

Transgenik Bitkilerin Dünü, Bugünü ve Geleceği

Rüştü Hatipoğlu

Çukurova Ünivresitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): rhatip@cu.edu.tr

Öz

1982 yılında ilk transgenik bitkinin elde edilmesi ve 1986 yılında tarlaya aktarılmasından sonra istatistik kayıtlarına giren transgenik bitki tarımı 1996 yılında 1.7 milyon ha alanda başlamış ve aradan geçen 18 yıl içinde 107 katına çıkarak 2014 yılında 181.5 milyon ha alanda transgenik bitki tarımı yapılmıştır. Transgenik bitki tarımında kısa süredeki hızlı artışa karşılık bu bitkilerin tarımı ve ticaretiyle ilgili tartışmalar devam etmektedir. Söz konusu bitkilerin insan, hayvan ve çevre üzerinde bazı olumsuz etkileri olabileceği ile ilgili kuşuklar bulunmaktadır. Bu tartışmalar nedeniyle , 1996-2014 yılları arasında transgenik bitki tarımı yapan ülke sayısı yıldan yıla değişmiş ve 30 ülkeyi geçmemiştir. Bu bildiriye transgenik bitkilerin geçmişi ve bugünü ortaya konularak geleceği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Transgenik bitki, avantaj, dezavantaj, gelecek

Past, Present and Future of Transgenic Crops

Abstract

After obtaining the first genetically modified crop through modern DNA recombination techniques in 1982 and testing under field conditions in 1986, commercially growing of the genetically modified crops began in 1996 on an area of 1.7 million ha. Growing areas of genetically modified crops in 2014 reached to an area of 181.5 million ha by an increase of 107 fold. While growing areas of genetically modified crops increased very rapidly in a short time, discussions on the commercially growing of genetically modified crops are going on. There are some doubts on the possibility of negative effects of genetically modified crops on human, animal and environment. Number of the countries commercially growing the genetically modified crops changed from year to year, and it did not exceed 30 during the years of 1996-2014. In this review presentation, past, present and future of the genetically modified crops was discussed.

Keywords: Genetically modified crop, benefit, risk, future

Giriş

Genomuna biyoteknolojik yöntemlerle başka bir organizmadan gen aktarılmış bitkiye "Transgenik" bitki adı verilmektedir. Transgenik bitkiye aktarılan genin orijini genin aktarıldığı bitki ile melezlenemeyen başka bir bitki türüne ait bir bitki olabileceği gibi, bir hayvan veya bir bakteri gibi bitkiler alemi dışındaki diğer alemlerden bir organizma da olabilmektedir. Bir bitkiye aynı türün başka bir bitkisinden veya türün melezlenemediği yakın akraba başka bir türden gen aktarılarak elde edilen bitkiye "Cisgenik" bitki adı verilmektedir. Genomuna herhangi bir gen eklemeyen, Talens ve Crispr gibi genetik düzenleme teknikleri ile genomu yeniden düzenlenmiş olan bitkilere ise "Subgenik" bitki adı verilmektedir. Subgenik bitki elde etme tekniği çok yeni bir teknik olup, 2014 yılında Çin'li araştırmacı Gao Caixia tarafından bu konuda patent başvurusu

yapılmıştır. Gao ve ark. söz konusu tekniği kullanarak küllemeye dayanıklı bir buğday hattı geliştirmiştir (Wang et al. 2014). Elde edilen bu hat küllemeye karşı savunma mekanizmasını bastıran proteinlerin sentezinden sorumlu genleri içermemektedir. Araştırmacılar söz konusu genleri heksaploid buğday genomundan Talens ve Crispr tekniği ile uzaklaştırmışlardır.

Chilton ve ark. (1977)'nin çift çenekli bitkilerde gövde taç tümörüne neden olan *Agrobacterium tumefaciens*'in bu tümür oluşumunu içersinde bulunan Ti plasmidinde yer alan T-DNA bölgesini bitkiye aktararak gerçekleştirdiğini keşfetmeleri ile transgenik bitkilerin elde edilmesine giden yol açılmıştır. İlk transgenik bitki 1982 yılında antibiyotiğe dayanıklılık geni aktarılmış tütün bitkisi olmuştur (Fraley et al. 1983). Transgenik bitkilerle ilgili ilk tarla denemeleri Fransa ve ABD'de 1986

yılında herbisite tolerans geni aktarılmış tütün bitkisi ile yürütülmüştür (James 1996). 1987 yılında *Bacillus thuringiensis* bakterisinden bazı böceklerle toksik etki gösteren toksik proteinlerin üretiminden sorumlu genleri aktararak böceğe karşı dayanıklı tütün bitkisi üretmek üzere Belçika'da bir şirket kurulmuştur (Vaeck et al. 1987).

Dünya'da ilk transgenik bitki tarımı 1992 yılında Çin'de tütün mozaik virüsü kapsül protein geni aktararak adı geçen virüse karşı dayanıklı hale getirilen tütün çeşidinin tarımı ile başlamıştır (James 1997). Dünya'da istatistiklere giren ticari olarak yetiştirilen ilk transgenik bitki poligalakturonaz antisens RNA oluşumunu sağlayan gen aktarılmış ve böylelikle raf ömrü uzatılmış bir domates çeşididir. Söz konusu çeşit ABD'de 1994 yılında Flavr Savr adıyla Calgene şirketi tarafından tescil ettirilmiştir (Espin and Santamaria 2014). Söz konusu domates çeşidi üretim maliyetinin yüksek olması nedeniyle kısa sürede pazardan çekilmiştir. 1995 yılında Ciba-Geigy şirketi tarafından tescil ettirilen ve *Bacillus thuringiensis* bakterisinden Cry1A(b) geni aktararak mısır kurduna (*Ostrinia nubilalis*) dayanıklı hale getirilen (Kozziel et al. 1993) mısır çeşidi, aynı yılda AgrEvo şirketi tarafından LibertyLink adıyla tescil ettirilen ve glufosinate herbisitine toleranslı hale getirilmiş kolza çeşidi (Moloney et al. 1989), Monsanto şirketi

tarafından Bolgard adıyla tescil ettirilen ve *Bacillus thuringiensis* bakterisinden Cry1A(b) aktararak pamuk koza kurduna dayanıklı hale getirilen (Perlak et al. 1990) pamuk çeşidi ile yine Monsanto şirketi tarafından Roundup Ready adıyla tescil ettirilen ve mutant epsp geni aktararak glyphosate total herbisitine toleranslı hale getirilen soya fasulyesi çeşidi dünyada transgenik bitki tarımının yaygınlaşmasına neden olmuş ve 1996 yılında dünya'da transgenik bitki ekim alanı 2.8 milyon ha (Çin'deki ekim alanı dahil) olmuştur (James 1997). 1996 yılında dünya'da ABD, Çin, Kanada, Arjantin, Avustralya ve Meksika olmak üzere toplam 6 ülkede transgenik bitki tarımı yapılmıştır. 1997 yılında dünyadaki transgenik bitki ekim alanları 4.5 kat artış göstererek 12.8 milyon ha'a çıkmıştır. 1997 yılında da transgenik bitki tarımı 1996 yılında olduğu gibi 6 ülkede yapılmıştır.

Transgenik Bitki Tarımının Mevcut durumu

1996 yılında dünyadaki 6 ülkede toplam 2.8 milyon ha alan üzerinde yapılan transgenik bitki tarımı 2013 yılında 62.6 katına çıkarak 175.2 milyon ha alanda, 2014 yılında ise bir önceki yıla göre %3.6 artış göstererek 181.5 milyon ha'a çıkmıştır (James 2014) (Çizelge 1). Bu alan, dünyadaki toplam 1.5 milyar hektarlık tarla arazilerinin %12.1' ini oluşturmaktadır.

Çizelge 1. Dünya'da transgenik bitki ekim alanının değişimi (1996-2014)

Table 1. Changes of transgenic crop growing areas around the world (1996-2014)

Yıl	Ülke sayısı	Ekim Alanı (milyon ha)
1996	6	1.7*
1997	6	11.0
1998	9	27.8
1999	12	39.9
2000	13	44.2
2001	14	52.6
2002	16	58.7
2003	18	67.7
2004	17	81.0
2005	21	90.0
2006	22	102.0
2007	23	114.3
2008	25	125.0
2009	25	134.0
2010	29	148.0
2011	29	160.0
2012	28	170.3
2013	27	175.2
2014	28	181.5

Kaynak: James 2014

Source: James 2014

*: Çin'deki transgenik bitki, ekim alanını kapsamamaktadır

*: It does not cover the transgenic growing areas in China

Çizelge 2. Transgenik bitki tarımı yapılan ölkeler ve ekim alanları
Table 2. Global area of biotech crops in 2014 by country

Ölke	E. Alanı (milyon ha)	Yetiştirdiği Transgenik Bitki
ABD	73.1	Soya, Mısır, Pamuk, Kanola, Kabak, Papaya,yonca, ř. pancarı
Brezilya	42.2	Soya, Mısır, Pamuk
Arjantin	24.3	Soya, Mısır, Pamuk
Hindistan	11.6	Pamuk
Kanada	11.6	Kanola, Mısır, Soya, şeker Pancarı
Çin	3.9	Pamuk, papaya, domates, kavak, biber
Paraguay	3.9	Mısır,Soya, Pamuk
Pakistan	2.9	Pamuk
G. Afrika	2.7	Mısır, Soya, pamuk
Uruguay	1.6	Soya, Mısır
Bolivya	1.0	Soya
Filipinler	0.8	Mısır
Avustralya	0.5	Pamuk, kanola
Burkina Faso	0.5	Pamuk
Myanbar	0.3	Pamuk
Meksika	0.2	Soya, Pamuk
İspanya	0.1	Mısır
Kolombiya	0.1	Pamuk, Mısır
Sudan	0.1	Pamuk
Honduras	<0.1	Mısır
şili	<0.1	Mısır, Soya, Kanola
Portekiz	<0.1	Mısır
Küba	<0.1	Mısır
Çek Cumh.	<0.1	Mısır
Slovakya	<0.1	Mısır
Kosta Rika	<0.1	Pamuk, Soya
Bangladeş	<0.1	Patlıcan

Kaynak: James 2014
Source: James 2014

1996 yılından itibaren transgenik bitki tarımı yapan ölkeler sayısı 6 ile 29 arasında değişmiştir. Halen Birleşmiş Milletlere kayıtlı 193 ölkeler dikkate alındığında, 2014 yılında dünyada her 7 ölkelerin birisinde transgenik bitki tarımı yapıldığı anlaşılmaktadır.

2014 yılında dünya nüfusunun % 60'ının yaşadığı 28 ölkede 18 milyon çiftçi tarafından transgenik bitki tarımı yapılmıştır. En fazla transgenik bitki ekim alanı ABD'de bulunmaktadır (Çizelge 2). Nitekim, 2014 yılı rakamlarına göre ABD'de 73.1 milyon ha alan üzerinde transgenik bitki tarımı yapılmıştır. ABD'yi Brezilya ve Arjantin izlemektedir. 2014 yılında Bangladeş transgenik patlıcan yetiştirmeye başlamıştır. Panama ve Endonezya ise 2014 yılında transgenik bitki yetiştirmek üzere karar almıştır.

Tarımı Yapılan Transgenik Bitkiler

Dünyada halen esas itibarıyla dört bitki türünün transgenik çeşitlerinin tarımı yapılmaktadır. Bu türler arasında ise, en fazla ekim alanına sahip tür soya fasulyesidir. Bunu, mısır, pamuk ve kanola izlemektedir (Çizelge 3).

Dünyada transgenik soya ekim alanının bu bitkinin toplam üretim alanları içerisindeki oranı %82'dir (Çizelge 4). Pamukta bu oran %68 ve Mısırdaki ise %30'dur. Farklı ölkelerde transgenik bitkilerin söz konusu bitkinin toplam ekim alanı içerisindeki ekim oranı Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelgede izlendiği gibi, dünyada başlıca soya üreticisi olan ölkelerde yetiştirilen soyanın %91-99'u transgeniktir. Mısırdaki ise bu oran 80-96 arasında değişmektedir. ABD ve Kanada gibi dünyadaki başlıca kanola üreticisi olan ölkelerde yetiştirilen kanolanın %93-95'i transgeniktir. Pamukta ise bu oran %86-95 arasında değişmektedir.

Transgenik çeşitlerinin tarımı yapılan söz konusu 4 bitki türü dışında, transgenik çeşitleri bulunan ancak, tarımı henüz yaygınlaşmamış bitki türleri de bulunmaktadır. Kanada ve ABD'de şeker pancarı ekim alanlarının %95'inde transgenik şeker pancarı çeşitleri yetiştirilmektedir. Hawaii'de papaya ekim alanlarının %80'inde transgenik çeşitler yetiştirilmektedir. ABD ve Çin'de transgenik kabak çeşitleri, Çin'de transgenik biber

Çizelge 3. Transgenik bitkiler ve ekim alanları

Table 3. Global area of biotech crops in 2014 by crop

Bitki	Ekim Alanı (Milyon ha)	%
Soya Fasulyesi	91.4	50.5
Mısır	54.5	30.0
Pamuk	24.9	13.7
Kanola	9.1	5.0
Diğer	1.6	0.8
Toplam	181.5	100.0

Kaynak: James 2014

Source: James 2014

Çizelge 4. Transgenik bitkilerin toplam ekim alanları içerisindeki oranları

Table 4. Global adoption rates (%) for principal biotech crops

Bitki	Toplam Ekim Alanı (Milyon ha)	Transgenik Ekim Alanı/ Toplam Ekim Alanı (%)
Soya Fasulyesi	111	82
Pamuk	37	68
Kanola	36	25
Mısır	184	30

Kaynak: James 2014

Source: James 2014

Çizelge 5. Transgenik bitki yetiştiren ülkelerde 2013 yılında transgenik çeşit ekim alanının toplam ekim alanı içindeki oranı (%)

Table 5. Adoption rates (%) for principal biotech crops by country

Ülke	Soya	Mısır	Pamuk	Kanola
ABD	93	90	90	93
Kanada	79	96	-	95
Arjantin	99	80	93	-
Güney Afrika	92	87	95	-
Avustralya	-	-	99	10
Çin	-	-	86	-
Filipinler	-	31	-	-
Paraguay	93	50	50	-
Brezilya	89	82	65	-
Uruguay	99	96	-	-
Hindistan	-	-	95	-
Kolombiya	-	15	85	-
Meksika	7	-	90	-
Bolivya	91	-	-	-
Burkina Faso	-	-	69	-
Pakistan	-	-	88	-
Burma	-	-	85	-

Kaynak: Brookes ve Barfoot 2015a

Source: Brookes and Barfoot 2015a

çeşitleri, raf ömrü uzun domates çeşitleri yetiştirilmektedir. Ayrıca Çin'de 2009 yılından beri transgenik çeltik çeşitleri yetiştirilmektedir. Hindistan ve Bangladeş'te transgenik patlıcan çeşitleri yetiştirilmektedir.

Transgenik Bitkilerde Bulunan Transgenler

Halen yaygın olarak tarımı yapılan transgenik çeşitlerin esas itibarıyla ya herbisitlere dayanıklılık veya bazı böcek türlerine dayanıklılık özelliğine sahip olduğu izlenmektedir (Çizelge 6).

Çizelgede izlendiği gibi halen tarımı yapılan transgenik bitkiler arasında en fazla ekim alanına sahip bitkiler herbisite tolerans geni aktarılmış bitkilerdir. Herbisite toleranslı transgenik bitkilerin başında soya fasulyesi gelmekte ve halen tarımı yapılan herbisite toleranslı transgenik bitki ekim alanlarının %80'inde herbisite toleranslı soya fasulyesi yetişmektedir (James 2012). Soya fasulyesini ekim alanı açısından herbisite toleranslı kanola, herbisite toleranslı mısır ve herbisite toleranslı pamuk takip etmektedir. Söz konusu türler dışında çok fazla ekim alanına sahip

Çizelge 6. Özelliklerine göre transgenik bitkilerin ekim alanları

Table 6. Transgenic plant growing areas by traits

Özellik	Ekim Alanı (Milyon ha)	%
Herbicide Tolerans	102.0	56.2
Böceğe Dayanıklılık	27.9	15.4
Herbicide Tolerans/ Böceğe Dayanıklılık	51.0	28.0
Diğer	0.5	0.4

Kaynak: James 2014

Source: James 2014

olmamakla beraber herbisite toleranslı şeker pancarı ve yonca çeşitlerinin de tarımı yapılmaktadır. Herbisite toleranslı bitkilerin elde edilmesinde bugüne kadar en sık kullanılan yöntem total bir herbisit olan glyphosate herbisitinin bitkide EPSPS enzimini etkileyerek bitkinin amino asit sentezini engellemesine *Agrobacterium tumefaciens*'ten aktarılan EPSPS enziminin üretiminden sorumlu gen ile engel olmaktır (Padgett et al. 1995). Çünkü *Agrobacterium tumefaciens*'in ürettiği EPSPS enziminin glyphosate'e dayanıklı olduğu saptanmıştır. Bugün tarımı yapılan herbisite toleranslı bitkilerin çoğunluğu bu yöntemle elde edilmiştir. Herbisite toleranslı bitkilerin elde edilmesinde; hedef molekülün fazla üretilmesi ve etken maddenin detoksifikasyonu gibi yaklaşımlar da kullanılmaktadır (Khan et al. 2013). Bunun yanında, herbisite tolerans geninin yabancı akrabalara kaçma riskini ortadan kaldırmak amacıyla Daniel ve ark. (1998) Petunya bitkisinden izole ettikleri EPSPS enzim proteininin sentezinden sorumlu geni bütün bitkisinin kloroplastlarına aktarmışlardır.

Tarımı yapılan böceğe dayanıklı transgenik bitkiler, *Bacillus thuringiensis* bakterisinden cry genleri aktararak elde edilmektedir (Khan et al. 2013). Böceğe dayanıklılık özelliği kazandırılmış bitki türleri arasında transgenik pamuk en fazla ekim alanına sahip olan türdür. Böceğe dayanıklılık özelliği kazandırılmış transgenik bitki ekim alanlarının %70'ini böceğe dayanıklı pamuk ekim alanları oluşturmaktadır (James 2012). Bunu mısır takip etmektedir.

Halen tarımı yapılan transgenik bitkilerin önemli bir bölümünü de hem herbisite tolerans ve hem de böceğe dayanıklılık genlerini taşıyan transgenik bitkiler oluşturmaktadır. Bu tür transgenik bitkilerin tarımı her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır (James 2014). Hem herbisite toleranslı ve hem de böceğe dayanıklılık özelliği taşıyan bitkilerin ekim alanı içinde en fazla ekimi yapılan bitki mısırdır. Söz konusu alanların %90'ında hem herbisite toleranslı ve hem de böceğe dayanıklılık özelliği taşıyan mısır yetiştirilmektedir.

Halen tarımı yapılan transgenik bitkilerin önemli bir bölümünü herbisite tolerans veya böceğe dayanıklılık veyahut ta her iki özelliği birlikte taşıyan transgenik bitkiler oluşturmakla beraber, bunun dışındaki transgenleri taşıyan ve çok geniş alanlarda olmasa da tarımı yapılan transgenik bitkiler de bulunmaktadır. Nitekim Hawaii'de papaya ekim alanlarının %80'inde virüse dayanıklı transgenik çeşitler yetiştirilmektedir. ABD ve Çin'de virüse dayanıklı transgenik kabak çeşitleri yetiştirilmektedir. Çin'de virüse dayanıklı transgenik biber çeşitleri ve antisens teknolojisi ile elde edilmiş raf ömrü uzun domates çeşitleri yetiştirilmektedir. ABD'de *Bacillus subtilis* bakterisinden soğuk şok geni (*cspB*) aktararak elde edilen ve DroughtGard adıyla tescil ettirilen kurağa dayanıklı transgenik mısır çeşidinin tarımına 2013 yılında başlanmış ve 2014 yılında söz konusu transgenik bitkinin ekim alanı 275000 ha'a ulaşmıştır. Diğer taraftan, 2014 yılında Endonezya'da kurağa dayanıklı transgenik şeker kamışı çeşidi yetiştirilmeye başlanmıştır.

2014 yılında ABD'de Simplot şirketi, bir patates çeşidi ve yabancı bir patates türü olan *Solanum verrucosum*'dan aktarılan genlerle daha az çürüyen, kesildiğinde kararmayan ve aynı zamanda yüksek sıcaklıkta pişirildiğinde daha az kanserojen bir madde olan akrilamid oluşturan bir patates çeşidini "Innate Patates" adıyla tescil ettirmiş ve üretim izni almıştır (James 2014).

Yine 2014 yılında Monsanto şirketi herbisite tolerans geni aktarılmış transgenik yonca çeşidine %22 daha düşük lignin içerme özelliği kazandırılmış transgenik yonca çeşidi "HarvXtra" adıyla tescil ettirmiş ve üretim izni almıştır (James 2014).

2014 yılında ABD'de birden fazla herbisite tolerans gösteren ve "Enlist Duo" ürünleri olarak adlandırılan transgenik bitki çeşitleri geliştirilmeye başlanmış ve bu çeşitlerin yetiştirilmesi serbest bırakılmıştır. Bunlardan birisi glufosinate+ isoxaflutole + mesotrione 'ye

toleranslı soya fasulyesidir Ayrıca, glyphosate + 2,4-D'ye toleranslı çeşitler de geliştirilmiştir. Bu çeşitler özellikle glyphosate veya glufosinate'e dayanıklılık kazanan yabancı otlarla mücadele amacıyla geliştirilmiştir.

Beslenmeleri pirince dayalı olan Asya ülkelerinde kadınlarda ve çocuklarda Vitamin A eksikliği nedeniyle görülen körlüğe karşı mücadele amacıyla 2000 yılında başlatılan endospermde β -karoten sentezleyen çeltik çeşidi geliştirme çalışmalarında danelerinde pirinç ile beslenen insanların β -karoten gereksinimini karşılayacak düzeyde β -karoten içeren çeltik hatları geliştirilmiş (Paine et al. 2005) ve bu hatlarla çok lokasyonlu tarla denemeleri yürütülmüştür. Ancak, söz konusu hatların halen yetiştirilmekte olan çeltik çeşitlerine göre daha düşük verimli olması nedeniyle bu hatların verimlerinin yükseltilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir (James 2014).

2013 yılında Sygenta şirketi bir bakteriden izole edilen ve bitkide alfa amilaz enzimi üretimini sağlayan geni mısıra aktararak mısır nişastasından biyoetanol üretim sürecini kısaltan transgenik mısır çeşidini "Enogen" adıyla tescil ettirmiş ve üretim izni almıştır (Thomison 2013).

Transgenik Bitki Yetiştirmenin Avantajları

a) Ekonomik Avantajlar

Halen tarımı yapılan transgenik bitkilerin ya total herbisite tolerans özelliği kazandırılmış veya böceğe dayanıklılık özelliği kazandırılmış veyahut ta her iki özelliği birlikte taşıyan bitkiler olduğu yukarıda açıklanmıştı. Herbisite toleranslı transgenik çeşitlerin yetiştiriciliğinde çıkış sonrası olarak uygulanan total herbisit tarlada transgenik bitki dışında kalan tüm bitkilerin ölmesine neden olmakta ve tarladaki yabancı otların tümü kontrol edilmektedir. Bu durumda, yabancı ot rekabeti büyük ölçüde önlenmiş için geleneksel çeşitlerin yetiştiriciliğine göre yetiştirilen bitki türüne bağlı olarak ürün veriminde ve kalitesinde artış olmaktadır. Ayrıca, ilaç kullanımında da tasarruf sağlanmaktadır. Diğer taraftan, herbisite toleranslı çeşitler ikinci, ürün olarak toprak işlemez yetiştiriciliğe olanak sağlamaktadır. İlaç kullanımının azalması, toprak işlemez tarımın olanaklı hale gelmesi tarladaki traktör trafiğini azaltmakta ve sonuçta yakıt tasarrufu, yakıtın yanması ile oluşan gazların çevreye salımında azalma ve toprak işlemez organik maddenin ayrışması sonucu atmosfere karışan

gaz miktarında azalmaya neden olarak çevre üzerinde olumlu etki yapmaktadır.

Böceğe dayanıklı transgenik çeşitlerin yetiştirilmesi ile klasik çeşit yetiştiriciliğinde ürün kaybının azaltılması için insektisit uygulama zorunluluğu ortadan kalktığı için üretim masrafı azalmakta, ilaçların tarlaya uygulanması ile ilgili yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Söz konusu yakıtın yanması ile oluşan gazların atmosfere karışması önlenmektedir.

Klümper ve Qaim (2014), SCI dergilerinde transgenik bitkilerle ilgili yayınlanan 24079 makale içersinden seçtikleri 147 makalenin meta analizinden transgenik bitki çeşitlerinin klasik çeşitlere göre sağladığı verim, uygulanan pestisit miktarı, pestisit masrafı, toplam üretim masrafları ve çiftçi karı avantajlarını hesaplamışlardır (Çizelge 7). Çizelgeden izlendiği gibi, transgenik bitkilerin klasik çeşitlere göre ortalama %21.57 verim artışı sağladığı, bu artışın böceğe dayanıklı çeşitlerde %24.85, herbisite toleranslı çeşitlerde ise %9.29 olduğu saptanmıştır. Nitekim Brookes ve Barfoot (2015 b) 1996-2013 yılları arasında transgenik çeşitlerde verim artışı nedeniyle ortaya çıkan üretim artışlarının; soya fasulyesi için 138.2 milyon ton, mısır için 273.5 milyon ton, pamuk için 21.7 milyon ton, kanola için 8 milyon ton ve şeker pancarı için 0.76 milyon ton olarak tahmin edildiğini bildirmektedirler. Böceğe dayanıklı transgenik çeşitlerin tarımı insektisit kullanımında %41.7 tasarruf sağlanmasına karşılık, herbisite toleranslı çeşitler klasik çeşit yetiştiriciliğine göre herbisit kullanımında %2.43 artışa neden olmuştur (Çizelge 7). Herbisite toleranslı çeşitlerin yetiştirilmesinde klasik yetiştiriciliğe göre daha fazla ilaç kullanılmasının nedeni, klasik yetiştiricilikte mekanik yabancı ot mücadelesi yapılabilmesi ve özellikle son yıllarda yabancı otların glyphosate'e dayanıklılık kazanmaları olabilir. Böceğe dayanıklı çeşitler ilaç masraflarında %43.43 tasarruf sağlanmasına karşılık, herbisite toleranslı çeşitler ilaç masraflarında %25.29 tasarruf sağlamıştır. Herbisite toleranslı çeşitlerin yetiştiriciliğinde klasik çeşit yetiştiriciliğine göre daha fazla ilaç kullanılmasına karşılık, herbisit masrafının daha az olmasının nedeni total herbisitlerin fiyatının selektif herbisitlere göre daha ucuz olması gösterilebilir (Klümper and Qaim 2014). Böceğe dayanıklı çeşitler toplam üretim masraflarında %5.24 artış sağlanmasına karşılık, herbisite toleranslı çeşitler üretim masraflarında %6.83 azalmaya neden olmuştur. Böceğe dayanıklı

Çizelge 7. Transgenik bitkilerin transgene bağlı olarak sağladığı avantajlar (%)

Table 7. Advantages of transgenic plants (%) due to their transgenes

	Tüm Transgenik Bitkiler	Böceğe Dayanıklı Çeşitler	Herbisite Çeşitler	Toleranslı
Verim	21.57*** (15.65;27.48) ¹	24.85*** (18.49;31.22)	9.29** (1.78;16.80)	
n/m	451/100	353/83	94/25	
Pestisit Miktarı	-36.93*** (-48.01;-25.86)	-41.67*** (-51.99;-31.36)	2.43 (-20.26;25.12)	
n/m	121/37	108/31	13/7	
Pestisit Masrafı	-39.15*** (-46.96;-31.33)	-43.43*** (-51.64;-35.22)	-25.29*** (-33.84;-16.74)	
n/m	193/57	145/45	48/15	
Toplam Üretim Masrafı	3.25 (-1.76;8.25)	5.24** (0.25;10.73)	-6.83 (-16.43;2.77)	
n/m	115/46	96/38	19/10	
Çiftçi Karı	86.21*** (46.31;90.12)	68.78*** (46.45;91.11)	64.29 (-24.73;153.31)	
n/m	136/42	119/36	17/9	

Kaynak: Klümper ve Qaim 2014

Source: Klümper and Qaim 2014

*, **, ***: % 10, % 5 ve % 1 hata sınırları içinde önemli

1: 95% confidence interval within the limits of error

*, **, *** indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1% level, respectively

n: is the number of observations, m: the number of different primary datasets from which these observations are derived

transgenik çeşit yetiştirmede toplam üretim masraflarının klasik yetiştirmeye göre artmasına neden olarak özellikle Hindistan gibi ülkelerde transgenik tohum fiyatı ile klasik tohum fiyatı arasında önemli farklılık olması yanında, bu gibi ülkelerde küçük tarım işletmelerinde yapılan tarımda insektisit uygulamasının kısıtlı olması gösterilebilir. Nitekim özellikle böceğe dayanıklı pamuk çeşitlerinin yoğun bir şekilde yetiştirildiği Hindistan'da son 15 yılda çiftçiler arasında yüksek borçlanmada artış olmuş ve 250000 çiftçinin söz konusu borçları nedeniyle intihar ettiği iddia edilmiştir (Jacobsen et al. 2013).

Çizelgeden her iki transgenik özelliği için bu çeşitlerin yetiştirilmesinin klasik çeşit yetiştirmeye göre çiftçi karını artırdığı anlaşılmaktadır.

b) İnsan Sağlığı Açısından Avantajlar

Transgenik bitkiler, özellikle böceğe dayanıklı bitkiler insan sağlığı açısından da yararlar sağlayabilmektedir (Khan et al. 2013). Öncelikle, böceğe dayanıklı transgenik çeşitlerin yetiştirilmesi ile çiftçiler daha az insektisite maruz kalmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde çevre ve sağlık ile ilgili yasal düzenlemeler yeterli olmadığı için, çoğu zaman pestisitler el ile uygulandığından ve çiftçilerin eğitim düzeylerinin düşük olması nedeniyle pestisit uygulamasının uygulamayı yapan çiftçiler üzerindeki olumsuz sağlık etkileri

oldukça fazladır. Çin'de yapılan araştırmada böceğe dayanıklı pamuk çeşidi yetiştiren çiftçiler arasında insektisit zehirlenmesine maruz kalma oranının klasik pamuk çeşidi yetiştirenlere göre daha az olduğu saptanmıştır (Huang et al. 2003). Khrisna ve Qaim (2008), Hindistan'da böceğe dayanıklı patlıcan yetiştirilmesi nedeniyle yılda sağlanan çiftçi sağlığı tasarrufunun 4 milyon dolar olduğunu tahmin etmişlerdir. Böceğe dayanıklı bitkiler tüketiciler açısından da su ve gıdalar yoluyla daha az pestisit kalıntısına maruz kalmaları nedeniyle sağlık avantajı sağlar. Bunun yanında böceğe dayanıklı mısırın insanlarda kanser ve diğer bazı hastalıklara yol açan mikotoksinleri daha az içerdiği saptanmıştır (Wu 2006).

c) Çevre Açısından Avantajlar

Halen tarımı yapılmakta olan transgenik bitkiler pestisit kullanımını azaltmakta ve dolayısıyla söz konusu pestisitlerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltma açısından avantajlara sahiptir. Nitekim 1996-2013 yılları arasında transgenik bitki tarımının sağladığı pestisit kullanım miktarlarındaki azalmalar transgenik bitki türüne bağlı olarak Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelgede izlendiği gibi, 18 yıllık süreçte transgenik bitkilerin tarımı dünya genelinde pestisit kullanımında 550.4 milyon kg azalmaya neden olmuştur. Bu miktar dünyada kullanılan

Çizelge 8. Transgenik bitki kullanımından kaynaklanan pestisit kullanımında azalma (1996-2013 yılları arası)
Table 8. Reduction of pesticide use as a result of transgenic plant cultivation (between the years of 1996-2013)

Transgenik Bitki	Pestisit Kullanımında Azalma (milyon kg)	Pestisit Kullanımında Azalma (%)
Herbisite Toleranslı Soya	-2.3	-0.1
Herbisite tolerant ve böceğe dayanıklı soya	-0.4	-0.8
Herbisite Toleranslı Mısır	-210.5	-9.2
Herbisite Toleranslı Pamuk	-21.3	-7.2
Herbisite Toleranslı Kanola	-18.4	-16.5
Böceğe Dayanıklı Mısır	-71.7	-51.6
Böceğe Dayanıklı Pamuk	-227.5	-26.6
Herbisite Toleranslı Şeker Pancarı	+1.7	+31.2
Toplam	-550.4	-8.6

Kaynak: Brookes ve Barfoot 2015a

Source: Brookes and Barfoot 2015a

pestisitinin %8.6 'sına karşılık gelmektedir. En fazla pestisit tasarrufu herbisite toleranslı mısır ve böceğe dayanıklı pamuk tarımından sağlanmıştır. Böceğe dayanıklı pamuk çeşitlerinin ekim alanının fazlalığı ve pamuk koza kurdu gibi zararlılara karşı hiç insektisite gereksinim duyulmaması böceğe dayanıklı pamuk tarımında sağlanan insektisit tasarrufunun nedenidir. Herbisite toleranslı mısır ekim alanları herbisite toleranslı soya ekim alanlarından çok daha azdır. Ancak, herbisite toleranslı soya tarımında bazı yabancı otların glifosat'a dayanıklılık kazanması nedeniyle herbisite toleranslı soya tarımında herbisit kullanımı klasik soya tarımına göre artış göstermiştir. Nitekim 2013 yılında transgenik soya tarımında klasik soya tarımına göre %3.1 daha fazla (6.8 milyon kg) herbisit kullanılmıştır (Brookes and Barfoot 2015a). Transgenik mısır tarımında da yabancı otların glifosat'a dayanıklılık kazanması söz konusu ise de henüz soyadaki kadar yaygın olmamıştır.

Transgenik bitki tarımının çevre üzerindeki bir diğer olumlu etkisi ise atmosfere karbondioksit salımında azalmaya neden olmasıdır. 2013 yılında transgenik bitki tarımı nedeniyle karbondioksit salımında ortaya çıkan azalmalar Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelgede izlendiği gibi 2013 yılında transgenik bitki yetiştiriciliğinin tarım makinelerinin tarla trafiğini azaltması sonucu atmosfere 2096000 ton daha az karbondioksit salımı olmuş ve karbondioksit salımındaki bu azalmanın 931000 otomobilin 1 yıl süre ile trafiğe çıkmaması anlamına geldiği hesaplanmıştır. Diğer taraftan, herbisite toleranslı transgenik çeşitlerin toprak işlemedi azaltması ve bunun sonucunda topraktan karbondioksit çıkışının azalması nedeniyle 2013 yılında atmosfere 25909000 ton daha az

karbondioksit salımı olduğu, söz konusu miktarın 11515000 otomobilin bir yılda trafikte saldıkları karbondioksit miktarına eşit olduğu hesaplanmıştır.

Transgenik Bitkilerin Riskleri

Bitki genomuna biyoteknolojik yöntemlerle yeni genlerin eklenmesi, yukarıda açıklandığı gibi söz konusu bitkilerin verimlerinde, besin değerlerinde, bu bitkilerin üretim maliyetlerinde ve bitkisel üretimden kaynaklanan çevre üzerindeki olumsuz etkilerin giderilmesinde bazı olumlu gelişmelere neden olmaktadır. Ancak, transgenik bitkilerin tarımının sayılan bu avantajlı yönlerine karşılık, bu bitkilerin yaygın olarak tarımının yapılması ile bazı çok yönlü risklerin de ortaya çıkabileceği üzerindeki tartışmalar sürmekte ve dünya kamuoyu bu konuda üç farklı görüş grubuna bölünmüş durumdadır.

Birinci grup: "Transgenik bitkiler klasik bitki ıslahı ile geliştirilen bitkilerden kesinlikle farklı değildir. Bu bitkilerin tarımı ile ortaya çıkabilecek riskler geleneksel yöntemlerle geliştirilen bitki çeşitlerinin tarımında ortaya çıkabilecek risklerden farklı değildir" görüşünü savunmaktadır. Bu gurubu; teknolojiyi geliştiren uluslar arası şirketler, bu şirketler ile yakın ilişki içinde bulunan bilim adamları oluşturmaktadır.

İkinci grup: "Transgenik bitkilerin yaygın olarak tarımının yapılması insan sağlığı ve çevre üzerinde büyük tehditler oluşturmaktadır" görüşünü savunmaktadır. Bu grubu ise çevre örgütleri oluşturmaktadır.

Üçüncü grup: "Bu iki cephe arasında yer almakta ve transgenik bitkilerin yaygın olarak yetiştirilmesinin bazı riskleri beraberinde getirebileceği, bu nedenle bu bitkilerin tarımına geçilmeden önce yetiştirilecekleri her çevrede riskleri açısından detaylı olarak araştırılmalı ve

Çizelge 9. Transgenik bitki kullanımından kaynaklanan pestisit kullanımında azalma (1996-2013 yılları arası)
Table 9. Reduction of pesticide use as a result of transgenic plant cultivation (between the years of 1996-2013)

Ülke/Bitki	Yakıt Tüketimindeki Azalma Nedeniyle Karbondioksit Çıkışındaki Azalma (milyon kg)	Yakıt Tüketimindeki Azalma Nedeniyle ortaya çıkan karbondioksit azalmasına karşılık gelen bir yılda trafikten çekilen otomobil sayısı (X1000)*	Topraktan Karbondioksit Çıkışının Azalmasından kaynaklanan karbondioksit (milyon kg)	Topraktan Karbondioksit Çıkışının Azalması Nedeniyle ortaya çıkan karbondioksit azalmasına karşılık gelen bir yılda trafikten çekilen otomobil sayısı (X1000)*
ABD- HT Soya	210	93	1066	474
Arjantin- HT Soya	751	334	11418	5075
Diğer- HT Soya	625	278	9500	4223
Kanada- HT Kanola	185	82	932	414
ABD-HT Mısır	211	94	2993	1330
Brezilya- BD Mısır	80	35	0	0
Dünya-BD Pamuk	34	15	0	0
Toplam	2096	931	25909	11515

Kaynak: Brookes ve Barfoot 2015a

Source: Brookes and Barfoot 2015a

*, **, ***: % 10, % 5 ve % 1 hata sınırları içinde önemli

1: 95% confidence interval within the limits of error

*, **, *** indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1% level, respectively

n: is the number of observations, *m*: the number of different primary datasets from which these observations are derived

tüketiciye seçme hakkı verilmesi açısından bu tip bitkilerden üretilen gıdalarda etiketleme yapılmalıdır" görüşünü savunmaktadır. Bu gurupta ise bağımsız bilim insanları yer almaktadır.

Bu tartışmalar sonucu, 1996 yılında başlamış olan Transgenik Bitki Tarımı 2014 yılına kadar Birleşmiş Milletler üyesi 193 ülkeden ancak en fazla 29'unda kabul görmüştür. Avrupa birliği ülkeleri 1998 yılında bu bitkilerin tarımına ve bu bitkilerden elde edilen ürünlerin ithalatına yasak koymuştur. 2004 yılında bu yasak kaldırılmıştır. Ülkemizde ise, 2010 yılında çıkan Biyogüvenlik Yasası'na göre transgenik bitkilerin tarımı yasak olup, bu bitkilerin ürünlerinin ithalatı Biyogüvenlik Kurulunun iznine bağlıdır. 2010 yılından beri yem amacıyla kullanılmak üzere transgenik 3 soya ve 14 mısır çeşidi tohumunun ithalatına izin verilmiştir (Anonim 2015). İthalatına izin verilen 2 mısır çeşidinin ithal izninin Danıştay tarafından yürütmesi durdurulmuştur. Mayıs 2015'te yem amacıyla kullanılmak üzere transgenik 14 Mısır, 10 Pamuk, 4 kolza ve 9 soya çeşidi tohumun ithalatı için başvuru yapılmıştır.

Transgenik bitkilerin yetiştirilmesi ve bu bitkilerden elde edilen ürünlerin gıda olarak tüketilmesi ile ilgili riskler üç ana grup altında toplanmaktadır (Kulikov 2005).

A) Gıda Olarak Riskleri

1) Transgenik bitkilerdeki aktarılan gen veya genlerin ürettiği proteinin bu bitkilerden üretilen gıdalara tüketenlere alerjik ve toksik etki yapması

2) Transgenik Proteinlerin bitki metabolizmasındaki pleiotropik etkileri sonucu ortaya çıkabilecek riskler

3) Herbisite toleranslı bitkilerde herbisit ve metabolitlerinin birikmesinden kaynaklanan riskler

4) Bitkilere aktarılan bakteriyel genlerin insan ve hayvanlarda simbiyotik olarak yaşayan bakterilere horizontal olarak transfer olması riski

B) Ekolojik Riskler

1) Dar Bir Genetik Tabandan geliştirilen Transgenik Bitkilerin Tarımının Yaygınlaşması ile Kültür Bitkilerinde Çeşitliliğin Azalması

2) Transgenik Bitkilerden Yabani akrabalarına gen kaçışı sonucu biyoçeşitliliğin azalması ve süper yabancı otların ortaya çıkışı

3) Transgenik bitkilere aktarılan bakteri kökenli genlerin toprak mikroflorasına horizontal olarak geçme riski

4) Toksik Transgenik Proteinlerin Hedef Dışı Organizmaları Olumsuz yönde Etkilemesi

5) Transgenik bitkilerin ürettiği toksik proteinlere hedef organizmaların dayanıklılık kazanması

C) Sosyo - Ekonomik Riskler

- 1) Pahalılık
- 2) Tek tip çeşit ve ilaç kullanımı
- 3) Tohumluğun her yıl yenilenmesi
- 4) Çeşit karışımı

5) Transgenik çeşit yetiştiren ülke konumuna gelinmesi:

Transgenik Bitki Tarımının Geleceği

Transgenik bitkilerle ilgili olarak kamuoyunda dile getirilen kritiklerden birisi, bu teknolojinin 4 bitki türü (soya, mısır, pamuk, kanola) ve iki özellik (herbicide tolerans ve böceğe dayanıklılık) ile sınırlı olmasıdır (James 2014). Günümüzde üzerinde gen transferi çalışması yapılmayan bir kültür bitkisi bulunmamaktadır (Liana 2012). Ancak, bu çalışmalar büyük ölçüde araştırma düzeyinde kalmış, araştırma sonuçları ticarileştirilmemiştir. Bu duruma neden olarak, ekonomik nedenler, bu ürünlerin ticarileştirilmesindeki güçlükler ve kamuoyunda transgenik bitkilere karşı olumsuz tepki olması gösterilebilir. Son yıllarda tarımı yapılan bitki türü sayısında artış olmuştur. Ancak, ticarileştirilen yeni transgenik bitkiler çok geniş alanlara yayılamamıştır. Örneğin, şeker pancarı ABD ve Kanada ile sınırlı kalmış, kabak Çin ve ABD'de, Papaya Hawaii'de, patlıcan Hindistan ve Bangladeş'te yetiştirilmektedir. Gelecek 5-10 yılda transgenik elma, muz, kasava, turunçgil, inek bürülcesi, yer fıstığı, hardal, patates, ayçiçeği, şeker kamışı ve buğday'ın transgenik çeşitlerinin ticarileştirilmesi beklenmektedir (James 2014).

Halen tarımı yapılan transgenik bitkilere aktarılan böceklere dayanıklılık, herbicide tolerans veya virüs hastalığına dayanıklılık gibi özellikler bir veya birkaç gen tarafından kontrol edilen karakterlerdir (Tsafaris et al. 2000). Buna karşılık verim ve abiyotik stres koşullarına tolerans gibi kompleks özellikler çok sayıda gen ile kontrol edilir. Bu karakterlerin kalıtımı basit Mendel Genetiği kurallarını izlemez (Lijsebettens et al. 2013). Çünkü genetik ve fenotipik varyasyonlar arasındaki ilişki linear değildir. Çevre varyasyonu fenotipi etkiler. Strese karşı tolerans, verim, su ve besin maddesi alma etkinliği gibi kompleks karakterler bir veya çok sayıda biyokimyasal süreci

etkileyen çok sayıda genin aktarılmasını gerektirir. Yüksek bitkilerin genomlarının yapısal ve fonksiyonel analizindeki gelişmeler kompleks karakterlerin kontrolünde söz konusu olan biyokimyasal süreçlerle ilgili önemli bilgiler sağlayacaktır. Bu bilgiler bilim insanlarının kompleks karakterlerle ilgili biyokimyasal süreçlerin tanımlanması ve bu süreçlerin yeni bitkilere aktarılmasına olanak sağlayacaktır. Biyoyakıt üretimi veya biyoplastik üretimi gibi endüstriyel amaçlarla kullanılabilecek bitkilerin geliştirilmesi ve tıbbi ve tarımsal teşhis amacıyla antibiyotik elde etmek için hayvanlar yerine bitkilerin kullanılması yanında hastalıklara karşı aşuların geliştirilecek bitkilerde elde edilecek gıdalarla verilmesi mümkün olabilecektir.

Sonuç

Halen tarımı yapılan transgenik bitkilere gen aktarımı *Agrobacterium tumefaciens* bakterisi aracılığıyla ve biyolistik yöntemi gibi direkt gen aktarma yöntemleri ile yapılmıştır. ZFN (çinko parmak nükleazları), CRISPR (düzenli aralıklı gruplanmış kısa palindromik tekrarları ile ilgili nükleaz sistemleri ve TALENs (transkripsiyon aktivatör benzeri etki eden nükleazlar) gibi yeni teknolojilerin uygulanması ile gen aktarma işleminin etkinliği artırılacaktır. Bu yeni teknolojiler önceden belirlenen bir lokustan DNA'nın kesilmesine ve genomda maksimum düzeyde ekprese olabileceği optimum lokusa aktarılmasına olanak sağlamaktadır.

Kaynaklar

- Anonim, 2015. Biyogüvenlik Kurumu. <http://www.tbddm.gov.tr/>
- Brookes G. and Barfoot P., 2015 a. GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2013. PG Economics Ltd, UK. Dorchester, UK. www.pgeconomics.co.uk
- Brookes G. and Barfoot P., 2015 b. Global income and production impacts of using GM crop technology 1996–2013, GM Crops & Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain, 6:1, 13-46
- Chilton M.D., Drummond M.H., Merio D.J., Sciaky D., Montoya A.L., Gordon M.P. and Nester W., 1977. Stable incorporation of plasmid DNA into higher plant cells: the molecular basis of crown gall tumorigenesis. Cell 11: 263-271
- Daniel H., Datta R., Varma S., Gray S. and Lee S.B., 1998. Containment of herbicide resistance through genetic engineering of the chloroplast genome. Nature Biotechnol. 16: 345-348.

- Espin F.M.I. and Santamaria J.M., 2014. An overall viewpoint of 30 years of genetically modified crops on the South American perspective. *Theor. Exp. Plant Physiol* 26: 127-134
- Fraley R.T., Rogers S.G., Horsch R.B., Sanders P.R., Flick J.S., Adams S.P., Bittner M.L., Brand L.A., Fink C.L., Fry J.S., Galluppi G.R., Goldberg S.B., Hoffmann N.L. and Woos C., 1983. Expression of bacterial genes in plant cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* Vol. 80, pp. 4803-4807
- Huang J., Hu R., Pray C., Qiao F., and Rozelle S., 2003. Biotechnology as an alternative to chemical pesticides: a case study of Bt cotton in China. *Agricultural Economics* 29 55-68
- Jacobsen S.E., Sorensen M., Pedersen S. and Weiner J., 2013. Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *Agron. Sustain. Dev.* DOI 10.1007/s13593-013-0138-9
- James C., 1996. Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants: 1986 to 1995. www.isaaa.org
- James C., 1997. Global Status of Transgenic Crops in 1997. ISAAA Briefs No. 5.: 31
- James C., 2012. Global Status of Transgenic Crops in 2012. ISAAA Briefs No. 44
- James C., 2014. Global Status of Transgenic Crops in 2014. ISAAA Briefs No. 49
- Khan M.H., Lone A.A. and Wani S.H., 2013. Genetic engineering for crop improvement. *Jour PI Sci Res* 29 (1) : 5- 13
- Klümper W. and Qaim M., 2014. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PLoS ONE* 9(11): e111629
- 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., Meghi R.M., Merlin E., Rhodes R., Warren W.G., Wright M. and Evola S.V., 1993. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Nat Biotechnol* 11:194–200
- Krishna V.V. and Qaim M., 2008. Potential impacts of Bt eggplant on economic surplus and farmers' health in India. *Agricultural Economics* 38 167-180.
- Kulikov A.M., 2005. Genetically Modified Organisms and Risks of Their Introduction. *Russian Journal of Plant Physiology*, 52 (1): 99–111.
- Liana P.D., 2012. Transgenic Plants – Advantages Regarding Their Cultivation, Potentially Risks and Legislation Regarding GMO's. In: *Transgenic Plants –Advances And Limitations*, Y.Ö. Ciftci (ed), PP: 409-426.
- Moloney M.M., Walker J.M. and Sharma K.K., 1989. High efficiency transformation of *Brassica napus* using *Agrobacterium* vectors. *Plant Cell Rep* 8(4):238–242.
- Padgett S.R., Kolacz K.H., Delannay X., Re D.R., LaVallee B.J., Tinius C.N., Rhodes W.K., Otero Y.I., Barry G.F., Eichholtz D.A., Peschke V.M., Nida D.L., Taylorand N.B. and Kishore G.M., 1995. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. *Crop Sci* 35:1451-1461
- Paine J.A., Shipton C.A., Chaggar S., Howells R.M., Kennedy M.J., Vernon G., Wright S.Y., Hinchliffe E. and Adams J.L., 2005. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nature Biotechnology* 23 (4): 482–7
- Perlak F.J., Deaton R.W., Armstrong T.A., Fuchs R.L., Sims S.R., Greenplate J.T. and Fischhoff D.A., 1990. Insect resistant cotton plants. *Bio/Technology* 8:939–943
- Thomison P., 2013. What's Enogen Corn? *Corn Newsletter* 40. <http://agcrops.osu.edu/corn/newsletters>
- Tsaftaris A.S, Polidoros A.N., Karavangeli M., Naniou-Obeidat I., Madesis P. and Goudoula C. 2000. Transgenic crops: Recent developments and prospects. In: *Biological Resource Management-Connecting Science and Policy*, Balazs, E., Galante, E., Lynch, J.M., Schepers, J.S., Toutant, J.-P., Werner, D., Werry, P.A.T.J. (eds), pp: 187-203, Springer, Berlin
- Vaeck M., Reynaerts A., Höfte H., Jansens S., De Beuckeleer M., Dean C., Zabeau M., Van Montagu M. and Leemans J., 1987. Transgenic plants protected from insect attack. *Nature* 328, 33–37
- Van Lijsebettens M., Angenon G. and De Block M., 2013. Transgenic plants: from first successes to future applications. *Int. J. Dev. Biol.* 57: 461-465
- Wang Y, Cheng XC, Zhang Y, Liu J, Gao C, and Qui JL, 2014. Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew. *Nature Biotechnology* 32:947-951
- Wu F., 2006. Bt Corn's Reduction of Mycotoxins: Regulatory Decisions and Public Opinion. In: *Regulating Agricultural Biotechnology: Economics and Polic*, PP:179-200