ve biyoteknolojik ürünler kullanılmaktadır. ABD’nde federal yönetimin dışında, yerel yönetimler de biyoteknolojinin sağlığa ve çevreye olan etkilerine ilişkin düzenlemelerde önemli rol oynamaktadır. Bunlar biyoteknolojik ürünlerin oluşturduğu çevresel sorunları kendi yerel yasalarına göre çözümlenmektedir. Özellikle, transgenik bitkilerin tarla üretimlerinin yapılmasına ilişkin farklı yasaların çıkarıldığı eyaletler bulunmaktadır (Chen and McDermott, 1998).

OECD ülkeleri ilk kez 1983 yılında genetik olarak değiştirilmiş organizmaların endüstriyel, tarımsal ve çevresel alanlarda kullanımları ile ilgili olarak güvenlik konusunun araştırılması için bir komite oluşturmuştur. Komitenin 1986 yılında yayınladığı rapor, ABD’de 1976 yılında Ulusal Sağlık Enstitüsü tarafından yayınlanan biyogüvenlik ile ilgili kurallara büyük benzerlik göstermektedir. OECD’nin raporunda biyoteknolojinin tarımsal ve çevresel uygulamalarına da geniş yer verilmiştir. Bu rapor, Japonya ile Avrupa Birliği Ülkeleri’nin belirlediği biyoteknolojik ürünlerin kullanımı ile ilgili düzenlemelere temel oluşturmuştur (Chen and McDermott, 1998).

AB ülkeleri’nde çevresel sorunlardan halkın haberdar olma düzeyi medyanın da katkıları ile oldukça yüksek düzeydedir. Yerel, bölgesel ve ulusal çevre sorunlarına son derece duyarlı yaklaşmaktadır (Kramer, 1993). AB ülkeleri biyoteknolojik düzenlemelerle ilgili olarak 90/219 ve 90/220 numaraları altında iki önemli yönetmelik çıkarmıştır. Bu yönetmeliklerde de OECD’nin düzenlemeleri temel alınmıştır. Bunlardan birincisi, transgenik organizmaların araştırmalarını ve ticaretini; ikincisi ise, doğal çevrede kullanımlarını düzenlemektedir. Her iki yönetmeliğin de temelini biyogüvenlik oluşturmaktadır. Üye ülkeler kendi ulusal düzenlemelerinin AB’nin ortak kararlarında da yer almasını istemektedirler. Ancak, bu düzenlemelerde tam bir uyum sağlanamamıştır. Kararların uygulanması ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, transgenik çeşitlerin tarla denemelerini düzenleyen 90/220 sayılı yönetmelik, Fransa, Belçika ve İngiltere tarafından uygulamaya açık olmakla birlikte, aynı yönetmelik Almanya tarafından daha duyarlı ve kısıtlayıcı bir biçimde uygulanmaktadır. AB’nin biyogüvenlik ile ilgili düzenlemelere yaklaşımı ABD’den önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Birincisi, AB yürürlükteki yasaların kullanılması yerine, yeni yasaların çıkarılmasını desteklemektedir. İkinci olarak ise, AB düzenlemelerinde daha çok, transgenik organizmaların üretim yöntemlerini temel alınır. AB 49/2000 kodlu düzenlemesi ile genomunda %1 ve daha fazla değişiklik içeren ürünlerin etiketlenmesi zorunluluğunu getirmiştir (Acar, 2000; Anonim, 2003b).

AB ülkeleri gen teknolojisi ile ilgili düzenlemelerle insan sağlığını ve biyolojik çeşitliliği de kapsayan çevrenin yüksek düzeyde korunmasını garantilemeyi amaçlamaktadır.

Yürürlükteki düzenlemeler, 2002 yılı Ekim ayında 90/220/EEC yönetmeliğinin yerini alan 2001/18/EC yönetmeliğinin değiştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir.

Genetiği değiştirilmiş organizmaların sınır ötesi hareketlerini düzenleyen 29 Ocak 2000'de Montreal'de kabul edilen Cartagena Protokolü ise; transgenik ürünlerin ticaretinde bildirim zorunluluğu, yönetmeliğin ihlal edilmesi halinde uygulanacak cezalar, transgenik ürünlerin gıda, yem ya da işleme amaçlı olarak ayrılması, ihracatçıların ilgili ülkeye önceden haber vermesi, ihraç ürününün açıkça tanımlanması, insan ve çevre sağlığı açısından risk oluşturması söz konusu olduğunda halka bilgi verilmesi gibi konuları düzenleme altına almaktadır.

AB ülkelerinden Fransa'nın biyogüvenlik konusundaki düzenleyici kuralları basit olup, yasaları temel alan sınırlı sayıda düzenlemeler bulunmaktadır. Transgenik çeşitlerin tarla denemelerine ilişkin özel düzenlemeleri yoktur. Bununla birlikte, son yıllarda Fransa'da biyoteknoloji ile ilgili düzenlemelere önem verildiği görülmektedir. (Hodgson, 1997). Almanya ise, halkın bu konudaki duyarlılığı ve baskısı nedeni ile 1990 yılında biyoteknolojik çalışmaları ve biyoteknolojik ürünlerin kullanımını çok sıkı denetim altına alan kurallar getirmiştir. Geniş kapsamlı olarak çıkarılan "Genetik Teknoloji Yasası" genetik olarak değiştirilmiş her türlü canlıyı kapsamaktadır. Yasa ayrıca, transgenik organizmaların çevreye salıverilmesini, ticaretini ve pazarlanmasını da içermektedir. Alman yasaları eyalet yönetimlerinde yürütülmekte olup, Sağlık Bakanlığı ise sadece transgenik organizmaların çevreye salıverilmesi ve bu ürünlerin pazarlanması ile ilgili çalışmaları kontrol altında tutar (MacKenzie 1990a ve 1990b). İngiltere'de biyoteknolojik ürünler ile ilgili düzenlemelerin önemli bir kısmı, yürürlükteki yasalara özel eklerin yapılması ile sağlanmaktadır. Örneğin, genetik çalışmalarla ilgili olarak 1978 yılında yürürlüğe giren düzenlemeler, temel "Çalışma Güvenliği ve Sağlığı" yasasına bağlı olarak geliştirilmiştir. Başlangıçta, transgenik organizmaların çevreye salıverilmesi ve pazarlanması 1990 yılında çıkarılan "Çevre Koruma Yasası" ile kontrol altında tutulmuş, daha sonra 1992 ve 1995 yıllarında yapılan yeni düzenlemelerle bunların kullanımından kaynaklanabilecek çevresel risk değerlendirmeleri ön plana çıkarılmıştır (Chen and McDermott, 1998).

Japonya'nın da biyoteknoloji araştırmalarına yönelik ilk düzenlemeleri tamamen Amerikan Ulusal Sağlık Enstitüsü tarafından belirlenen düzenlemelerden alınmış; Eğitim, Bilim ve Sanat Bakanlığı tarafından 1979 yılında yürürlüğe konulmuştur. 1986 yılında, Uluslararası Ticaret ve Endüstri Bakanlığı tarafından biyoteknolojinin endüstride uygulanmasına ilişkin kurallar yürürlüğe girmiştir. Japonya'nın bu düzenlemesi de OECD'nin düzenlemelerini kapsamaktadır. Başta transgenik bitkiler olmak üzere genetik olarak değiştirilmiş organizmaların doğada kullanılmasına ilişkin kuralların belirtildiği ilk düzenleme ise 1989 yılında Tarım, Orman ve Balıkçılık Bakanlığı tarafından yapılmıştır.

Brezilya 95/8974 sayılı Biyogüvenlik Yasası'nı çıkararak transgenik organizmaların potansiyel olumsuz etkilerini gidermeyi amaçlamıştır. Bu yasaya göre, Brezilya'da alan denemeleri, üretim, pazarlama ve ithalat hükümetin onayına bağlıdır. Avustralya ve Yeni Zelanda ise 1999 yılında ortaklaşa çıkardıkları Standart A18 adlı bir düzenleme ile transgenik çeşitlerin alan denemelerini, üretimlerini, çevreye salıverilmelerini, ticaretlerini ve etiketlenmelerini kurallara bağlamışlardır. Artan tüketici kaygıları nedeni ile, iki ülke bir protokol hazırlayarak transgenik ürünlerin zorunlu olarak etiketlenmesi konusunda anlaşmışlardır.

Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, pek çok ülkede çevrenin korunmasına klasik ve biyoteknolojik olmak üzere iki farklı düzeyde yaklaşılmakta ve özellikle geri dönüşü olmayan zararlar verme olasılığı çok yüksek olan biyoteknolojik ürün kullanımına ciddi yasal düzenlemelerle sınırlamalar getirilmektedir. Biyoteknoloji ile ilgili yasalar AB ülkelerinde olduğu gibi ya özel olarak çıkarılmakta ya da ABD, Fransa ve Japonya'da olduğu gibi yürürlükteki yasalara ek şeklinde geliştirilmektedir.

4.3. Dünyadaki Geleceği

Dünyada biyoteknolojideki gelişmelere paralel olarak tarım alanındaki yatırımlarda da önemli değişiklikler oluşmuştur. 1980'li yıllarda toplam 900 milyon USD'lık küresel biyoteknoloji araştırma yatırımının (Persley, 1990), 1990'lı yıllarda 2.75 milyar USD'na yükseldiği ve bunun 2 milyar USD'nın tek başına A.B.D.'ne ait olduğu görülmektedir (James, 1997). Bu konuda özel sektör yatırımlarına ise, 2000 yılından itibaren önem verilmeye başlanmış, özellikle ABD'de büyük gelişmeler olmuştur. Bu dönemde, Avustralya ile AB üyesi olan İngiltere, Almanya ve Fransa'da da özel sektör yatırımlarında bir artış görülmüştür (Kalaitzandonakes, 2000). Son yıllarda Almanya'nın hedefi hükümet-endüstri işbirliğini sağlayarak biyoteknolojideki rekabetçi pozisyonunu yeniden kazanmaktır (Einsiedel, 1998). Üretim giderlerinin düşürülmesinde ve üretimin artırılmasında önemli bir fırsat olarak düşünülen transgenik ürünler için yapılan araştırma ve geliştirme yatırımları, dünya kamuoyunda gerçekleşen tartışmalar nedeniyle son yıllarda yavaşlama sürecine girmiştir. Buna karşın, gelişmiş ülkelerin yatırımları toplam küresel yatırımların %95'inden daha fazladır. Gelişmekte olan ülkelerdeki 180 milyon dolarlık yatırımın tamamı özel sektör tarafından gerçekleştirilmiştir.

Gelişmekte olan ülkeler arasında ise, 1980'lerin ortasında ürün biyoteknolojisi üzerine ilk yatırımlarını yapan ülke Çin'dir. Çin'de 1999'da ürün biyoteknolojisi için yıllık araştırma bütçesi 112 milyon dolar olup, 2005'te bu bütçede %400'lük artış hedeflenmiştir. Çin'in bu konudaki yatırımları, gelişmekte olan ülkelerin 180 milyon dolar olarak tahmin edilen araştırma bütçelerinin yarısından fazlasına eşittir (Huang vd., 2002). Çin ve Hindistan gibi ülkelerde yapılan teşvik, transgenik ürünlerin sadece bu ülkelerin kendi besin gereksinimlerini karşılamak amacıyla değil, aynı zamanda gelişmekte olan diğer ülkelerin transgenik ürünleri için yeni bir pazar sağlanmasına yöneliktir.

Biyoteknoloji çalışmaları için son birkaç yıl içinde özel ve kamu sektörlerinde yatırım yapan diğer ülkelerin başında 25 milyon USD ile Hindistan, 16.5 milyon USD ile Pakistan ve 15 milyon USD ile Brezilya dikkati çekmektedir. Özellikle Pakistan'ın önümüzdeki yıllarda küresel biyoteknoloji pazarında önemli bir konuma gelmesi beklenmektedir. Gelişmekte olan diğer ülkelere Malezya, Tayland, Endonezya, Filipinler, Vietnam, Meksika, Küba, Arjantin ve Şili'de de tarımsal biyoteknoloji yatırımları yapılmaktadır. Afrika'da ise temel yatırımlar Mısır, Zimbabve, Kenya ve Nijerya ile sınırlıdır.

Çalışmaların bu hızla ilerlemesi durumunda, transgenik çeşitler için yapılan yatırımların 2005 yılında 5 milyar dolara, 2010 yılında ise 10-15 milyar dolara çıkması beklenmektedir (James, 1997 - 2003).

Genetik özellikleri açısından transgenik bitkilerle ilgili olarak küresel düzeyde belirlenen hedefler ise aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Yabancı ot ilaçlarına dayanıklı şekerpancarı, buğday, yonca, şeker kamışı, sebze, meyve ve orman ağaç türleri.
- Zararlılara dayanıklı transgenik domates, şeker kamışı, soya fasulyesi, kolza, patlıcan, kavak çeşitleri.
- Hastalıklara dayanıklı patates, mısır, sebze ve meyve türleri.
- Kurağa ve soğuğa dayanıklı, havanın azotundan yararlanabilen tür ve çeşitler.
- Diğer dayanıklılık özelliklerinin eldeki transgenik çeşitlere aktarılarak birden fazla dayanıklılığın elde edilmesi.
- Yem ve gıda kalitesi yükseltilerek lisini artırılmış mısır çeşitleri.
- Protein ve yağ oranları değiştirilmiş soya çeşitleri.
- Doymuş yağ asit oranının azaltılmış, doymamış yağ oranları artırılmış soya ve kolza çeşitleri.
- Beta karoten oranı artırılmış kolza.
- Likopeni artırılmış domates, aminoasiti artırılmış tahıl, demiri ve vitamini artırılmış çeltik, şeker oranı artırılmış mısır.
- Düşük kalorili şeker oranına sahip pancar;
- Renkli ve farklı kalitede life sahip (uzun elyaf vb.) pamuk.
- Kuru madde oranı yüksek domates ve patates.
- Raf ömrünün uzatıldığı meyve-sebze (kavun, çilek vb.).
- Gluteni yükseltilmiş buğday.
- Kafeini doğal olarak azaltılmış kahve.
- İshal aşısı içeren muz, protein içeren patates, kuduz aşısı içeren mısır ve monoklonal antikör üreten mısır.
- Soğuğa dayanıklı şeker kamışı.

5. TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

5.1. Ekonomik Önemi

Türkiye'de modern biyoteknoloji ve bu kapsamda yer alan bitkisel biyoteknoloji çalışmaları başlangıç aşamasında olup, yasal olarak transgenik bitkilerin ticari olarak üretilmeleri söz konusu değildir. Birçok kurumda temel biyoteknoloji çalışmaları yapılmakla birlikte, agronomik öneme sahip izole edilmiş uygun genler bulunmadığından transgenik çeşit geliştirme aşamasına gelinebilmemiştir. Bu nedenle, Türkiye'nin durumu transgenik bitki geliştiren değil, geliştirilmiş transgenik çeşitleri satın alıp kullanma potansiyeli olan ülke olarak ele alınmalıdır. Ülkemizde transgenik çeşitlerin ekimi, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı kontrolünde "Alan Denemeleri Yönetmeliği" kapsamında patates, mısır ve pamuk için Tarımsal Araştırma Enstitüleri'nde yapılmaktadır. Bu denemelerin amacı, çeşit özelliklerinin gözlenmesi, flora ve faunaya olan etkilerinin belirlenmesi olarak açıklanmakla birlikte, bu çalışmaların ne kadar bilimsel ve geçerli oldukları tartışma konusudur. Çevreye zarar vermemesi açısından, alan denemelerinin, çiçektozu izolasyon koşullarına uyularak yapılması zorunludur. İzolasyon koşullarında yapılan denemelerde ise çevreye olan etkinin belirlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle, alan denemelerinden bilimsel ya da uygulamaya yönelik önemi olan sağlıklı verilerin alınması beklenmemelidir.

Transgenik çeşitlerin ticaretinde alıcı ülke konumunda olan Türkiye, bu çeşitleri yetiştirmeye başlaması durumunda ekonomisini olumsuz etkileyecek durumlarla karşılaşabilecektir. Örneğin, en büyük dışsatım pazarımız olan AB ülkeleri transgenik

ürünler konusunda son derece duyarlı düzenlemelere sahip olduklarından, transgenik çeşitleri üretmemiz halinde, bulaşma riski nedeniyle, klasik çeşitlere ilişkin ürünlerin alımında da büyük zorluklar çıkarabilecektir. Özellikle son yıllarda önem kazanmaya başlayan organik tarım ürünlerinin dışsatımında da olumsuz gelişmeler söz konusu olabilecektir.

Türkiye’de tüm ürünlerin dışalımını, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı’ndan kontrol belgesi alınması koşuluyla serbesttir (Yanaz, 2000). Türkiye ABD ve Arjantin’den gıda ve yem amaçlı kullanılmak üzere önemli miktarda mısır ve soya fasulyesi dışalımını yapmaktadır. 2003-2004 sezonunda sadece ABD’den alınan mısır bir milyon tonu geçmiştir. Soya dışalımını ise 800.000 tona yakındır. 2003 yılı rakamlarına göre dışalım değerleri mısırdaki 277 milyon USD, soyanın ise 227 milyon USD olarak belirlenmiştir. Türkiye’de bu iki bitkiye ilişkin alım değerlerinin son yıllarda önemli düzeyde arttığı görülmektedir (Çizelge 6). Öte yandan, dış ticaret verilerinde, başta mısır ve soya olmak üzere, transgenik ürünlerin dış alımına ilişkin herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Ancak, bu ürünlerin alındığı ülkelerde transgenik bitki üretiminin çok yaygın olması, dışalımını yapılan bu ürünlerin de transgenik olabileceğini akla getirmektedir. Ülkemizde transgenik ürün analizi yapabilecek laboratuvarların bulunmaması ve dışalımının tamamen satan ülkenin bildirimine göre yapılması, dışalımını yapılan özellikle mısır ve soya başta olmak üzere bazı ürünler hakkında kuşkulu bir ortam oluşturmaktadır.

Konu tohumluk açısından ele alındığında ise, risklerin daha da arttığı görülmektedir. Türkiye’de tohumluk dışalımını 1984 yılından itibaren serbest bırakılmıştır. Günümüzde Türkiye’de tohumculuk özel sektöre dayalı bir konumda olup, uluslararası düzeyde önemli yatırımlar yapılmıştır. Bu gelişmeler, tarımsal üretimde kaliteli tohumluk kullanılması ile verimde artış sağlamış ancak, günümüzde transgenik bitkilerin üretimi ile tohumluk konusunda önemli sorunları da beraberinde getirmiştir. Türkiye’de mısır, pamuk ve ayçiçeğinde önemli bir açık söz konusudur. Bitkisel yağ açığının yarısı, pamuğun %25’i dışalım ile karşılanmaktadır. Bu nedenle transgenik ürünlerin ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayabileceği düşünülebilir. Ancak, bu teknolojinin insan ve çevre sağlığına olabilecek olumsuz etkileri göz ardı edilerek, önlemler alınmadan yapılacak girişimlerin, uzun dönemde, ülke ekonomisine daha büyük zararlar verebileceği unutulmamalıdır.

5.2. Yasal Düzenlemeler

Türkiye’de, transgenik bitkilerin yetiştirilmeye başlanması durumunda olumsuz olarak etkilenmesi beklenen bitkisel gen kaynaklarının doğal olarak korunması, koruma alanları biçiminde yapılmaktadır. “Sit Alanları”, “Milli Parklar” ve “Özel Koruma Bölgeleri” olarak üç ana gruba ayrılan bu bölgelerden sit alanları “Tabiat ve Kültür Varlıklarını Koruma Kurulu” tarafından belirlenen alanlardır. Söz konusu alanlar planlama, düzenleme ve yönlendirme yapılamayan, üçüncü şahısların görüş ve itirazlarına açık olmayan koruma alanlarıdır. Sadece koruma kurulları tarafından karar alınması ve bakanlar kurulu kararına gerek olmaması zamanla değişiklikler yapılmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle koruma etkinliğinin tam olduğu söylenemez. Bakanlar kurulunun olumlu görüşünün alınması ile “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” ile “Çevre Kanunu”ndaki genel ilkelerden hareketle su havzalarının ve sulak alanların korunmasını hedefleyen “Milli Parklar” ise önemli koruma alanlarıdır. Türkiye’nin de imzaladığı “Bern Sözleşmesi” (Anonim, 1985), “Biyolojik Çeşitlilik

Çizelge 6. Türkiye'nin Mısır ve Soya Dışalımı (1000 USD)

	Ülkeler	1996		1997		1998		1999	
		Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer
Mısır	A.B.D.	594 571	115 773	552 747	85 673	394 454	54 530	640 296	73 791
	Arjantin	134 360	27 827	202 338	29 105	56 481	7 400	30 076	4 066
	Diğer		32 089		15 615		35 584		20320
	TOPLAM		175 689		130 393		97 514		98 177
	Ülkeler	2000		2001		2002		2003	
		Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer
	A.B.D.	954 670	107 510	460 959	55 146	697 430	76 225	1 113 684	175 832
	Arjantin	23 204	4 102	2 100	742	39 524	6 490	356 754	53 671
	Diğer		35 275		9 747		51 039		46 679
	TOPLAM		146 887		65 635		133 754		276 182
Soya	Ülkeler	1996		1997		1998		1999	
		Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer
	A.B.D.	113 608	35 358	172 483	55 506	158 892	44 494	258 254	54 622
	Arjantin	5 869	1 894	---	---	11 300	2 849	38 034	7 412
	Diğer		9 014		25 261		31 123		12 431
	TOPLAM		46 266		80 767		78 466		74 465
	Ülkeler	2000		2001		2002		2003	
		Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer	Miktar (ton)	Değer
	A.B.D.	301 327	64 569	301 353	63 193	541 248	124 918	399 328	110 765
	Arjantin	17 990	3 976	---	---	71 230	14 686	336 991	88 847
Diğer		14 392		4 194				26 913	
TOPLAM		82 937		67 387		139 604		226 525	

(Anonim, 2004b)

Sözleşmesi (Anonim, 1996) ve “Barselona Sözleşmesi” kapsamında tamamen bakanlar kurulu yetkisiyle belirlenen “Özel Çevre Koruma Bölgeleri” ise, biyolojik çeşitliliğin en iyi korunduğu alanlardır. Türkiye’de 2004 yılı verilerine göre, 33 milli park, 17 tabiat parkı, 35 tabiatı koruma alanı, 58 tabiat anıtı ve 13 özel çevre koruma alanı ile yapılmaktadır (Anonim, 2004c).

Türkiye’nin taraf olduğu “Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi”nin 8. maddesinin (g) bendi uyarınca; ülkelerin biyoteknoloji ürünü organizmaların, insan sağlığına olabilecek etkilerini de dikkate alarak, kullanımı ve doğaya bırakılmalarından doğacak risklerin kontrolü, yönetilmesi ve düzenlenmesi için bir sistem kurma ve sürdürme yükümlülükleri vardır. Transgenik ürünlerin insan, bitki ve hayvan sağlığı ile biyolojik çeşitlilik açısından riskli olması ve konunun uluslararası ticaret kuralları ile disiplin altına alınma gerekliliği, Türkiye’nin de acilen ulusal düzenleme çalışmalarını tamamlamasını gündeme getirmektedir.

Özel Çevre Kurumu tarafından, bu alanlar için sosyo-ekonomik gelişme ve değişmelere yanıt verecek ekonomik planlama ve çevre değerlerini koruyan planlar hazırlanmakta ve uygulamaya konulmaktadır. Ancak, bu koruma alanları genel olarak değerlendirildiğinde, koruma kararlarında ortak bir anlayışın olmadığı, ekolojik denge açısından etkili çevre düzeni planlamalarının yapılamadığı, arazi kullanma kararlarının uygulanmadığı durumlarda sorumluların net olarak belirlenemediği görülmektedir.

Türkiye’de biyoteknolojik anlamda ilk düzenleme ise, genetik olarak değiştirilmiş organizmaların uygulamaya aktarılan önemli bir grubunu oluşturan transgenik çeşitler ile ilgili olarak “Transgenik Kültür Bitkilerinin Alan Denemeleri Hakkında Talimat” adı

altında 1998 yılında Tarım ve Köyşleri Bakanlığı tarafından çıkarılmıştır. Bu konudaki düzenleme çalışmaları transgenik organizmaların üretilmesi ve pazara sürülmesi konularını da kapsamaktadır. Geniş çaplı bir çalışmanın başlangıcı olarak ise, 2001-2005 dönemini kapsayan 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nın hazırlanmasında, biyogüvenlik ile ilgili düzenlemelerin ele alınacağı "Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik" alt komisyonunun oluşturulması gösterilebilir. Biyoteknoloji açısından bu planın temel amacını, AB topluluğunun dikkate aldığı ölçütlerin benimsenmesine yönelik önlemlerin alınmasına hız verilmesi oluşturmaktadır. Planda genel tarım politikaları kapsamında transgenik bitkilere ilişkin düzenlemelerin yapılacağı vurgulanmıştır (Anonim, 2000).

AB'nin transgenik bitkiler konusunda yaptığı düzenlemelerle Türkiye'nin durumu karşılaştırıldığında; "Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların Çevreye Kasten Salınması" konusunu düzenleyen 2001/18/EC sayılı yönergesindeki esasları benimseyen "Genetik Olarak Değiştirilmiş Organizma İçeren Ürünlerin İthalatı ve Pazara Sürülmesine İlişkin Yönetmelik" hazırlanmaktadır. Bunun yanında, Türkiye'nin transgenik bitkilerle ilgili olarak, AB düzenlemelerine uyum çerçevesinde "Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların Tesçili ve Tohumluk Sertifikasyon Yönetmeliği" ile "Genetiği Değiştirilmiş Bitki ve Tohumlukların Üretimi, İthalatı ve Ürünlerin Pazara Sunulması Hakkında Yönetmelik" üzerinde çalışmalar Tarım ve Köyşleri Bakanlığı'nın koordinatörlüğünde sürdürülmektedir.

Transgenik organizmaların sınırötesi hareketlerini düzenleyen "Cartagena Protokolü"nü imzalayan Türkiye, biyolojik çeşitliliğin korunması, biyolojik kaynakların sürdürülebilir nitelikte kullanılması, bu konuda bilinç düzeyinin yükseltilmesi, yasal düzenlemelerin yapılması ve teşvik siteminin getirilmesi gibi konularda sorumluluk almıştır. Protokol temel olarak transgenik organizmaların olumsuz etkilerinden çevreyi korumayı amaçladığından özellikle transgenik tohumlukların ticaretinde önemli etkisinin olması beklenmektedir. Türkiye tarafından 24 Mayıs 2000'de imzalanan protokol ancak 17 Haziran 2003 tarihinde TBMM tarafından onaylanmıştır. Türkiye tarafından imzalan diğer bir sözleşme ise, "Akdeniz'de Özel Koruma Alanları ve Biyoçeşitliliğe İlişkin Protokol"dür. "Barselona Sözleşmesi" olarak da anılan bu sözleşme ile deniz ortamının, kıyı bölgelerin ve bu bölgelerdeki biyolojik çeşitliliğin korunması hedeflenmiştir. Biyoteknolojik düzenlemelerin gelişmiş ülkelerde ele alındığı tarihler karşılaştırıldığında, Türkiye'nin bu konuda ne kadar gecikmiş olduğu açıkça görülmektedir.

5.3. Türkiye'deki Geleceği

Türkiye'nin ileriye dönük olarak stratejilerinin belirlendiği ulusal kalkınma planlarından sonuncusu olan, "Sekizinci 5 Yıllık Kalkınma Planı kapsamında yer alan Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Özel İhtisas Komisyonu Raporu"nda belirtildiği gibi, ülkemizin biyoteknoloji ve biyogüvenlik konularında gerçekçi çözüm olarak, moleküler biyolojide araştırma gücünü artırmak, modern biyoteknolojide AR-GE çalışmalarını desteklemek; biyogüvenlik uzmanlığını geliştirmek için ulusal bir atılım projesini hayata geçirmek hedeflenmiştir (Anonim, 2000). Bu raporda üzerinde durulan önemli noktaları; moleküler biyoloji ve modern biyoteknoloji ile ilgili tüm devlet destekleri, diğer kamu kaynakları ve özel sektör katkılarının bir proje altında toplanması; bu proje objektif olarak seçilmiş bilim adamları ve özel sektör uzmanlarından oluşan iki kurul tarafından ortak yürütülmesi; Ulusal Biyogüvenlik ile Ulusal Moleküler Biyoloji

ve Biyoteknoloji kurullarının oluşturulması; bu kurullar tarafından belirlenen hedefler doğrultusunda güdümlü proje ve programların oluşturulması; diplomalararası çalışma ve değerlendirmelere yer verilmesi gibi konular oluşturmaktadır. Yine bu komisyonun raporuna göre biyoteknoloji araştırmalarının sonuçlarının 10 yıl içerisinde alınmasının mümkün olabileceği belirtilmektedir.

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından hazırlanan Biyoteknoloji ve Gen Teknolojileri kapsamında, Türkiye'nin "Tarımda Stratejik Hedefleri"nin belirlendiği "2003 – 2023 Strateji Belgesi"nde ise 5 ana konu hedeflenmiştir (Anonim, 2004d). Buna göre, "Bitki stres toleransı ve işlevsel gıda üretimi" konusunu içeren birinci hedefe, 2008 yılına kadar, genotiplerin karakterler açısından taranması, fizyolojik olarak tanımlanması ve aday genotiplerin belirlenmesi, hedef karakterlere ait EST'lerin çıkartılması; 2010 yılına kadar, hedef genlerin klonlanması ve transformasyon vektörlerinin oluşturulması, seçilmiş bitkilerde DNA kütüphanelerinin tamamlanması ve DNA çiplerinin üretimi; 2012 yılına kadar, hedef karakterlere bağlı moleküler markörlerin saptanması, hedef bitkiler için transformasyon ve rejenerasyon protokollerinin tamamlanması; 2016 yılına kadar , hedef genlerin işlevsel analizlerinin tamamlanması; 2017 yılına kadar, markörlere dayalı ıslah çalışmalarının tamamlanması ve ilk aday genotiplerin açık alan testlerinin yapılması; 2018 yılına kadar ise, hedef transgenik bitkilerin eldesi ve alan denemelerinin tamamlanmasıyla strese dayanıklı ve niteliksel özellikleri iyileştirilmiş genotiplerin geniş çaplı üretiminin yapılması ve tüketime sunulması ara hedefleri ile ulaşılmıştır.

"Hastalıkların tanısı ve biyolojik mücadele" konusunu kapsayan ikinci hedefe, 2007 yılına kadar, hastalık ve zararlı etmenleri tanımlayıcı moleküllerin (antikorlar gibi) geliştirilmesi; 2008 yılına kadar, hastalık ve zararlı etmenlerinin ırklarının saptanması, koleksiyonların oluşturulması ve önemli hastalık etmenlerine karşı ELISA ve PCR tabanlı tanı kitlerinin geliştirilmesi; 2010 yılına kadar, biyolojik mücadele ajanlarının tanısında moleküler markörlerin belirlenmesi; 2012 yılına kadar, hastalık etmeni ve konukçu bitki genleri arasındaki etkileşimin belirlenmesi; 2014 yılına kadar ise, mücadeleye yönelik rekombinant peptit / protein ajanlarının üretilmesi ve kullanılması ara hedefleri ile ulaşılmıştır.

"Nitelikli tohum, fide ve fidan materyali üretimi" ile ilgili olan üçüncü hedefe, 2006 yılına kadar, hastalıklardan arındırılmış fide ve fidan elde edilmesi; 2007 yılına kadar, haploid ve diploid hatların elde edilmesi; 2008 yılına kadar, hedef gen ve markörlerin saptanması, ilgili veri tabanlarının oluşturulması; 2010 yılına kadar, melezlenme oranının belirlenmesinde markörlerin kullanımı ve hastalıklardan arındırılmış tohumluk elde edilmesi; 2012 yılına kadar ise, geliştirilmiş bitki materyalinin endüstriyel düzeyde ticari uygulamaları ile geniş çaplı üretimi ara hedefleri ile ulaşılmıştır.

Strateji Belgesi'nde "Bitkisel gen kaynaklarının korunması ve karakterizasyonu"nu içeren dördüncü hedefte ara hedefler olarak, 2008 yılına kadar seçilmiş gen kaynaklarında DNA kütüphanelerinin tamamlanması ve DNA çiplerinin üretimi; 2009 yılına kadar, hedef gen ve karakterlerin tanımlanması ve ilgili veri tabanının oluşturulması; 2010 yılına kadar, hedef karakterlere ait EST'lerin belirlenmesi, gen bankacılığı teknolojisinin geliştirilmesi; 2012 yılına kadar, hedef bitkilerde morfolojik özelliklere özgü veri tabanlarının oluşturulması, gen bankalarının ve kültür

koleksiyonlarının geliştirilmesi; 2014 yılına kadar, hedef bitkilerde genomik ve proteomik veri tabanlarının oluşturulması, hedef genlerin kayıt altına alınması; 2016'ya kadar ise, seçilmiş gen kaynaklarında belirlenmiş hedef genlerin işlevsel analizlerinin tamamlanması konuları gösterilmiştir.

Strateji Belgesi'nde beşinci hedef olarak ise, "Genetiği geliştirilmiş organizmalarda biyogüvenlik sistemlerinin geliştirilmesi" vurgulanmış ve bu hedefe 2006 yılına kadar, transgenik organizmaların tanı ve reaktiflerinin geliştirilmesi; 2009 yılına kadar, transgenik organizma analiz testlerinin geliştirilmesi ve 2013 yılına kadar ise, karşılaştırmalı veri tabanlarının oluşturulması ara hedefleri ile ulaşılması planlanmıştır.

Dünyada bitkisel biyoteknoloji konusunda görülen hızlı gelişmelere, Türkiye'nin aynı hızla kararlı ve tutarlı bir tavır aldığı söylenemez. Ancak, son yıllarda Avrupa Birliği adaylığı ile hareketlenen bilimsel çalışmalar içinde biyoteknolojinin de yer aldığı görülmektedir. "2003 – 2023 Strateji Belgesi"nde belirtilen somut hedeflere bağlı kalınarak kararlı bir tutumla çalışılması halinde 20 yıllık bir dönemde, zengin bitkisel gen kaynakları avantajından da yararlanılarak, Türkiye'nin bitkisel biyoteknoloji konusunda dünya çapında bir güç olma şansı her zaman olacaktır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünyada ticari olarak üretimine 1996 yılında başlanılan transgenik bitkilerin ekim alanı yaklaşık 30 kat artarak günümüzde 70 milyon hektara yaklaşmıştır. Son yıllarda, biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinde gen klonlaması, transformasyon, bitki rejenerasyonu, vektör sistemleri, yeni gen yapılarının oluşturulması ve doğrudan gen aktarma yöntemleri gibi tekniklerde önemli gelişmelerin olması, farklı biyolojik sistemler arasında gen aktarımına olanak sağlamıştır. Özellikle bakteri ve virüs kökenli genlerin aktarılmasıyla ot öldürücülere (herbisit), hastalıklara ve zararlılara dayanıklı yeni çeşitler geliştirilmiştir. Sağlık ve çevre açısından birçok riskin sözü konusu olması nedeniyle, özellikle AB ülkelerinde, kısıtlayıcı düzenlemelerin yürürlüğe konulmasına karşın, başta ABD olmak üzere bazı ülkelerde transgenik mısır, soya, kanola, pamuk ve patates gibi önemli bitkilerin ekimi yaygın olarak yapılmaktadır.

Dünyada bitkisel biyoteknoloji alanında sürdürülen çalışmalardaki gelişmeleri ve bunlara ilişkin ileriye dönük bazı kavramları genel hatlarıyla özetlemek mümkündür. Buna göre;

- Biyoteknoloji alanında yapılan çalışmalar oldukça yoğun olarak devam etmektedir. Yeni teknolojik ürünlerin başarılı bir şekilde kullanılması, genetik materyal özellikleri ve biyolojik sistemlerin fonksiyonları hakkındaki bilgilerin sürekli olarak geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu alandaki araştırmaların önemli bir kısmı özel sektör tarafından yapılmakla birlikte, kamu sektörü tarafından desteklenen araştırmalar da bu konuda çeşitli yenilikler ve yeni temel bilgiler sağlamayı sürdürmektedir. Rekabeti teşvik etmek, genetik materyale, gen modifikasyonu tekniklerine ve yeni çeşitlere kolaylıkla erişimi sağlayabilmek için kamu araştırmaları ve yatırımları önemlidir. Tarımsal biyoteknoloji alanındaki kamu yatırımlarının azalması, gerekli genetik materyal ve tekniklerin fiyatlarının artmasına, bu alanda yapılacak yeniliklerin ve teknolojik gelişmelerin hızının azalmasına yol açabilecektir.

- Günümüzde bitkisel biyoteknoloji, zararlı-kontrol seçenekleri yüksek, daha iyi depolama ve kullanım özelliğine sahip çeşitlerin geliştirilmesi ve gıdaların işlenmesinde önemli olan iyi karakterlerin açığa çıkartılması için kullanılmaktadır. Bu tip yeniliklerin tohumluk, tarımsal kimyasal madde ve gıda işleme şirketleri tarafından geliştirilmesi ve düzenlenmesi sürdürülmektedir. Başka bir deyişle, tarımsal biyoteknoloji, tarımsal alanda ürün farklılığını artırarak, belirli ürün koşulları ve tüketici istekleri ile uyumlu yeni çeşitlerin ortaya çıkartılması için kullanılabilir.
- Modern biyoteknoloji teknikleri, mikrobiyal atık yönetimi teknolojisi aracılığı ile, tarımsal üretimden kaynaklanan olumsuzlukları düzeltmek için de kullanılabilir. Biyoteknolojinin bu şekildeki farklı alanları; yeni şirketlerin kurulması, tüketici şirketlerinin tarımsal üretime girmesi, tarımsal alanda dikey entegrasyon ve şirketler arasında yapılan sözleşmelerin genişlemesi ile bir bütün haline gelebilecektir.
- Biyoteknolojinin etkileri hakkında genelleme yapmak oldukça zordur. Özel ürünler, özel koşullar için geliştirilmektedir. Örneğin kolza yağının tropikal yağların yerine geçmesi gibi bir yenilik, bu ürünün yetiştirildiği bölgelerin, gelişmekte olan ülkelere gelişmiş ülkelere doğru kaymasına neden olabilir. Benzer şekilde, hastalıklara ve tuzluluğa tolerans gibi yenilikler de üreticiler için yeni fırsatlar sağlayabilecektir.
- Özel sektör tarafından yapılan araştırmalar ve yeni teknolojik ürünlerin geliştirilmesi için, açıkça tanımlanmış ve uygulanabilir mülkiyet hakları düzenlemeleri zorunludur. Bununla birlikte, çok fazla patent verilmesi, toplumsal olarak istenen yenilikçi üretim yenilikçi yatırım düzeyini azaltabilir. Çok sayıda patent verilmesi nedeniyle akademik buluşların aşırı derecede sınırlandırılması, yeni katılımcıların rekabet içinde yer almalarını da engelleyebilecektir.
- Biyoteknolojik işlemler ve biyoteknoloji ürünleri, güvenlik ve yararlarının sürdürülebilirliği açısından devamlı izlenmek zorundadır. Bu nedenle, bitkisel biyoteknolojinin büyümesini kısıtlayabilen ve bazı durumlarda istenmeyen sağlık ve güvenlik sonuçlarına neden olabilen sınırlayıcı tescil ve güvenlik yönetmelikleri, araştırma ve üretim kapasitesinin yoğunlaşmasına yol açabilecektir.
- Biyoteknoloji, ülkelerin bazı gereksinimlerinin karşılanması için yararlanılabilecek bir araçtır. Ancak, bu gereksinimlerin sürekli ve güvenli bir biçimde karşılanabilmesi için, ülkelerin kendi biyoteknolojik ürünlerini üretebilmeleri amacıyla araştırma kapasitelerini geliştirmeleri gerekir. Oluşturulan yeni çeşitlerin benimsenmesinin sağlanması amacıyla danışma servislerinin ek yatırımlarla desteklenmesi de bir zorunluluk olarak görülmektedir.
- Gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkelerdeki mülkiyet haklarının uygulanması için aşırı baskıcı olmamalıdır. Patente verilen fazla ücret ve patent hakkının korunması için yapılan aşırı baskılar, serbest ticaretin teşvik edilmesi gibi diğer hedeflerle uyuşmayabilir.
- Transgenik bitki elde edilmesinde ileriye dönük olarak yararlanılabilecek en önemli gen kaynakları olan biyoçeşitliliğin ve doğal alanların korunabilmesi için gerekli önlemlerin alınması ve uygulanması son derece önemlidir.

Günümüzde, küresel anlamda, modern biyoteknoloji çalışmaları birçok alanda başarıyla kullanılmakla birlikte, en yaygın kullanımın bitkisel biyoteknolojide olduğu görülmektedir. Biyoteknoloji ile ilgili ekonomik göstergeler, bu bilim dalından

yararlanma olanaklarının önümüzdeki dönemlerde daha da artacağını göstermektedir. Türkiye açısından ise, bitkisel biyoteknoloji çok yönlü olarak ele alınması gereken kapsamlı bir alan olması nedeniyle, her türlü yasal düzenlemelerin tek elden yapılmasını sağlayacak şekilde organize olunmalı ve ülkenin coğrafi yapısı ile bitkisel gen kaynaklarının durumu gibi özel koşulları da dikkate alınarak Avrupa Birliği'nin bu konudaki kurallarının benimsenmesine ve uluslararası sözleşmelerden kaynaklanan yükümlülüklerin yerine getirilmesine özen gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

- Acar, A., 2000. Modern Biyoteknolojide Dünya Ticareti II. Küreselleşme sürecinde Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Sempozyum Bildirileri, 23-24 Ekim 2000, Ankara, s., 21-25.
- Anonim, 1985. Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarını Koruma Sözleşmesi Metni (Bern Sözleşmesi), T.C. Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Milli Parklar Daire Başkanlığı Basım, Foto, Film Değerlendirme Müdürlüğü, Ankara, 534 s.
- Anonim, 1996. Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, İnternet Verileri.
- Anonim 2000. DPT, VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Özel İhtisas Komisyonu Raporu: Ulusal Moleküler Biyoloji, Modern Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Atılım Projesi Önerisi, Ankara.
- Anonim, 2002. National Geographic Türkiye, Ed. W. L. Allen. Doğu Grubu Yayıncılık A.Ş., İstanbul, s.101.
- Anonim, 2003a. FAO, www.fao.org
- Anonim, 2003b. Avrupa Birliği ve Türk Mevzuatında Organik Tarım ve Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar. Türkiye Çevre Vakfı Yay., Önder Matbaası, Ankara, s. 264.
- Anonim, 2004a. Global Uptake of Gm Crops in 2003. Biotech Bulletin 5, Australia.
- Anonim, 2004b. T.C. Dış Ticaret Müsteşarlığı, İnternet verileri.
- Anonim, 2004c. T.C. Çevre Bakanlığı, İnternet verileri.
- Anonim, 2004d. Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Ankara, s. 134.
- Batalion, N. 2000. 50 Harmful Effects of Genetically Modified Foods. Americans for Safe Food, Oneonta, NY.
- Benbrook, C., 2001. "Do GM crops mean less pesticides use?", Pesticide Outlook, Royal Society of Chemistry, October 2001, Accessible at: http://www.biotech-info.net/benbrook_outlook.pdf
- Birch, A.N.E., Geoghegan, I.E., Majerus, M.E.N., Hackett, C. and Allen, J.,1997. Interaction between plant resistance genes, pest aphid populations and beneficial aphid predators. Scottish Crop Research Institute Annual Report 1996/97. Scottish Crop Research Institute, Dundee, Scotland. p. 68-72.
- Chen, Z. and McDermott, A., 1998. International Comparisons of Biotechnology Policies. Journal of Consumer Policy, 21: 527-550.
- Delannay, X., Lavalley, B.J., Proksch, R.K., Fuchs, R.L., Sims, S.R., Greenplate, J.T., Marrone, P.G., Dodson, R.B., Augustine, J.J., Layton, J.G. and Fischhoff, D.A. 1989. Field performance of transgenic tomato plants expressing the *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* insect control protein. Bio/Technology 7: 1265-1269.
- Doyle, J.J. and Persley G.J. 1996. New biotechnologies, an international perspective In: Investment strategies for Agricultural and Natural Resources Research. CAB Int., Wallingford, UK.
- Einsiedel, E., 1998. The Market for Credible Information in Biotechnology, Journal of Consumer Policy, 21: 405-444.

- Feldmann, M.P., Morris, M.L. and Hoisington, D. 2000. Genetically Modified Organisms: Why All the Controversy?, *Choices*, First Quarter: 8-12.
- Flor, H.H. 1956. The complementary genic systems in flax and flax rust. *Advances in Genetics* 8:29-54. Academic Press, New York.
- Gianessi, L. and Carpenter, J. 1999. Agricultural biotechnology: Insect control benefits. Washington, DC: National Center for Food and Agricultural Policy. <http://www.ncfap.org>.
- Gianessi, L. and Carpenter, J. 2000. Agricultural biotechnology: Benefits of transgenic soybeans. Washington, DC: National Center for Food and Agricultural Policy. <http://www.ncfap.org>.
- Hails, R.S., 2000. Genetically modified plants – the debate continues. *Trends in Ecology and Evolution*, 15 (1): 14-18.
- Haughn, G.W., Smith, J., Mazur, B. and Somerville, C. 1988. Transformation with a mutant *Arabidopsis* acetolactate synthase gene renders tobacco resistant to sulfonylurea herbicides. *Mol. Gen. Genet.* 211: 266-271.
- Hilbeck, A., Baumgartner, M., Fried, P.M. and Bigler, F., 1998. Effect of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology*, 27: 480-487.
- Hodgson, J., 1997. UK's Ciba Maize Decision Political? *Nature Biotechnology*, 15: 308-310.
- Huang, F., Buschman, L.L., Higgins, R.A and McGaughey, H. 1999. Inheritance of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin (Dipel ES) in the European corn borer. *Science*, 284:965-967.
- Huang, J., Rozelle, S., Pray, C. and Wang, Q. 2002. Plant Biotechnology in China. *Science* 295: 674-677.
- James, C. 1997. Global Status of Transgenic Crops in 1997, ISAAA Briefs No: 5, ISAAA: Ithaca, NY.
- James, C. 1998. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 1998, ISAAA Briefs No: 8, ISAAA: Ithaca, NY.
- James, C. 1999. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 1999, ISAAA Briefs No: 17, ISAAA: Ithaca, NY.
- James, C. 2000. Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2000, ISAAA Briefs No: 21, ISAAA: Ithaca, NY.
- James, C. 2001. Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2001, ISAAA Briefs No: 24, ISAAA: Ithaca, NY.
- James, C. 2002. Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2002, ISAAA Briefs No: 27, ISAAA: Ithaca, NY.
- James, C. 2003. Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003, ISAAA Briefs No: 30, ISAAA: Ithaca, NY.
- Kalaitzandonakes, N.G. 2000. Agrobiotechnology and competitiveness. *American Journal of Agricultural Economics* 82 (5): 1224-1233.
- Koziel, M.G., Beland, G.L., Bowman, C., Carozzi, N.B., Crenshaw, R., Crossland, L., Dawson, J., Desai, N., Hill, M., Kadwell, S., Launis, K., Lewis, K., Maddox, D., McPherson, K., Meghji, M.R., Merlin, E., Rhodes, R., Warren, G.W., Wright, M. and Evola, S. V. 1993. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Bio/Technology* 11: 194-199.
- Kramer, L., 1993. On the Interrelation between Consumer and Environmental Policies in the European Community. *Journal of Consumer Policy*, 21: 527-550.
- Lee, K.Y., Townsend, J., Block, M., Churi, C.F., Majur, B., Dunsmuir, P. and Bedbrook, J. 1988. The molecular basis of sulfonylurea herbicide resistance in tobacco. *EMBO J.* 7: 1241-1248.
- Losey, J.E., Raynor, L.S. and Carter, M.E. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae [scientific correspondence]. *Nature* 399: 214.
- MacKenzie, 1990a Germany Bows to Pressure over Gene Research. *New Scientist*, 125: 28.
- MacKenzie, 1990b. West Germany's Gene Law Weakens Role of Public Opinion. *New Scientist*, 126: 17.

- Martin, S., 1999. Immunological Reactions to DNA and RNA. Available at: http://www.asehaqld.org.au/Food/immunological_reactions_to_dna.htm
- McGloughlin, M. 1999. "Ten Reasons Why Biotechnology will be Important to the Developing World." AgBioForum 2, (3&4), s.163-174.
- Özgen, M. ve Türet, M. 1995. Bitki Islahı ve Gen Aktarma Teknolojisi. Workshop "Biyoteknoloji ve Bitki Islahı", 17-19 Nisan 1995, Gebze/Kocaeli, Bildiriler, Can Ofset, İzmir, 227-236.
- Peferoen, M. 1992. Engineering of Insect-resistant Plants with *Bacillus thuringiensis*. Plant Genetic Manipulation for Crop Protection, 135-153, Gatehouse, A.M.R., Hilder, V.A. and Boulter, D. (eds.), C.A.B International, Oxon, UK.
- Persley, G.J. 1990. Beyond Mendel's Garden: Biotechnology in the Service of World Agriculture. CAB International, Wallingford, UK, pp. 380-397.
- Philips, R.L. and Eberhart, S.A. 1993. Novel methodology in plant breeding. In Proc. of the Int. Crop Sci. Cong. Ames, USA. Crop Sci. Soc. of America, pp. 647-648.
- Pryme, I.F. and Lembcke, R., 2003. In vivo studies on possible health consequences of genetically modified food and feed with particular regard to ingredients consisting of genetically modified plant materials. Nutrition and Health, 2003, Vol.17, pp.1-8.
- Simmonds, N.W. 1983. Plant Breeding: The state of the art. In Genetic Engineering of Plants. Plenum press, New York, London, pp. 5-25.
- Tabashnik B.E., 1994. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. Annual Review of Entomology, 39:47-79.
- Tapp, H. and Stotzky, G., 1998. Persistence of the insecticidal toxins from *Bacillus thuringiensis* susp. *kurstaki* in soil. Soil Biol. Biochem. 30: 471-476.
- Vasil, I.K. 1998. Biotechnology and food security for 21st century: A real-world perspective, Nature Biotechnology 16: 399-400.
- Vines, R. 2002. Biotechnology and plants. Virginia Cooperative Extension, Biotechnology Information, Virginia State Univ., Publ. No: 443-002.
- Wieczorek, A., 2003. Use of biotechnology in agriculture – Benefits and risks. Cooperative Extension Service, Bio -3: 1-6.
- Wolfenbarger, L.L and Phifer, P.R., 2000. The ecological risks and benefits of genetically engineered plants. Science, 290:2088-2093.
- Yanaz, S. 2000. Uluslararası ticarete yükselen konu: Genetik olarak değiştirilmiş organizmalar (GDO) ve bunları içeren ürünlerin ticareti. Küreselleşme Sürecinde Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Sempozyumu, 23-24 Ekim 2000, Ankara, S. 17-19.