



Genetiği Değiştirilmiş Tarım Ürünlerinin Küresel Düzeyde Olası Etkileri

Seda YILMAZ ÇEBİ^{1*}, Emine OLHAN²

Öz: Küresel düzeyde ekimi 20 yılı aşkın süredir devam eden genetiği değiştirilmiş (GD) tarım ürünlerinin ekim alanı 2017 yılında 189,8 milyon hektara kadar ulaşmıştır. Ticari amaçlı yetiştirilen GD tarım ürünlerinin çoğu herbisit dirençli, böcek dirençli ya da her iki özelliği birlikte taşımaktadır. Bu ürünlerin açlık ve yetersiz beslenme sorununa çözüm olduğu, verim arttırıcı özelliği ve üretim artışı yoluyla çiftlik gelirlerini arttırdığı ve pestisit kullanımını azaltması dolayısıyla çevre üzerinde olumlu etkisi olduğu iddialarının yanında; sağlık, çevre ve biyoçeşitlilik üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu ileri sürülmektedir. Bu çalışmada güncel veriler ışığında GD tarım ürünlerinin dünyadaki mevcut durumu ve bu ürünlerin ekiminin ve kullanımının sağlık, beslenme, sosyoekonomi, kültürel, etik ve dini değerler ile çevre ve biyoçeşitlilik üzerindeki olası olumlu ve olumsuz etkilerinin değerlendirilmesi ve yorumlanması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: GDO, GD tarım ürünleri, sağlık, sosyoekonomik, çevre, biyoçeşitlilik.

Possible Global Impacts of Genetically Modified Crops

Abstract: The cultivation area of genetically modified (GM) crops, which have been cultivated for more than 20 years, has reached to 189.8 million hectares in 2017. Most commercially grown GM crops are herbicide-resistant, insect-resistant, or both. Besides the claims that GM crops are solution to hunger and malnutrition problem and increase farm income through enhanced productivity and production and also have a positive effect

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Seda YILMAZ ÇEBİ, 1 Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, sedayilmaz99@gmail.com, [OrcID 0000-0002-8618-8002](https://orcid.org/0000-0002-8618-8002)

² Emine OLHAN, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Ankara, Türkiye, olhan@agri.ankara.edu.tr, [OrcID 0000-0003-2263-2861](https://orcid.org/0000-0003-2263-2861)

on the environment due to the reduced use of pesticides, there are counter claims asserting their adverse effects on health, environment and biodiversity. This study aims to evaluate and interpret the current global status of GM crops and their possible positive and negative effects on health, nutrition, socioeconomics and cultural, ethical and religious values, environment and biodiversity.

Keywords: GMO, GM crops, health, socioeconomic, environment, biodiversity.

Giriş

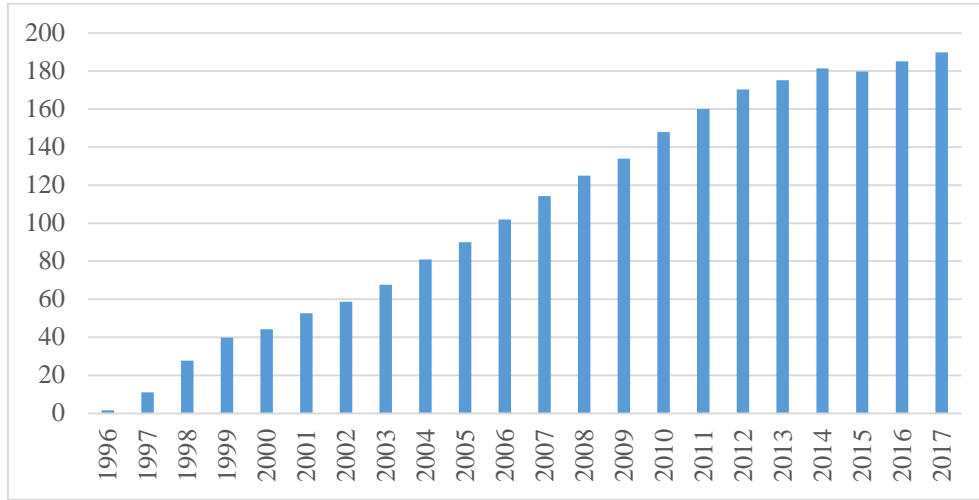
Modern biyoteknoloji yoluyla gen aktararak elde edilmiş, insan dışındaki canlı organizmalara Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO) (TBBDM, 2010) veya transgenik denilmektedir. Bilim insanları, farklı organizmalar arasında DNA transferinin mümkün olduğunu ilk kez 1946 yılında keşfetmiş, ilk genetiği değiştirilmiş (GD) bitki olan antibiyotik dirençli tütün 1983 yılında üretilmiştir. 1994 yılında ise genetiği değiştirilmiş bir ürün olan uzun raf ömürlü “Flavr Savr™” domatesin Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından piyasaya sürülmesine izin verilmiş (Fabiansson ve Fabiansson, 2016), ancak pazarlama yöntemlerindeki hatalar ve tüketici talebinin azlığı sebebiyle üretimi durdurulmuştur (Atsan ve Kaya, 2008).

Dünyada ekim alanı 2017 yılında 189,8 milyon hektara ulaşan GD tarım ürünlerinde genetik değişiklik yoluyla elde edilen en baskın özellik herbisit toleransı olmuştur. İkinci ve üçüncü kuşak GD bitkiler (ve yakın zamanda da hayvanlar) geliştirildikçe, daha geniş yelpazede birçok özellik (ürün kalitesini ve raf ömrünü arttırma gibi tüketiciyi doğrudan ilgilendiren özellikler) ortaya çıkmıştır (Ludlow ve ark., 2014; Stewart ve McLean, 2005). GD tarım ürünlerinin her geçen yıl ekim alanının artması ve gıda ve yem amaçlı olarak kullanımı, başta sağlık ve çevre olmak üzere birçok alanda endişeleri ve tartışmaları beraberinde getirmektedir.

Bu çalışma ile, GD tarım ürünlerinin dünyadaki mevcut durumu ve bu ürünlerin ekiminin ve kullanımının sağlık, beslenme, sosyoekonomi, kültürel, etik ve dini değerler ile çevre ve biyoçeşitlilik üzerindeki olası olumlu ve olumsuz etkileri güncel veriler ışığında kapsamlı bir şekilde incelenerek, değerlendirilmektedir.

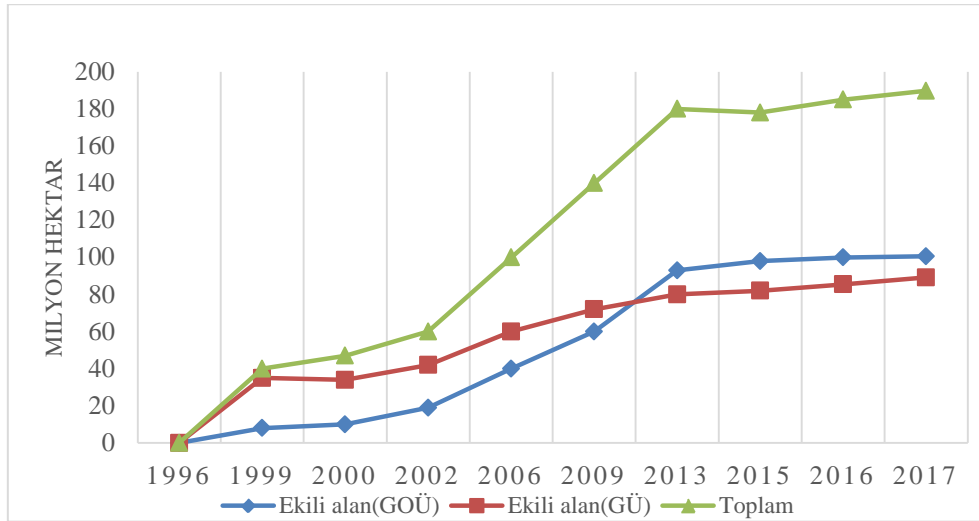
Dünyada Genetiği Değiştirilmiş Tarım Ürünlerinin Mevcut Durumu

GD tarım ürünlerinin dünyada ekimine 1996 yılında 1,7 milyon hektar ile başlanmış olup, 2017 yılına gelindiğinde ekim alanı yaklaşık 110 kat artarak 189,8 milyon hektara (Şekil 1) ulaşmıştır (ISAAA, 2017).



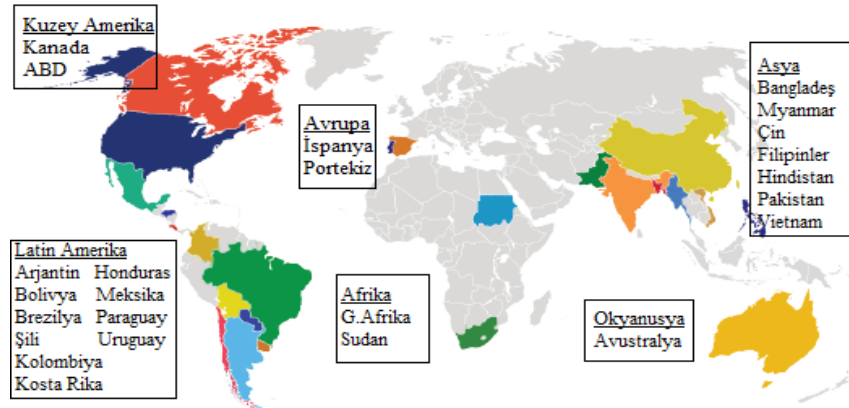
Şekil 1: GD tarım ürünlerinin ekim alanı (Milyon hektar) (ISAAA, 2017)

2011 yılından önce GD tarım ürünlerinin gelişmiş ülke (GÜ)'lerde, gelişmekte olan ülke (GOÜ)'lere oranla daha fazla alanda ekimi yapılmış olup (Şekil 2), 2011 yılında her ikisinde de neredeyse eşit oranda ekimi yapılmıştır. 2011 yılı sonrasında ise, GOÜ'lerde GÜ'lere oranla daha fazla alanda yetiştirilmiştir. 2017 yılına gelindiğinde ise, GOÜ'lerle GÜ'ler arasındaki fark 11,4 milyon hektara ulaşmıştır (ISAAA, 2017).



Şekil 2: GD tarım ürünlerinin GOÜ ve GÜ'lerde ekim alanları (Milyon hektar) (ISAAA, 2017)

2017 yılında 6 kıtada; 19'u GOÜ ve 5'si GÜ olmak üzere toplam 24 ülkede ekimi yapılan GD tarım ürünleri (Şekil 3), yaklaşık 17 milyon çiftçi tarafından yetiştirilmektedir.



Şekil 3: 2017 yılında GD tarım ürünleri yetiştiren ülkeler (ISAAA, 2017)

Bu 24 ülkenin 18'inde, GD tarım ürünü yetiştirilen alan 50.000 hektar ve üzerindedir. 2017 yılı rakamlarına göre; dünya çapındaki toplam GD ekim alanının %40'ı ile Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ilk sırada gelmekte, onu %26 ile Brezilya izlemektedir.

Çizelge 1. 2016-2017 yıllarında ülke bazında GD tarım ürünleri ekim alanları (Milyon hektar) (ISAAA, 2017)

Sıra	Ülke	2016	2017
1	ABD*	72,9	75,0
2	Brezilya*	49,1	50,2
3	Arjantin*	23,8	23,6
4	Kanada*	11,1	13,1
5	Hindistan*	10,8	11,4
6	Paraguay*	3,6	3,0
7	Pakistan*	2,9	3,0
8	Çin*	2,8	2,8
9	Güney Afrika*	2,7	2,7
10	Bolivya*	1,2	1,3
11	Uruguay*	1,3	1,1
12	Avustralya*	0,9	0,9
13	Filipinler*	0,8	0,6
14	Myanmar*	0,3	0,3
15	Sudan*	0,1	0,2
16	İspanya*	0,1	0,1
17	Meksika*	0,1	0,1
18	Kolombiya*	0,1	0,1
19	Vietnam	<0,1	<0,1
20	Honduras	<0,1	<0,1
21	Şili	<0,1	<0,1
22	Portekiz	<0,1	<0,1
23	Bangladeş	<0,1	<0,1
24	Kosta Rika	<0,1	<0,1
25	Slovakya	<0,1	-
26	Çek Cumhuriyeti	<0,1	-
	Toplam	179,7	189,8

* 50,000 hektar veya üzerinde GD tarım ürünü ekim alanına sahip ülkeler

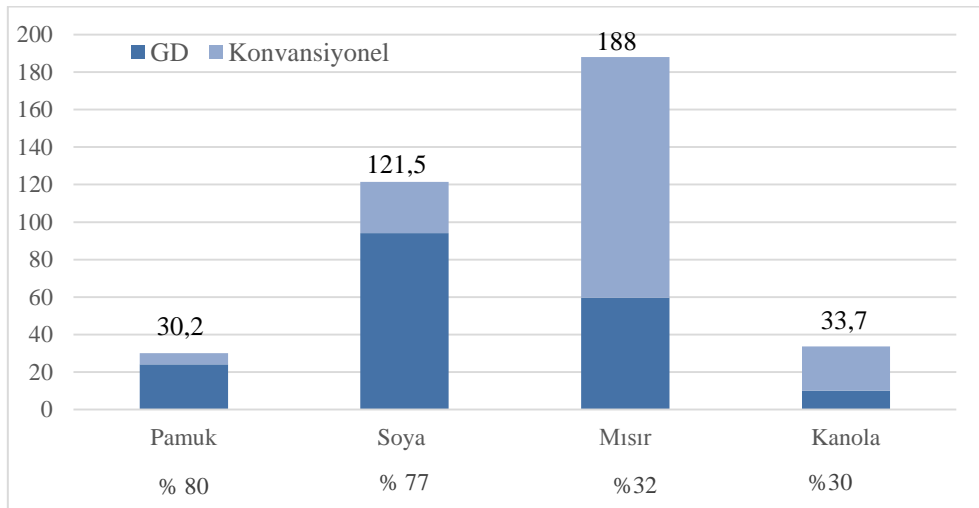
2017 yılında küresel düzeyde tüm GD tarım ürünleri ekim alanının % 50'sini GD soya (94,1 milyon hektar) oluşturmaktadır. GD mısır, GD pamuk ve GD kanola ise, toplam ekim alanının sırasıyla %31 (59,7 milyon hektar), %12 (24,1 milyon hektar) ve %5 (10,2 milyon hektar)'ini oluşturmaktadır (ISAAA, 2017).

Çizelge 2. 2016 ve 2017 yıllarında GD tarım ürünleri ekim alanları (Milyon hektar) (ISAAA, 2017)

	2016	2017
Soya fasulyesi	91,4	94,1
Mısır	60,6	59,7
Pamuk	22,3	24,1
Kanola	8,6	10,2
Alfalfa	1,2	1,2
Şeker pancarı	0,5	0,50
Papaya	<1	<1
Diğer*	<1	<1
Toplam	185,1	189,8

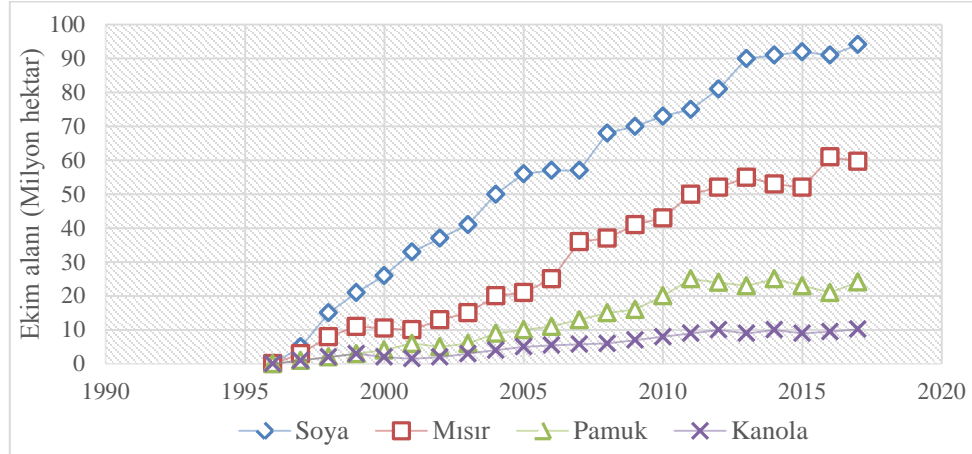
*Diğer: GD kabak, GD patates, GD patlıcan ve GD elma

2017 yılında en fazla ekimi yapılan dört GD tarım ürününün (soya fasulyesi, mısır, pamuk ve kanola) ekim alanları ve bu ürünlerin küresel düzeyde toplam ekim alanları içerisindeki payları Şekil 4'te görülmektedir. Buna göre; 30,2 milyon hektarlık küresel pamuk ekim alanının %80'ini GD pamuk, 121,5 milyon hektarlık soya fasulyesi ekim alanının %77'sini GD soya fasulyesi, 188 milyon hektarlık mısır ekim alanının %32'sini GD mısır ve 33,7 milyon hektarlık kanola ekim alanının %30'unu ise GD kanola oluşturmaktadır (ISAAA, 2017).



Şekil 4. Temel GD tarım ürünlerinin benimsenme oranları (Milyon hektar) (ISAAA, 2017)

1996 yılından 2017 yılına kadarki süreçte ekimi en fazla yapılan GD tarım ürünlerinin ekim alanlarına bakıldığında, bazı yıllar yaşanan dalgalanmalar dışında ekim alanlarının genellikle artış eğiliminde olduğu gözlenmektedir (ISAAA, 2017).



Şekil 5. 1996-2017 yılları arasında temel GD tarım ürünlerinin ekim alanları (ISAAA, 2017)

1996 yılından günümüze kadar yetiştirilen GD tarım ürünleri içerisinde baskın özellik herbisit toleransı olup, bunu çoklu özellikli (stacked), böcek direnci, virüs direnci ve diğer özellikler izlemektedir. 2017 yılında herbisit toleranslı (HT) soya fasulyesi, HT mısır, HT kanola, HT pamuk, HT şeker pancarı ve HT alfalfa yerleştirilen alan, toplam GD ürün ekim alanının %47 (88,7 milyon hektar)'sine karşılık gelmektedir (ISAAA, 2017).

Çizelge 3. 2016 ve 2017 yıllarında özelliklerine göre GD tarım ürünleri ekim alanları (Milyon hektar) (ISAAA, 2017)

	2016	2017
Herbisit toleransı	86,5	88,7
Çoklu özellikli (Stacked Traits)	75,4	77,7
Böcek direnci	23,1	23,3
Virüs direnci/ vd.	<1	<1
Toplam	185,1	189,8

GDO'lara İlişkin Yasal Düzenlemeler

Birleşmiş Milletler (BM) Biyoçeşitlilik Sözleşmesi'ne ek bir protokol olarak hazırlanan Cartagena Biyogüvenlik Protokolü, ihtiyatlılık ilkesi temelinde GDO'ların sınır ötesi hareketlerine ilişkin uluslararası düzeyde bağlayıcılığı olan ilk hukuk düzenlemesidir. Protokol 2000 yılında kabul edilmiş 2003 yılında yürürlüğe girmiştir. Günümüzde 171 ülkenin taraf olduğu Protokol, insan sağlığına yönelik riskler göz önünde

bulundurularak, GDO'ların güvenli şekilde muamelesi, taşınması ve kullanımının garanti altına alınmasını amaçlamaktadır (BCH, 2012).

GDO'ların neden olabileceği sorunların önüne geçmek veya meydana gelen sorunları çözmek ve ortaya çıkabilecek zararlardan hukuki ve cezai yönden sorumlu olanları ve bu sorumluluğun kapsamını ve koşullarını belirlemek amacıyla protokolü imzalayan ülkeler iç hukuklarında çeşitli düzenlemeler yapmışlardır (Gürpınar, 2013).

Avrupa Birliği'nde GDO'larla ilgili yasal düzenlemelerin ana çerçevesini; GDO'ların Çevreye Kasıtlı Serbest Bırakılması Hakkındaki Direktif (2001/18/EC sayılı), GD Gıda ve Yem Hakkındaki Tüzük (1829/2003//EC), GDO'ların ve GDO'lardan Üretilen Gıda ve Yemin İzlenebilirliği ve Etiketlenmesine Dair Tüzük (1830/2003/EC), GD Mikroorganizmaların Kapalı Alanda Kullanımına İlişkin Konsey Direktifi (2009/41/EC) ve Üye Devletlere Kendi Topraklarında GDO Ekimini Kısıtlama veya Yasaklama İmkânı Veren AB Direktifi (2015/412/EU) oluşturmaktadır (Anonymous, 2018).

Bu yasal çerçevenin amaçları ise; GDO'lar piyasaya sunulmadan önce güvenilirlik değerlendirmesinin yapılarak, insan ve hayvan sağlığının ve çevrenin korunması, GDO'ların risk değerlendirmesi ve onayı için uyumlaştırılmış prosedürlerin yürürlüğe konulması, piyasaya sürülen GDO'ların açık bir şekilde etiketlenmesinin ve izlenebilirliğinin sağlanmasıdır. AB'de Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından risk değerlendirmesi yapılan ve olumlu görüş verilen GDO'lar hakkında Avrupa Komisyonunda karar alınmaktadır. Bununla birlikte, 2015/412 sayılı Direktif'le üye ülkeler topraklarının bütününde ya da bir kısmında GD tarım ürünü ekimini risk değerlendirmesi dışında kalan sosyoekonomik, tarım politikası hedefleri, şehir ve bölge planları ve bunun gibi diğer sebeplerden ötürü kısıtlama hakkına kavuşmuştur (Anonymous, 2015).

Ülkemizde ise Cartagena Biyogüvenlik Protokolü ve AB mevzuatı dikkate alınarak hazırlanan 5977 sayılı Biyogüvenlik Kanunu ve yönetmelikleri (Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmalar ve Ürünlerine Dair Yönetmelik ve Biyogüvenlik Kurulu ve Komitelerin Çalışma Usul ve Esaslarına Dair Yönetmelik) 2010 yılında yürürlüğe girmiştir. Biyogüvenlik Kanunu ile; GDO ve ürünlerinden kaynaklanabilecek risklerin engellenmesi, insan, hayvan ve bitki sağlığı ile çevre ve biyoçeşitliliğin korunması, sürdürülebilirliğinin sağlanması için biyogüvenlik sisteminin kurulması, uygulanması ve denetlenmesi amaçlanmaktadır (TBBDM, 2010).

Ülkemizde GD bitki ve hayvan üretimi yasaktır. GDO veya ürünlerine ilişkin yapılan ithalat başvuruları hakkında kararı bilimsel risk değerlendirmesi ve sosyoekonomik değerlendirme sonuçlarına göre Biyogüvenlik Kurulu vermektedir (TBBDM, 2010). Kurul tarafından günümüze kadar 36 GD çeşidin (26 mısır ve 10 soya) yalnızca yem olarak kullanımına izin verilmiştir. Kurula gıda amaçlı yapılan başvurular, başvuru sahiplerince geri çekilmiştir. Gıda amaçlı kullanıma ilişkin herhangi bir onay bulunmadığından gıdalarda GDO'ların kullanımı yasaktır.

GD Tarım Ürünlerinin Olası Olumlu ve Olumsuz Etkileri

GD tarım ürünlerinin ekiminin ve kullanımının başta sağlık, ekonomik, çevresel olmak üzere birçok alanda fayda sağladığı ileri sürülmekle birlikte, uzun vadeli etkileri hakkında yeterince bilgi sahibi olunamadığından, gerek insan sağlığı ve çevre açısından gerekse sosyoekonomik ve kültürel açıdan risk oluşturabileceği konusunda endişeler sürmektedir.

Sağlık ve Beslenme

2017 yılı verilerine göre dünya nüfusu 7 milyarı aşmıştır. 2050 yılında ise nüfusun 10 milyara yaklaşacağı tahmin edilmektedir. BM'nin raporunda son yıllarda açlıkla mücadele edenlerin sayısının artmış olduğu ve 2017 yılında yetersiz beslenenlerin sayısının 821 milyona kadar çıktığı bildirilmiştir. Hızla artan dünya nüfusu karşısında artış gösteren açlık ve yetersiz beslenme ile mücadelede GDO teknolojisi bazı çevrelerce (Yuan ve ark., 2011; Delaney, 2015) çözüm olarak öne sürülmektedir. Bununla birlikte; Van Acker ve ark (2017)'a göre ise; GD tarım ürünlerinin yoksulların daha iyi beslemesine ve küresel yoksulluğun azaltılmasına katkı sağlayıp sağlamadığı henüz kanıtlanmamıştır. Aslında, küresel düzeyde halihazırda var olandan çok daha fazla nüfusu besleyecek kadar gıda bulunmaktadır. Ancak gıdanın küresel dağılımındaki eşitsizlikten dolayı gıdaya erişim sınırlıdır ve en yoksul kesimin mevcut gıdayı satın almaya gücü yetmemektedir. Böylelikle açlık, dünyada varlığını hala sürdürmektedir (DFID, 2010).

Temel tarım ürünlerinin vitamin ve mineral konsantrasyonunu arttırmak için uygulanan GD teknolojisinin 2 milyar insanı etkileyen küresel mikrobese yetersizliği sorunun çözümüne katkı sağladığı ileri sürülmektedir (De Steur ve ark., 2014).

A vitamini eksikliğini önlemek için insan vücuduna girdikten sonra A vitaminine dönüştürülebilen β -karoten ile zenginleştirilmiş gıdaların tüketimi etkili bir yaklaşımdır. (Wu ve ark., 2017). β -karoten bakımından zengin olacak şekilde genetiği değiştirilmiş bir ürün olan "Altın Pirinç" in etkin bir A vitamini kaynağı olduğu ileri sürülmektedir (Tang ve ark., 2009). Ancak ABD Tarım Bakanlığı tarafından yapılan açıklamada "Altın Pirinç" in herhangi bir sağlık beyanı oluşturabilecek düzeyde β -karoten içermediği belirtilmiştir (FDA, 2018a). Altın Pirinçte tespit edilen β -karoten seviyesinin (0,50-2,35 μ g/g) (FDA, 2018b); ıspanak (yaklaşık 111 μ g/g) ve brokolinin (yaklaşık 20 μ g/g) β -karoten değerleri (Li ve ark., 2017) ile kıyaslandığında oldukça düşük olduğu ve tek başına, ihtiyaç duyulan A vitamini kaynağı olamayacağı görülmektedir.

GD ürünlerin insan ve hayvanlar üzerine sağlık riskleri ile ilgili çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. GD tarım ürünlerinden elde edilen gıdaların olumsuz etkilerinin olduğuna dair belgelenmiş bir kanıt bulunmamakla birlikte, bu ürünlerin güvenilirliği ile ilgili değerlendirmelerin yeterliliği konusunda farklı görüşler mevcuttur (Goodman ve Tetteh, 2011). GD ürünlerin geleneksel ürünler kadar güvenilir ve besleyici olduğuna ilişkin çalışmaları yapan araştırmacılar ile buna karşı çıkanların sayısı neredeyse denk olsa da, güvenilir olduğunu ileri süren çalışmaların çoğunun GD ürünlerin ticarileştirilmesinden sorumlu biyoteknoloji şirketleri tarafından yürütüldüğü göz önünde bulundurulmalıdır (Domingo ve Bordonaba, 2011).

Bazı GD gıdalarla yapılan hayvan toksisite çalışmaları, bu ürünlerin birçok organı ve sistemi toksik olarak etkileyebileceğini göstermektedir (Carman ve ark., 2013; Dona ve Arvanitoyannis 2009). GD gıdalarla yapılan bazı çalışmalar; bu ürünlerin, hepatik, pankreatik, renal veya üreme etkileri gibi bazı ortak toksik etkilere neden olabileceğini ve hematolojik, biyokimyasal ve immünolojik parametreleri değiştirebileceğini ileri sürmektedir (Séralini ve ark., 2013; Dona ve Arvanitoyannis, 2009). Séralini ve ark. (2013) 90 gün boyunca GD mısırla beslenen farelerin idrarında fosfor ve sodyum atılımının azaldığını, trigliserit seviyesinin artış gösterdiğini ve hepatorenal toksisite ile ilgili bulgular tespit ettiklerini ve bu etkinin dozla bağlantılı olarak arttığını belirtmişlerdir.

Magaña-Gómez ve Calderón de la Barca (2009) tarafından yapılan çalışmada da GD ve konvansiyonel ürünlerin genellikle hayvanlarda benzer beslenme performansına ve büyümeye neden olmakla birlikte, bazı GD gıdalarının farklı organ veya dokularda istenmeyen mikroskobik ve moleküler etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Henüz GD gıdaların güvenilirliğinin değerlendirilmesine yönelik standart yöntemler bulunmamakla birlikte buna yönelik uyumlaştırma çalışmaları sürmektedir.

Böhn ve ark. (2014) tarafından genetiği değiştirilmiş, konvansiyonel ve organik olmak üzere toplam 31 soya fasulyesi numunesi üzerinde yapılan araştırma; organik soya fasüyesinin, GD ve konvansiyonel soyaya göre daha fazla şeker ve toplam protein, daha az doymuş yağ içerdiğini ve daha sağlıklı bir besin profiline sahip olduğunu göstermiştir. Bunun yanında; GD soya fasüyesinin yüksek oranda glifosat ve AMPA kalıntısı (sırasıyla ortalama 3.3 ve 5.7 mg/ kg) içerdiğini konvansiyonel ve organik soya numunelerinin ise, bu tarım kimyasallarını içermediğini ortaya koymuştur.

3 GD mısır (NK 603, MON 810 and MON 863) çeşidinin sağlık üzerine etkisinin 90 günlük fare besleme deneyleri yoluyla araştırılması sonucunda karaciğer ve böbrek fonksiyonları üzerinde olumsuz etki ettiği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte GD ürünlerin akut ve kronik toksik etkileri hakkında tam bir bilimsel gerçek veriye ulaşılabilmesi için iki yıla kadar süren, çok nesilli hayvan besleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir (De Vendômois ve ark., 2009).

Brookes ve Barfoot (2017) ise; böceğe dayanıklı GD ürünlerin, özellikle birçok pestisit uygulandığı ve koruyucu giysi ve teçhizatın sınırlı kullanıldığı gelişmekte olan ülkelerde çiftçiler ve tarım işçileri için sağlık ve güvenlik riskini azalttığını ileri sürmektedir.

GDO'larla ilgili sağlık riski konularından en önemlilerinden birisi de alerjik etkileridir. Gıda alerjileri yetişkin nüfusunun % 2-4'ünü çocuk nüfusununsa % 8-9'unu etkileyen önemli bir halk sağlığı sorunudur. GD ürünlerin potansiyel alerjenitesi iki şekilde ifade edilebilir. İlki; bir GDO'dan elde edilen yeni bir protein yeni bir alerji kaynağı olabilir veya başka alerjenlerle etkileşerek duyarlı bireyler üzerinde etki edebilir. İkincisi; ürünün mevcut alerjenitesi, gen teknolojisi ile değişikliğe uğrayarak farklı bir şekle dönüşebilir (Kleter ve Peijnenburg, 2004).

GDO'lardan elde edilen yeni proteinlerin potansiyel alerjenitesi, bu organizmaların güvenilirliğinin değerlendirmesi açısından önemlidir (Kleter ve Peijnenburg, 2004). Yeni proteinlerin pratikte alerjik riski konusunda tam bir kesinlik sağlama olasılığı bulunmamaktadır. Tek başına bir test veya parametre, bir proteinin

veya peptidin alerjenliğini tahmin etmek için yeterli kanıt sağlayamaz. Ayrıca, alerjik hastalığın gelişimi sadece alerjene değil, aynı zamanda bireyin genetik yatkınlığına ve diğer çevresel faktörlere de bağlıdır (Naegeli ve ark., 2017).

Nordlee ve ark.(1996) tarafından besin kalitesini arttırmak amacıyla Brezilya fıındığından soya fasulyesine 2S albumin geni aktarılmasıyla geliştirilen GD soya fasulyesinin Brezilya fıındığına alerjisi olan bireylerde alerjik etkilere yol açtığı belirlenmiştir. Böylelikle alerjik olduğu bilinen bir gıdadan alınan bir alerjenin, gen teknolojisi ile başka bir gıdaya aktarılabilceği ortaya konulmuştur. Ayrıca, Bacillus thuringiensis (Bt) bakterisinden pestisit özelliği taşıyan Cry9c geninin aktarılmasıyla elde edilen “Starlink” adlı GD mısırın tüketimi sonucunda birçok alerjik reaksiyon vakasının görüldüğü bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2016).

GD ürünler ile ilgili diğer bir sağlık riski tartışması ise antibiyotik direnci üzerinedir. GD bitki ve tohumların geliştirilmesinde GD hücrelerin GD olmayanlardan ayırt edilmesi için antibiyotik direnç genlerinin yaygın şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Antibiyotik direnç genleri gibi yeni genlerin bitkiden çevresel mikroorganizmalara geçişinin mümkün olabileceği ileri sürülmektedir. Bu durum, antibiyotiklerin insan ve hayvanlar üzerindeki tedavi edici etkisini kaybetmesine yol açabilir (Midtvedt, 2014).

Sosyoekonomi

ABD’de Ulusal Bilim, Mühendislik ve Tıp Akademileri Komitesi herbisite dayanıklı veya böceğe dirençli özelliklere (veya her ikisine) sahip GD soya fasulyesi, GD pamuk ve GD mısır çeşitlerinin genellikle bu ürünleri kullanan üreticiler için olumlu ekonomik sonuçlar doğurduğunu ancak sonuçların yüksek oranda değişken olduğunu bildirmiştir (Anonymous, 2016).

Klümper ve Qaim, (2014) tarafından yapılan çalışmada; 1995-2014 yılları arasında, GDO teknolojisine ilişkin 147 çalışmanın meta analizi sonucunda bu teknolojinin benimsenmesinin tarımsal verimde %22 artış sağladığı belirtilmektedir.

Brookes ve Barfoot (2017) ise; GD tarım ürünlerinin verimlilik ve üretim artışı nedeniyle çiftlik gelirini arttırdığını ve 1996-2015 yılları arasında küresel çiftlik geliri artışının yaklaşık 167,8 milyar Dolar (Çizelge 4) olduğunu ileri sürmektedir.

Çizelge 4. 1996-2015 yılları arasında küresel düzeyde çiftlik gelirindeki artış (Brookes ve Barfoot, 2017)

GD özellik	Çiftlik gelirindeki artış (Milyon Dolar)
HT soya fasulyesi	50.039,7
HT + Böcek dirençli soya fasulyesi	2.405,2
HT mısır	11.103,8
HT pamuk	1.772,7
HT kanola	5.479,6
BD mısır	45.958,1
BD pamuk	50.274,8
Diğer	717,3
Toplam	167.751,2

Gurian-Sherman (2009) ise; GD tarım ürünleri değerlendirilirken potansiyel ve fiili olmak üzere iki tür kazanç arasında ayrımın yapılmasının önemine vurgu yapmaktadır. Buna göre; potansiyel kazanç elde edilebilecek en yüksek kazanç olup ürün ideal koşullar altında yetiştirildiğinde elde edilirken; fiili kazanç, zararlılar ve stres gibi çevresel faktörlerin bulunduğu saha koşullarında kazancın idealden önemli ölçüde daha az olduğu durumlarda elde edilmektedir. Buna göre; mevcut GD çeşitlerin, hiçbir tarım ürününün potansiyel kazancını arttırmadığı belirtilerek; 20. yüzyılda mısır ve soya fasulyesinin potansiyel kazancındaki artışın GD özelliklerinin bir sonucu olarak değil, geleneksel ıslahta elde edilen başarılarla bağlı olarak ortaya çıktığı öne sürülmektedir.

Herbise toleranslı GD soya fasulyesi ve mısırın, diğer mevcut herbisitlere dayanan geleneksel yöntemlere kıyasla fiili kazancı arttırmadığı belirtilmektedir. Avrupa mısır kurdu istilalarının yüksek olduğu durumlarda; Bt mısırın, insektisit kullanımı dahil olmak üzere geleneksel uygulamalara kıyasla % 7-12'lik bir fiili kazanç sağlayabildiği ancak istilanın düşük veya orta düzeyde olduğu durumlarda insektisit uygulanmayan geleneksel mısırlara kıyasla neredeyse hiçbir avantaj sağlamadığı bildirilmektedir (Gurian-Sherman, 2009).

AB'de halihazırda ticari olarak ekimi yapılan GD mısır çeşidi Bt mısır-MON 810, kazancın artmasına neden olsa da, bölgesel farklılıklar bulunmaktadır. Ayrıca, MON 810 ekimi çiftçiler ve tohum üreticilerine fayda sağlasa da, tüketiciler ve yem üreticileri için herhangi bir fayda sağlamamaktadır (Gómez-Barbero ve Rodriguez-Cerezo, 2007).

ABD Tarım Bakanlığı (USDA) verileri, ABD'de pamuk tohumu fiyatlarının GD pamuk üretiminin başlamasından bu yana 3-4 kat arttığını göstermektedir. Bunun yanında, GD tohumların telif hakkı ücretleri Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerdeki pamuk tohumu fiyatlarını önemli ölçüde arttırmaktadır (McIntyre, 2009). İspanya'da ise; GD tohum fiyatları bölgeden bölgeye değişiklik göstermekle birlikte ülke genelinde GD olmayan tohumlara kıyasla yüksektir (Gómez-Barbero ve Rodriguez-Cerezo, 2007). Genel olarak, GD tohumların fiyatlarının yüksek olmasının, tohum şirketlerine tekeli güç veren fikri mülkiyet haklarının bir sonucu olduğu değerlendirilmektedir (Finger ve ark., 2011).

GD ürünleri geliştiren şirketler, bu ürünlerin satışından elde edilen kârın yanı sıra, fikri mülkiyet hakları sistemi ve pazarlama planları yoluyla araştırma ve geliştirme yatırımlarını karşılamaktadır. GD tohumlar genelde ticarileştirildiği ülkede standart bir fiyata satılmakta; diğer bir deyişle zengin veya fakir tüm çiftçilere aynı fiyat uygulanmaktadır. Örneğin Filipinler'de GD mısır Mon 810'un fiyatı, eşdeğeri GD olmayan hibrit mısır tohumunun fiyatının iki katından fazladır. Mısır çiftçilerinin en az %60'ının işlediği arazinin sahibi olmadığı bir ülkede bu fiyatın çok yüksek olduğu açıktır. Bu piyasa gerçekliğini göz önüne alan Monsanto, GD mısır tohumunun yüksek maliyetini karşılayabilen zengin ve orta gelirli çiftçilere yönelik bir pazarlama planı benimsemektedir. Şirketin Bt mısırın sağladığı faydalarla ilgili iddialarının doğru olduğu kabul edildiğinde, bundan yararlanacak olanların tohumluk maliyetini karşılayabilen ve hali hazırda yüksek gelir sağlayan çiftçiler olduğu açıktır. Bu durum, beklendiği gibi kırsal alanlarda gelir eşitsizliği ve servet dağılımı sorununu ağırlaştıracaktır (Daño, 2007).

GD tarım ürünlerinin yetiştirilmesi çiftçilerin kendi tohumlarını bir sonraki yıl için ayıramamalarına böylelikle her sene tohum satın almak zorunda kalmalarına sebep olabilir. Bu durum çiftçilerin tarımsal kimyasalların yanında tohumlukta da şirketlere bağımlı olmasına yol açar. Dünyada GD tarım ürünlerinin yetiştirilmesinin yaygınlaşması ile gıda arzının kontrolü piyasayı tekelinde bulunduran birkaç şirketin eline geçecek ve bu durum bilim ve teknolojide geri kalmış birçok ülkenin gıdada da dışa bağımlı hale gelmesine yol açacaktır (Olhan, 2010).

Kırsal işgücü, kırsal işsizliğin yaygın ve sürekli bir problem olduğu birçok gelişmekte olan ülke için ekonomik sorunlardan biridir. Günümüzde piyasadaki GD tohumların çoğu, tarımın ağırlıklı olarak endüstriyel ölçekte olduğu gelişmiş ülkelerdeki çiftçilerin ihtiyaç ve koşullarına dayalı olarak biyoteknoloji şirketleri tarafından geliştirilmektedir. İşgücü maliyetinin ve bulunabilirliğinin büyük bir üretim maliyeti olduğu endüstriyel tarımdaki durum, işgücünün kolaylıkla temin edilebilir olduğu, bol ve çoğu zaman ucuz olan birçok gelişmekte olan ülkedeki aile tarımındaki durumdan oldukça farklıdır. Örneğin; zararlı ot mücadelesi veya toprağın sürülmesi ihtiyacını ortadan kaldıran herbisite dayanıklı GD bitkilerin ekimi, kırsal işgücü üzerinde uzun vadede ciddi potansiyel etkiler doğuracaktır. Herbisite dayanıklı GD bitkileri kullanan çiftliklerde işgücü ihtiyacının az olması, özellikle de kırsal işsizlik oranlarının yüksek olduğu alanlarda yoksul tarım işçileri için daha az istihdam olanağı anlamına gelmektedir. Bazı uzmanlarca, işgücü ücretlerinin karşılanması ve tarımsal işgücü standartlarına uyumun sağlanması için gereken maliyetlerden dolayı; konvansiyonel tohumlardan daha yüksek maliyete sahip, ancak daha az işgücü gerektiren GD tohumların daha ekonomik olacağı savunulmaktadır. İşgücü tasarrufu sağlayan GD tohumların kullanılmasının teorik olarak yatırım ve istihdam yaratmaya katkı sağlayacağı ifade edilmektedir. Bununla birlikte, kırsal alanlarda yatırımların azaltılmasındaki küresel eğilimler ve GOÜ'de tarımın genel milli gelire olan azalan katkısı, kırsal yoksullara fayda sağlamak için sektörde önemli ölçüde yeni yatırımların yapılmadığını göstermektedir (Daño, 2007).

Çevre ve Biyoçeşitlilik

GD tarım ürünlerinin çevre üzerinde doğrudan ve dolaylı olumsuz etkilerinin yanı sıra olumlu etkilerinin olduğuna ilişkin görüşler bulunmaktadır. Bu ürünlerin çevre üzerine olumsuz etkileri; toprak ve hedef olmayan türler üzerindeki etkileri de dahil olmak üzere biyoçeşitlilikle ilişkili riskler; gen kaçışı ve genetik rekombinasyon ile ilişkili riskler ve zararlı böcek ya da yabancı otlarda direnç geliştirmesi gibi evrimsel etkiler şeklindedir (Tsatsakis ve ark., 2017). Bunun yanında; Brookes ve Barfoot (2017) tarafından yapılan çalışmada GD tarım ürünlerinin çevresel ayak izini³ azalttığı öne sürülmektedir. Bu çalışmada; GD tarım ürünü yetiştiren çiftçilerin, 1996'dan bu yana pestisit girdilerini % 8,1 veya 619 milyon kg'dan fazla azaltmış olduğu, bunun da çevresel ayak izinin % 18,6 oranında azalmasına neden olduğu ileri sürülmektedir

³ Çevresel veya ekolojik ayak izi: Mevcut teknoloji ve kaynak yönetimi ile bir bireyin, topluluğun veya faaliyetin tükettiği kaynakları üretmek ve yarattığı atığı bertaraf etmek için gereken biyolojik olarak verimli toprak ve su alanıdır. Küresel hektar şeklinde ifade edilen bu alan; altyapı ile atık karbondioksitin emilimini sağlayacak bitki örtüsü için gerekli alanları da içermektedir (Galli ve ark., 2012).

HT mısır çiftçileri tarafından kullanılan herbisit miktarında 19 yılda 226,3 milyon kg azalma görüldüğü ileri sürülmektedir. Böceğe dirençli mısır ve pamuk ekimi yapan çiftçiler tarafından kullanılan pestisit miktarında önemli düşüşler yaşandığı belirtilmiştir (Brookes ve Barfoot, 2017). Öte yandan; başka bir araştırmada ise, ABD'de 1996 ve 2011 yılları arasında Bt tarım ürünleri insektisit kullanımını 56 milyon kilogram azaltırken; herbisite dayanıklı ürün teknolojisinin herbisit kullanımında 239 milyon kilogram artışa yol açtığı ileri sürülmektedir (Benbrook, 2012). Bu veri ışığında, GD ürünlerin pestisit kullanımını azalttığı iddiasının aksine, genel itibarıyla pestisit kullanımında yaklaşık 183 milyon kg veya yaklaşık %7 artış olduğu görülmektedir (Benbrook, 2012).

Brezilya'da ise, GD tarım ürünlerinin benimsenmesinden sonraki 13 yılda (2000 ve 2012 yılları arasında), genel pestisit kullanımının 1,6 kat ve soya fasulyesi için pestisit kullanımının 3 kat artmış olduğu tespit edilmiştir (Almeida, 2017).

Bilimsel veriler, tarımsal faaliyetlerin yoğunlaşmasının ve pestisit kullanımının biyoçeşitlilik kaybının ana unsurlarından olduğunu göstermektedir (Schütte ve ark., 2017). Biyolojik çeşitliliği korumak için tarımda, pestisit kullanımının azaltılması dahil, daha çevre dostu uygulamalara odaklanması gerekmektedir. Bir dizi taksonomik grupta türlerin çoğunluğunun çeşitliliğinde ve sayısında azalma görülmesi biyoçeşitliliğin küresel düzeyde azaldığını göstermektedir. Günümüzde dünyadaki memelilerin, kuşların ve amfibik türlerin % 10-30'u yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır (Schütte ve ark., 2017).

Carpenter (2011) tarafından yapılan çalışmada mevcut ticarileştirilmiş GD tarım ürünlerinin, koruyucu toprak işleme uygulamalarının benimsenmesi, insektisit kullanımının azaltılması ve çevresel açıdan daha az zararlı herbisitlerin kullanımı yoluyla tarımın biyoçeşitlilik üzerine etkisini azalttığı savunulmaktadır. Bununla birlikte; analiz edilen veriler ve deneyimler, herbisite dayanıklı tarım ürünlerinin geleneksel ürünlere göre sürekli olarak daha fazla verim sağladığı veya herbisit miktarlarını azalttığı yönündeki iddiaları desteklememekle birlikte; herbisite dayanıklı bitkilerin benimsenmesinin tarımsal uygulamaları ve yabancı ot yönetimini etkilediğini ve çeşitli şekillerde biyoçeşitlilik kaybına yol açtığını göstermektedir (Schütte ve ark., 2017).

Bürger ve ark. (2015) tarafından İspanya GD mısır üretim uygulamalarından elde edilen tecrübeler ışığında yapılan simülasyon çalışmasında ise, GD mısır ekimi ve buna bağlı olarak üretim sisteminin değişmesi sebebiyle yabancı ot biyoçeşitliliğinde ve bitkisel üretimde kayıplar yaşandığı gözlemlenmiştir.

GD bitkilerin hedef olmayan canlılar üzerinde de etkisi olduğu belirlenmiştir. Cry1Ab Bt-toksin içeren GD mısır ekim alanlarında avcı böcek *Crysoperla carnea* (Stephens) 'nın olumsuz etkilendiği görülmüştür (Yorulmaz ve Ay, 2006).

Birçok çalışma, genellikle daha az zararlı olduğu düşünülen glifosat bazlı herbisitlerin, suda yaşayan bazı canlılar için toksik olduğunu ve toprağı ve bağırsak mikroflorasını ve bitki hastalık direncini olumsuz etkilediğini göstermektedir (Schütte ve ark., 2017). Herbisite dayanıklı bitkilerin benimsenmesi, ürün rotasyonunun azalmasına yol açmakta ve sadece herbisit kullanımına dayanan yabancı ot yönetimini desteklemektedir. Herbisitlere dayalı tarımsal faaliyetler, yabancı bitkilerin çeşitliliğini ve sayısını azaltmakta ve eklemecaklı faunası ve diğer hayvanları olumsuz etkilemektedir (Schütte ve ark., 2017).

Kültür, Etik ve Din

Kültür, etik ve din, yeni bir teknolojinin belirli bir toplumda benimsenmesinde en güçlü etkiye sahip unsurlardandır. GDO'larla ilgili tartışmaların etik ve dini boyutları da dinin önemli bir toplumsal güç olduğu toplumlardaki tartışmaların önemli bir yönünü oluşturmaktadır. Örneğin, bazı Müslüman toplumlarda GDO'ların kabul edilebilirliği konusundaki tartışmalar genellikle bu ürünlerin helal olup olmadığı üzerinedir (Daño, 2007).

Bazı İslam akademisyenleri Allah'ın yarattığı özelliklerde değişiklik yapılmasının günah olduğunu ve hiç kimsenin O'nun yarattıklarına müdahale edemeyeceği görüşünü benimsemekle birlikte, diğer bazı akademisyenler değişikliğin insanlığın refahı amaçlı olması durumunda ve doğaya ve diğer canlılara zarar vermemesi koşuluyla izin verilebileceği görüşündedir. Bu kapsamda biyoteknolojinin en tartışmalı uygulamalarından biri hayvanlardan bitkilere gen transferidir. Bu uygulama ancak genin kaynağı olan hayvanın helal olması koşuluyla helal kabul edilmektedir. Örneğin domuz İslam'da kesin olarak haram kabul edilmektedir (Khattak ve ark. 2011).

GDO destekçileri tarafından GDO'ların daha verimli ve daha az maliyetli bir gıda üretim sistemi sağladığı öne sürülerek bu ürünlerin toplumsal faydaya önemli ölçüde katkıda bulunduğu iddia edilmektedir. Tüketicilere daha iyi besin içeriğine, daha gelişmiş lezzete ve daha uzun raf ömrüne sahip gıdalar sunması gibi gerekçelerle bu ürünlerin ahlaki değer ve ilkelerle uyumlu olduğu ileri sürülmektedir. Bununla birlikte, bazı topluluklar ise modern biyoteknolojinin gıdalar üzerinde kullanılmasının gıdaların doğallığını, bütünlüğünü, kültürel değerini ve güvenilirliğini ihlal ettiği düşüncesiyle bu ürünlerin etik olmadığı görüşündedir (Burkhardt, 2008).

Sonuç

GDO'ların piyasaya sunulmaya başlamasından bu yana olumlu ve olumsuz etkileri üzerinde tartışmalar devam etmektedir. Bu tartışmaların ana eksenini insan ve hayvan sağlığı, gıda güvenliği, çevre, biyoçeşitlilik ve küresel gıda sisteminin kontrolü üzerine potansiyel etkileri oluşturmaktadır. Bu teknolojiyi destekleyenler tarafından bu ürünlerin küresel açlık sorununa çözüm olabileceği, daha verimli, daha ekonomik ve çevre dostu üretim sağladığı ve sağlık ve biyoçeşitlilik üzerine kanıtlanmış herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı öne sürülmektedir. Bu teknolojiye karşı çıkanlar tarafından ise; bu ürünlerin alerjik reaksiyon, antibiyotik direnci ve toksisite gibi olası sağlık risklerinin yanında pestisit kullanımının artması ve gen kaçışı nedeniyle çevre ve biyoçeşitlilik üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceği ileri sürülmektedir.

GD tarım ürünlerinin ekim alanı küresel düzeyde gün geçtikçe artsa da birçok ülkede tarımsal üretim GDO'suzdur. Bu durumun nedenleri arasında; GD tarım ürünleri ve gıdaların uzun vadeli riskleri üzerinde güvenilir bilimsel çalışmaların göreceli azlığı, dini, etik ve kültürel açıdan birçok topluluk tarafından kabul görmemesi ve GD teknolojisinin gelişmelerine bağlı olarak tohum tekelinin oluşması sayılabilir.

KAYNAKÇA

- Almeida, V. E. S. D., Friedrich, K., Tygel, A. F., Melgarejo, L. and Carneiro, F. F. 2017. Use of genetically modified crops and pesticides in Brazil: growing hazards. *Ciencia & saude coletiva*, 22: 3333-3339.
- TBBDM 2010. Türkiye Biyogüvenlik Bilgi Değişimi Mekanizması. Biyo Güvenlik Kanunu. Kanun No:5997. <http://www.tbbdm.gov.tr/Dosyalar/BiyogüvenlikKanunu.pdf> (Erişim tarihi:14.10.2018).
- BCH 2012. Biosafety Clearing-House. The Cartagena Protocol on Biosafety. <https://bch.cbd.int/protocol/background/> (Erişim tarihi:14.10.2018).
- Anonymous 2015. Directive (EU) 2015/412 of the European Parliament and of the Council of 11 March 2015 amending Directive 2001/18/EC as regards the possibility for the Member States to restrict or prohibit the cultivation of genetically modified organisms (GMOs) in their territory Text with EEA relevance.
- Anonymous 2016. Genetically engineered crops: experiences and prospects. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. National Academies Press, pp: 20-21.
- Anonymous 2018. European Commission: GMO Legislation. http://ec.europa.eu/food/plant/gmo/legislation_en (Erişim tarihi:15.10.2018).
- Atsan, T. ve Kaya, T.E. 2008. Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) tarım ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 1-6.
- Benbrook, C. M. 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the US--the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*, 24(1): 24.
- Bøhn, T., Cuhra, M., Traavik, T., Sanden, M., Fagan, J., and Primicerio, R. 2014. Compositional differences in soybeans on the market: glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans. *Food chemistry*, 153: 207-215.
- Brookes, G. and P. Barfoot. 2017. GM Crops: Global Socio-economic and Environmental Impacts 1996-2015. PG Economics Ltd, UK, pp: 1-201.
- Burkhardt, J. 2008. The Ethics of Agri-Food Biotechnology: How Can an Agricultural Technology be so Important?: *What Can Nanotechnology Learn From Biotechnology?*, Ed.: David, K., Thompson, P.B., Academic Press, pp: 55-79.
- Bürger, J., Darmency, H., Granger, S., Guyot, S. H., Messéan, A., and Colbach, N. 2015. Simulation study of the impact of changed cropping practices in conventional and GM maize on weeds and associated biodiversity. *Agricultural Systems*, 137: 51-63.
- Carman, J.A., Vlieger, H.R., Ver Steeg, L.J., Sneller, V.E., Robinson, G.W., Clinch-Jones, C.A., Haynes, J.I. and Edwards, J.W. 2013. A long-term toxicology study on pigs fed a combined genetically modified (GM) soy and GM maize diet. *J Org Syst*, 8(1): 38-54.
- Carpenter, J. E. 2011. Impact of GM crops on biodiversity. *GM crops*, 2(1): 7-23.

- Daño, E. C. 2007. Potential socio-economic, cultural and ethical impacts of GMOs: Prospects for socio-economic impact assessment. Third World Network, pp. 2-5.
- De Steur, H., Blancquaert, D., Lambert, W., Van Der Straeten, D. and Gellynck, X. 2014. Conceptual framework for ex-ante evaluation at the micro/macro level of GM crops with health benefits. *Trends in food science & technology*, 39(2): 116-134.
- De Vendômois, J. S., Roullier, F., Cellier, D. ve Séralini, G. E. 2009. A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *International Journal of Biological Sciences*, 5(7): 706.
- Delaney, B. 2015. Safety assessment of foods from genetically modified crops in countries with developing economies. *Food and Chemical Toxicology*, 86: 132-143.
- DFID 2010. The politics of poverty: elites, citizens and states. Findings from ten years of DFID-funded research on governance and fragile states 2001–2010. Department for International Development, London, UK. <https://www.oecd.org/derec/unitedkingdom/48688822.pdf> (Erişim tarihi: 16.09.2018).
- Domingo, J. L., and Bordonaba, J. G. 2011. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. *Environment International*, 37(4): 734-742.
- Dona, A. and Arvanitoyannis, I. S. 2009. Health risks of genetically modified foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 49(2): 164-175.
- Fabiansson, C. and Fabiansson, S. 2016. *Food and the Risk Society: The Power of Risk Perception*. Routledge, p.137.
- FDA 2018a. U.S. Food And Drug Administration GR2E Response Letter RE: Biotechnology Notification File No. BNF 000158. <https://www.fda.gov/downloads/Food/IngredientsPackagingLabeling/GEPlants/Submissions/ucm608797.pdf> (Erişim tarihi:16.09.2018).
- FDA 2018b. U.S. Food And Drug Administration Biotechnology Notification File No. 000158 Note to the File Date: May 8, 2018. <https://www.fda.gov/downloads/Food/IngredientsPackagingLabeling/GEPlants/Submissions/ucm607450.pdf> (Erişim tarihi:16.09.2018).
- Finger, R., El Benni, N., Kaphengst, T., Evans, C., Herbert, S., Lehmann, B., Morse, S. and Stupak, N. 2011. A meta analysis on farm-level costs and benefits of GM crops. *Sustainability*, 3(5): 743-762.
- Galli, A., Moore, D., Cranston, G., Wackernagel, M., Kalem, S., Devranoglu, S. and Ayas, C. 2012. Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu. WWF Rapor, Ofset Yapımevi, İstanbul, Türkiye, s. 6-7.
- Gómez-Barbero, M. and Rodruiguez-Cerezo, E. 2007. GM crops in EU agriculture. A case study for the BIO4EU project. European Commission, DG JRC. Institute for Prospective Technology Studies, pp. 28-31.
- Goodman, R. E. and Tetteh, A. O. 2011. Suggested improvements for the allergenicity assessment of genetically modified plants used in foods. *Current allergy and asthma reports*, 11(4): 317-324.

- Gurian-Sherman, D. 2009. Failure to yield: Evaluating the performance of genetically engineered crops. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists, pp. 2-3.
- Gürpınar, D. 2013. Biyogüvenlik Kanunu Çerçevesinde Hukuki Sorumluluk. Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi Cilt: 15, Özel S., 2013, s.1067-1109.
- ISAAA 2017. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. ISAAA Brief No. 53. ISAAA: Ithaca, NY.
- Khattak, J. Z. K., Mir, A., Anwar, Z., Abbas, G., Khattak, H. Z. K. and Ismatullah, H. 2011. Concept of halal food and biotechnology. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 3(5): 385-389.
- Kleter, G. A. and Peijnenburg, A. A. 2004. Prediction of the potential allergenicity of novel proteins. In *Allergy Matters: new approaches to allergy prevention and management: the international conference on allergy prevention*, Wageningen, pp. 85-93.
- Klümper, W. and Qaim, M. 2014. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PloS one*, 9(11): 111629.
- Li, L., Pegg, R.B., Eitenmiller, R.R., Chun, J.Y. and Kerrihard, A.L. 2017. Selected nutrient analyses of fresh, fresh-stored, and frozen fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 59: 8-17.
- Ludlow, K., Smyth, S. J. and Falck-Zepeda, J. 2014. Introduction to Socio-Economic Considerations in the Regulation of Genetically Modified Organisms: Socio-economic considerations in biotechnology regulation, Springer Science & Business Media, pp. 3-14.
- Magaña-Gómez, J. A. and Calderón de la Barca, A. M. 2009. Risk assessment of genetically modified crops for nutrition and health. *Nutrition Reviews*, 67(1): 1-16.
- McIntyre B. D. 2009. Agriculture at a Crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD), Global Report. Island Press, Washington D.C, p. 94.
- Midtvedt, T. 2014. Antibiotic resistance and genetically modified plants. *Microbial ecology in health and disease*, 25: 25918.
- Naegeli, H., Birch, A.N., Casacuberta, J., De Schrijver, A., Gralak, M.A., Guerche, P., Jones, H., Manachini, B., Messéan, A. and Nielsen, E.E. 2017. Guidance on allergenicity assessment of genetically modified plants. EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO). *EFSA Journal*, 15(6): 4862.
- Nordlee, J. A., Taylor, S. L., Townsend, J. A., Thomas, L. A. and Bush, R. K. 1996. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *New England Journal of Medicine*, 334(11): 688-692.
- Olhan, E. 2010. Modern biyoteknolojinin tarımda kullanımının politik ve ekonomik yönden değerlendirilmesi: Farklı boyutlarıyla genetiği değiştirilmiş organizmalar, Ed.: Aslan, D., Şengelen, M., Ankara Tabip Odası, Ankara, s. 9-14.
- Schütte, G., Eckerstorfer, M., Rastelli, V., Reichenbecher, W., Restrepo-Vassalli, S., Ruohonen-Lehto, M., Saucy, A.G.W. and Mertens, M. 2017. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. *Environmental Sciences Europe*, 29(1): 5.

- Séralini, G.E., Mesnage, R., Defarge, N., Gress, S., Hennequin, D., Clair, E., Malatesta, M. and De Vendômois, J.S. 2013. Answers to critics: Why there is a long term toxicity due to a Roundup-tolerant genetically modified maize and to a Roundup herbicide. *Food and Chemical Toxicology*, 53: 476-483.
- Stewart, P.A. and McLean, W.P. 2005. Public opinion toward the first, second, and third generations of plant biotechnology. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 41(6): 718-724.
- Tang, G., Qin, J., Dolnikowski, G.G., Russell, R.M. and Grusak, M.A. 2009. Golden Rice is an effective source of vitamin A-. *The American journal of clinical nutrition*, 89(6): 1776-1783.
- Tsatsakis, A.M., Nawaz, M.A., Kouretas, D., Balias, G., Savolainen, K., Tutelyan, V.A., Golokhvast, K.S., Lee, J.D., Yang, S.H. and Chung, G. 2017. Environmental impacts of genetically modified plants: a review. *Environmental research*, 156: 818-833.
- Van Acker R., Rahman, M. and Cici, S.Z.H. 2017. Pros and cons of GMO crop farming. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. Oxford Univ. Press, pp 11-16.
- Wu, Y., Xu, Y., Du, Y., Zhao, X., Hu, R., Fan, X., Ren, F., Yao, Q., Peng, R., Tang, X. and Zhao, K. 2017. Dietary safety assessment of genetically modified rice EH rich in β -carotene. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 88: 66-71.
- Yorulmaz, S. ve Ay, R. 2006. Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) entomoloji alanındaki uygulama olanakları. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2): 53-59.
- Yuan, D., Bassie, L., Sabalza, M., Miralpeix, B., Dashevskaya, S., Farre, G., Rivera, S.M., Banakar, R., Bai, C., Sanahuja, G. and Arjó, G. 2011. The potential impact of plant biotechnology on the Millennium Development Goals. *Plant cell reports*, 30(3): 249-265.
- Zhang, C., Wohlhueter, R. and Zhang, H. 2016. Genetically modified foods: A critical review of their promise and problems. *Food Science and Human Wellness*, 5(3): 116-123.