Genetiği Değiştirilmiş Organizma (GDO) Nedir?
Sorular ve Yanıtlar-1

Prof. Dr. Selim Çetiner
Sabancı Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Tuzla, İstanbul

GDO Nedir?

Genetiği Değiştirilmiş Organizma (GDO), modern biyoteknolojik yöntemler kullanılarak yapıları iyileştirilip geliştirilen ürünler için kullanılan bir deyimdir. Trangenik ya da biyotek ürünler de GDO'lu ürünler yerine kullanılabilmektedir.

Daha iyi anlaşılması bakımından en genel anlamıyla biyoteknolojiyi "canlı organizmaları ya da bunlardan elde edilen ürünleri kullanarak yeni ürün ve hizmetlerin üretilmesi" olarak tanımlayabiliriz. Bu klasik biyoteknoloji tanımı içerisinde mayaladığımız sütten yoğurt veya peynir yapımını, üzüm şırasından şarap üretilmesini, ya da dağdaki ahlat ağacına çoban aşısı yaparak armut üretmeyi örnek olarak verebiliyor ve bu teknolojinin binlerce yıldır insanlığın hizmetinde olduğunu görüyoruz.

Sadece Türkiye'de değil tüm dünyada insanların tartıştığı, kimilerinin insanlığın sorunlarını çözecek 21. yüzyılın teknolojisi olarak gördüğü, kimilerinin ise her türlü felaketin kaynağı olarak algıladığı modern biyoteknoloji ise uluslararası Cartagena Biyogüvenlik Protokolü'nde şöyle tanımlanıyor: "*Rekombinant deoksiribonükleik asidi (DNA) ve nükleik asidin hücrelere ya da organallere doğrudan enjekte edilmesini içeren in vitro (canlı organizmadan izole olarak uygulanan) nükleik asit teknikleri, ya da geleneksel ıslah ve seleksiyonda kullanılmayan teknikler olan ve doğal fizyolojik üreme veya rekombinasyon engellerinin üstesinden gelen, sınıflandırılmış familyanın ötesinde hücrelerin füzyonu*". Bu tanıma baktığımızda insanların hatta bazı hocaların kafasının neden karıştığını görebiliyoruz.

Aslına bakarsanız, GDO'ların elde edilmesinde kullanılan modern biyoteknoloji ya da genetik mühendisliği demek, doğada mevcut mekanizmanın inceliklerini anlayıp, bu bilgiler ışığında ve yine doğadaki bu molekülleri kullanarak yeni ürün ve hizmetler ortaya koymak. Bunları yapabilmek için de organik kimya, biyokimya, hücre biyolojisi, genetik, moleküler biyoloji gibi temel bilimleri çok iyi kavramak gerekiyor.

GDO'lar Nerelerde Kullanılıyor?

Modern biyoteknolojinin ya da bunun ürünü GDO'ların sağlıkla ilgili (kırmızı biyoteknoloji), tarımla ilgili (yeşil biyoteknoloji), endüstriyle ilgili (beyaz biyoteknoloji) ve deniz ürünleriyle ilgili (mavi biyoteknoloji) gibi hayatımızda hemen her alanda artık uygulandığını görüyoruz.

Örneğin sağlık sektöründe, şeker hastalarının kullandığı insülinin tamamı, test kitlerinin, kanser ilaçlarının, aşıların ve antibiyotiklerin önemli bir bölümü modern biyoteknolojik yöntemlerle yani GDO'lu organizmalardan üretilmektedir. Kırmızı biyoteknolojinin pazar büyüklüğü 2007 yılı sonu itibariyle 80 milyar doları geçmiş bulunuyor ki bu oldukça yeni bir teknoloji için çok büyük bir rakam. Tartışmalı konulardan biri olan kök

hücre araştırmalarındaki kısıtlamaların azalması, gen tedavisi yöntemlerindeki hızlı gelişmeler bu sektörün yakın gelecekte daha da büyümesini sağlayacaktır.

Beyaz biyoteknoloji diye adlandırdığımız sektör ise daha çok endüstride ve gıda işlemede kullanılan enzimlerin yine GD organizmalar ile üretilmesi üzerinde yoğunlaşmakta, ve bu sektörde Avrupalı biyoteknoloji firmaları dünya enzim üretiminde % 75'lik bir payla önde gitmektedirler. Kağıt ve tekstil sanayi yanında gıda endüstrisinde örneğin peynir mayası üretiminde GDO'lardan üretilen enzimlerin kullanımı hızla artmaktadır.

Bu yazı boyunca biraz daha irdeleyeceğimiz yeşil biyoteknolojinin yani modern biyoteknoloji kullanılarak geliştirilen tarımsal ürünlerin ya da transgenik tohumların ticari değeri ise 2009 yılı sonu itibariyle 10.5 milyar dolar olarak hesaplanmaktadır ki bu da 36 milyar dolar olan dünya ticari tohum büyüklüğünün yaklaşık % 30'ı olarak düşünülebilir.

Buraya kadar kısaca anlatmaya çalıştığım gibi son 30 yılda yaşam bilimleri alanında meydana gelen gelişmelerin sonucu olarak ortaya çıkan modern biyoteknoloji ya da genetik mühendisliği teknikleri ile elde edilen GDO'lar ya da bunlardan elde edilen ürünler, sağlıktan yediğimiz peynire kadar yaşamın hemen tüm alanlarında farklı uygulamalarla karşımıza çıkmaktadırlar.

GDO'lara Neden Gerek Vardır?

İnsanoğlu avcı-toplayıcı yaşamdan yerleşik düzene geçtiği yani tarım devrimini başlattığı günden beri doğaya müdahale etmekte ve geçen 10 000 senedir evcilleştirdiği hayvanların ve bitkilerin genetik yapılarını iyileştirmeye çaba göstermektedir. Islah çalışmaları arzu edilen niteliklere sahip bireylerin (bitki ve hayvanların) seçilmesiyle başlamış, daha sonra elle melezleme, radyasyonla mutasyon ıslahı gibi gelişen tekniklerle devam etmiştir. Dünya üzerindeki nüfusun artmasıyla birlikte bu çabalar daha da hızlanmış, zamanla yeni teknikler geliştirilmiş ve tarımla uğraşan yeni bilim dalları ortaya çıkmıştır. Malthus'un insanların yeterli gıda maddesi bulamayarak büyük bir felakete uğrayacakları öngörüsü (Malthus, 1798) de tarımsal tekniklerin gelişmesi ve üretimdeki artış nedeniyle gerçekleşmemiştir.

Geçtiğimiz yüzyıl içerisinde hızla artan dünya nüfusunu beslemeye yetecek kadar tarımsal üretimin sağlanmasında şüphesiz "Yeşil Devrim" olarak da adlandırılan gelişmelerin önemli etkisi olmuştur. Yirminci yüzyıl başlarından itibaren, genetik biliminde meydana gelen gelişmelerin bitki ve hayvan ıslahında yaygın olarak kullanılması yüksek verimli bitki çeşit ve hayvan ırklarının geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bunun yanında tarımda mekanizasyonun gelişmesi, kimyasal gübre kullanımının yaygınlaşması, hastalık ve zararlıların neden olduğu kayıpların kimyasal mücadele ilaçları ile önlenmesi ya da en az düzeye indirilmesi, bitkisel üretimde sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması ikinci dünya savaşından sonra bitkisel ve hayvansal üretimde % 100'ü aşan artışlara yol açmış, bunun sonucu özellikle gelişmiş ülkelerde üretim fazlası oluşmuştur. "Yeşil Devrim" sayesinde 1960'lı yıllardan itibaren, bu yeni çeşitler ile yeni tarım teknolojileri Türkiye'ye ve diğer çoğu gelişmekte olan ülkelere de kısa sürede girmiş ve genelde yerel nüfusun ihtiyacı olan gıda maddeleri üretiminde yeterlilik sağlanmıştır.

Ülkemizdeki tarımsal üretim özellikle ikinci dünya savaşından sonra önemli ölçüde artmış olmakla beraber, verimlilik artışı oranı ekilebilir alanların artışı oranıyla karşılaştırıldığında bu artışın pek de sağlıklı olmadığı söylenebilir. Tarımsal üretim artışındaki temel öğeler incelendiğinde: 1950'lerden itibaren mekanizasyonun artmasıyla mera

alanlarının bozularak tarlaya dönüştürüldüğü, aynı şekilde ormanların tahribiyle tarıma müsait olmayan dik eğimli alanlarda ekim yapıldığı, özellikle 1960'lardan itibaren göllerin ve sulak alanların kurutularak yeni tarım arazilerinin yaratıldığı, sulama ve/veya elektrik üretimi amaçlı göl ve göletler oluşturularak vadi içi habitatların tahrip edildiği ve geniş alanlarda sulu tarıma geçildiği ve böylece doğal dengenin olabildiğince bozulduğu ve biyolojik çeşitliliğimizin olumsuz etkilendiği görülmektedir.

Bunların yanında, kimyasal gübrelerin ve tarımsal mücadele ilaçlarının gittikçe artan düzeylerde ve bilinçsizce kullanımı, üretimi artırmış olmakla beraber doğal çevre ve insan sağlığını da olumsuz yönde etkiler hale gelmiştir.

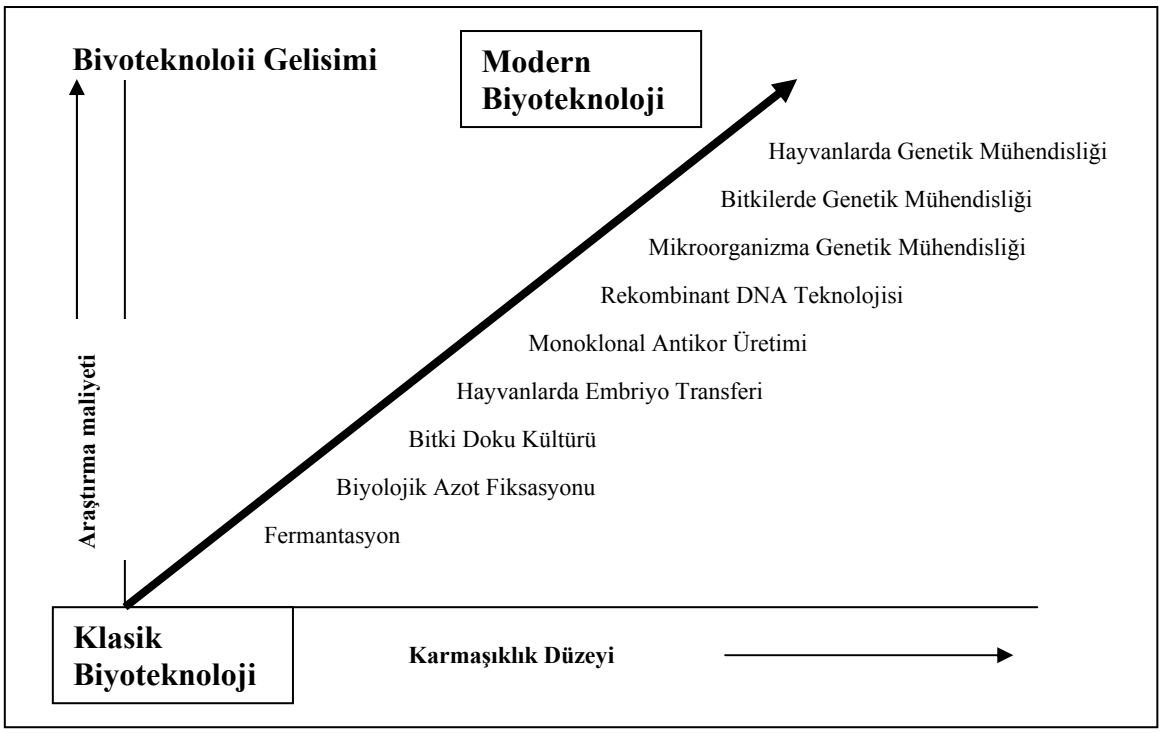
Yine bu bağlamda, "Yeşil Devrim" ile birlikte kimyasal gübre kullanımına ve sulamaya iyi tepki veren yeni çeşitlerin kullanılmaya başlamasıyla verim artışı sağlanmış, ancak tarımsal biyoçeşitliliğin belkemiğini oluşturan yerel genotipler yani köylünün elinde bulunan çeşitler verimsiz bulunarak tasfiye edilmiştir. Burada, devletin öncü rolünün yanında çiftçilerin tercihlerini yüksek verimli yeni çeşitler lehinde kullandığını da unutmamak gerekir.

Dünya genelinde tarımsal üretimin gelişmesine bakıldığında, yine Türkiye'dekine benzer gelişmelerin olduğu ve tarımsal üretimin artırılmasında ekolojik dengenin aleyhine bir gelişme olduğu görülmektedir. Son yıllarda, tarımsal üretim fazlasının olduğu özellikle Avrupa Birliği ve diğer gelişmiş ülkelerde aşırı kimyasal gübre kullanımı ve hastalıklarla mücadele ilaçlarının çevre üzerindeki olumsuz etkileri tartışılmaya ve bu tip tarımsal üretimin daha sıkı denetlenmesine yönelik tedbirler alınmaya başlanmıştır.

Nüfusun hızla arttığı gelişmekte olan ülkelerde ise durum pek de iç açıcı değildir. Nüfus baskısı nedeniyle tarım alanı açmak için tropik yağmur ormanlarının yakıldığı, suların kirlendiği, toprakların çoraklaşıp çölleşmenin hızla arttığı görülmektedir. Ancak, tarımsal alanların böylesi sağlıksız biçimde artması tarımsal üretimin sürdürülebilir şekilde artırılmasına ve bu yörelerdeki insanların gıda ihtiyacını karşılamaya yetmemiştir (SOFA, 2004).

Bu nedenle, 2025 yılında 8 milyarı aşması beklenen dünya nüfusunun beslenmesi gerçekten önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Ekilebilir alanları artırmak pek mümkün olmadığı gibi, tarımsal üretimde kullanılabilecek su kaynakları da hızla azalmaktadır. Dolayısı ile artan nüfusu besleyecek miktarda üretim için ekilebilir alanların genişlemesi değil, birim alandan alınan ürün miktarının artırılması gerekmektedir. Bu da, geçtiğimiz yıl vefat eden Nobel ödüllü tek bitki bilimci olan Norman Borlaug'a göre buğday ve mısır gibi tahıllarda verimin % 80 artırılması demektir (Borlaug, 2003). Klasik ıslah yöntemleriyle elde edilebilecek biyolojik verim artışının da artık sınırlarına gelindiği düşünüldüğünde, bitki ıslah çalışmalarında yeni teknolojilerin kullanılması kaçınılmaz görünmektedir.

Son yıllarda önemli gelişmeler gösteren biyoteknolojik yöntemlerin özellikle de moleküler tekniklerin tarımsal üretimi artırmada önemli avantajlar sağladığı bir gerçektir. Genetik mühendisliği teknikleri, şimdiye kadar bitkilerin genetik yapılarını değiştirmede kullandığımız yöntemlerle gerçekleştirmede yetersiz kalındığı durumlarda, doğadaki diğer canlı organizmalardan da yararlanmayı mümkün kılmaktadır. Genelde biyoteknoloji olarak adlandırılan ve klasik biyoteknolojiden modern biyoteknolojik yöntemlere kadar uzanan ve gittikçe karmaşıklık düzeyi artan bu teknolojilerin (Şekil 1) ülkelerin bilim ve teknolojideki gelişmişlik durumlarına göre tarımda farklı düzeylerde kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 1. Biyoteknolojinin Gelişimi (Persley, 1990).

Şekilden de görülebileceği üzere klasik fermantasyondan sonra en düşük karmaşıklı düzeyinde olan biyolojik azot fiksasyonu gelişmekte olan ülkelerde kolayca kullanılabilmekte, bitki doku kültürü teknikleri ise birçok ülkede hastalıklardan arındırılmış bitki materyali üretiminde yaygın olarak uygulanmaktadır. Genomik çalışmalar, biyoinformatik, transformasyon, moleküler ıslah, moleküler tanı yöntemleri ve aşı teknolojisi olarak gruplandırılabilen modern biyoteknolojiler ya da gen teknolojileri ise Çin, Hindistan, Güney Kore ve Brezilya gibi birkaç gelişmekte olan ülke dışında genelde gelişmiş olan ülkelerde etkin olarak kullanılmaktadır (Persley, 1990).

Moleküler teknikler halen hayvan, bitki ve mikrobial gen kaynaklarının karakterize edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı teknikler kullanılarak hastalık etmenlerinin tanısının yanında aşı üretimi de yaygınlaşmış bulunmaktadır. Son yıllarda, genom araştırmaları da önemli bir evrim geçirmektedir. Yeni teknolojilerin kullanımı ile artık tek tek genlerin izole edilip tanımlanması yerine, tüm genlerin ya da gen grupların belirli bir organizma içerisindeki işlevlerini belirlemeye yönelik araştırmalar öne çıkmaya başlamıştır. Bu konularda, büyük ölçekli DNA dizinleme yöntemlerinin geliştirilmesi, bilgisayar ve yazılım programlarının oluşturulması bu ölçekteki verilerin değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Burada, biyoinformatik ile "DNA yongaları" gibi teknolojiler biyolojik sistemlerin genetik yapılarına ayrıntılı olarak incelemeye olanak sağlamaktadır.

Moleküler tekniklerin tarımsal üretimin artırılmasında önemli olanaklar sunduğu yadsınamaz bir gerçektir. Ancak, geçtiğimiz 20 yıl içerisinde yenidenbileşen *[rekombinant]* DNA ya da genetik mühendisliği teknikleri olarak da adlandırılan modern biyoteknolojik yöntemlerle geliştirilmiş hastalık ve zararlılara dayanıklı bitki çeşitlerinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası olumsuz etkileri yoğun şekilde tartışılmakta, bu yeni teknolojinin sunduğu olanaklar farklı açılardan sorgulanmaktadır.

Bu makalede modern biyoteknolojik yöntemlerle elde edilmiş ve genelde Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO) olarak tanımlanan bu transgenik ürünlerin tarımsal üretimin artırılmasında sunduğu olanaklar, bu ürünlerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası olumsuz etkilerin yanında GDO'larla ilgili sosyo-ekonomik kaygılar ele alınmaya çalışılacaktır.

Tarımsal Üretimde Kullanılan GDO'lar Hangileridir?

Yukarıda da belirttiğim gibi genetik mühendisliği teknikleri, şimdiye kadar bitkilerin genetik yapılarını değiştirmede kullandığımız yöntemlerle gerçekleştirmede yetersiz kalındığı durumlarda, doğadaki diğer canlı organizmalardan da yararlanmayı mümkün kılmaktadır. Moleküler genetik konularına tam vakıf olmayanlar için ilk bakışta doğal değilmiş gibi görünen bu teknikler, doğanın işleyişi anlaşıldıkça daha fazla benimsenecek ve yaygın olarak insanlığın yararına sunulacaktır.

Bitki biyoteknolojisi ve özellikle gen teknolojisi alanındaki gelişmeler 1980'li yıllardan itibaren hız kazanmış, ilk transgenik ürün bitkisi olan uzun raf ömürlü domates FlavrSavr adı ile 1996 yılında pazara sürülmüştür. Bunu gen aktarılmış soya, mısır, pamuk, kolza ve patates bitkileri izlemiştir. 1996 yılından itibaren transgenik ürünlerin ekim alanları hızla artmış ve 2009 yılında 134 milyon hektara ulaşmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. 1996-2008Yılları Arasında Transgenik Bitkilerin Toplam Ekim Alanı (milyon ha)

Yıllar	**Hektar (milyon)**
1996	**1.7**
1997	11.0
1998	27.8
1999	39.9
2002	58.7
2003	67.7
2004	81.0
2009	**134.0**

Halen yetiştirilmekte olan transgenik ürünlerin ekim alanları incelendiğinde, bu ekim alanlarının % 99'unun A. B. D., Arjantin, Kanada, Brezilya, Hindistan ve Çin'de olduğu, genetiği değiştirilmiş ürün ekimi yapan ülkelerin sayısı 25'e ulaşmış olmakla beraber (Güney Afrika, Avustralya, Romanya, Uruguay, İspanya, Meksika, Filipinler, Kolombiya, Bulgaristan, Honduras, ve Endonezya) bu ülkelerde geniş ekim alanları bulunmadığı görülmektedir (James, 2009). Çin'deki ekim alanları ise özellikle Bt içeren pamuk ile hızla artmaktadır. Yine, Hindistan'da Bt içeren (böceklere dayanıklı) pamuk ekimine izin verilmesiyle bu ülkede de transgenik pamuk ekim alanlarının hızla artarak % 87'ye ulaştığı görülmüştür. Transgenik ürünlerin ekim alanları 2009 yılı itibariyle 134 milyon hektara ulaşmış olmakla beraber, bu ekim alanlarının artmasındaki şüphesiz en önemli engel özellikle Avrupa Birliği kamuoyunda bu ürünlere karşı oluşan olumsuz tepkiler, dolayısı ile bunun üreticiler üzerinde oluşturduğu olumsuz beklentilerdir. Aynı şekilde, gelişmekte olan

ülkelerde aşağıda daha detaylı olarak değerlendirilecek olan biyogüvenlikle ilgili yasal mevzuatın henüz tam olarak anlaşılamamasının getirdiği belirsizlik de ekim alanlarının genişlemesine engel olmaktadır.

Buna paralel olarak, geniş ölçekte yetiştiriciliği yapılan türlerin oldukça sınırlı sayıda olduğu, ancak soya, mısır, pamuk ve kolza gibi önemli ürün türleri olduğu görülmektedir. Pazara sürülen ilk transgenik ürün olan uzun raf ömürlü FlavrSavr domatesi pazarlama stratejilerindeki yanlışlıklar ve tüketiciler tarafından fazla tutulmaması nedeniyle üretimden kalkmıştır.

Bt patates ise çevrecilerin tepkisinden çekinen dünyanın en büyük hamburger zincirlerinin talep etmemeleri nedeniyle pek geniş ekim alanları bulamamıştır. Herbisitlere (yabancı ot mücadele ilacı) dayanıklı transgenik buğday çeşidi de gerek çevrecilerin tepkisi gerekse bu ürünü geliştiren çokuluslu şirketin pazarlama kaygıları nedeniyle henüz ticarileştirilmemiştir. Virüse dayanıklı papaya Hawaii adalarındaki papaya endüstrisini kurtarmış olmakla beraber sadece burada ve Çin'de yetiştirilmektedir. Geniş ölçekte yetiştirilen tür ve çeşitlerin yine çok uluslu şirketlere ait tohumculuk şirketleri tarafından pazarlanıyor olması ayrıca dikkat çekmekte olup, bunun nedenleri ileriki bölümlerde incelenmeye çalışılacaktır.

Tekrar belirtmek gerekirse, dünyada yaygın olarak yetiştirilen ve ticarete konu olan GD ürünler soya, mısır, pamuk ve kolzadır. Bunlar ya bazı böceklere karşı dirençli hale getirilmişlerdir ya da herbisit denilen yabacı ot ilaçlarına dayanıklılık taşımaktadırlar.

GDO karşıtlarının yanlış beyanlarına dayanarak gazete ve televizyonda sürekli yer bulan balık geni aktarılmış çilek, tavuk geni aktarılmış patates, kolera geni aktarılmış domates veya akrep geni aktarılmış pamuk dünyanın hiçbir ülkesinde yetiştirilmemektedir.

GDO'ların Yararı Nedir?

Yukarıda belirtilen transgenik ürünler öncelikle daha az ilaçlama gerektirdiğinden çiftçiler açısından girdi masraflarını azaltmaktadır. Çevre açısından ise daha az tarımsal kimyasal kullanımının olumlu etkisi yadsınamaz. Yine, ürünleri ilaçlarken ya da yabancı ot mücadelesi için tarla sürümleri sırasında kullanılan traktörlerin saldığı karbondioksit miktarının (sera gazı salımının) azalıyor olması çevre açısında yararlı faktörler arasındadır. Bunlara ek olarak, herbisitlere dayanıklı soya ya da mısır çeşitlerinin en az toprak işlemesi hatta hiç toprak sürümü yapılmadan önceki yılın sap kalıntıları üzerine ekimin mümkün olduğu bölgelerde toprak erozyonu da gözle görülebilir oranlarda azalmıştır. Yapılan bilimsel çalışmalar, GDO'lu mısırların klasik mısırlara göre önemli ölçüde daha az fumonisin (kansere neden olan madde) içerdiğini de göstermiştir.

Genetiği Değiştirilmiş ürünlerin 1996-2007 yılları arasındaki dünya ölçeğindeki ekonomik ve çevresel etkileri Brookes ve Barfoot (2005 ve 2009) tarafından kapsamlı olarak ortaya konulmuştur.Dünya ölçeğinde soya üretim düzeyi 68 milyon ton, mısır üretimi de 62 milyon ton artmıştır. Bu GD ürünlerin küresel ekonomik katkısı 12 yıl boyunca toplam 44.1 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Bunun yarısı ABD ve Kanada gibi gelişmiş ülkelerin hanesine yazılırken, 22 milyar dolarlık kısım Arjantin, Brezilya, Hindistan ve Çin gibi gelişmekte olan ülkelerin çiftçilerine ve ekonomilerine katkı sağlamıştır.

Yurtdışındaki ve Türkiye'deki GDO karşıtlarının iddialarının aksine küresel ölçekte pestisit (tarımsal mücadele ilacı) kullanımındaki azalma 1996-2008 yılları arasında toplam

359 milyon kg değerine ulaşmış, yani doğal yaşama zarar veren insektisit (böcek öldürücü) kullanımında % 8.4 azalma sağlanmıştır.

Küresel ısınmanın önemli etmenlerinden karbondioksit salımı da GD ürünlerin sağladığı toprak işleme ve ilaçlama avantajları sonucu azalma göstermiştir. Örneğin 2008 yılında GDO lu üretim sayesinde 14.4 Milyar Kg karbondioksit salımı engellenmiştir; bu ise 7 milyon adet aile otomobilinin 1 yıl içerisinde bıraktığı karbondioksit oranına eşittir.

İkinci Nesil GDO'lar

Bundan sonra piyasaya sunulması beklenen transgenik ürünlerin ise üretim maliyetlerini düşürücü özelliklerin yanında tüketicileri doğrudan ilgilendiren özellikler üzerinde de yoğunlaşması beklenmektedir. Bunlara en güncel örnek "Altın Pirinç" olarak adlandırılan beta karoten/A vitamini içeriği yükseltilmiş çeltiktir. Gelişmekte olan ülkelerde özellikle Güneydoğu Asya'da A vitamini eksikliği çeken 170 milyon kadar kadın ve çocuğun bu şekilde yeterli A vitamini alması ümit edilmektedir. Greenpeace örgütü ise, Altın Pirinç'in sadece çokuluslu şirketlerin bir pazarlama stratejisi olduğunu, bölgede günlük yaklaşık 300 gram pirinç tüketildiğini, ancak bir insanın önerilen günlük dozda provitamin A alabilmesi için bu miktarın yaklaşık 12 katını yemesi gerektiğini iddia etmektedir. Altın pirinci geliştiren araştırmacılar bu hesaplamanın gerçekleri yansıtmadığını söylemektedirler. Nitekim, yapılan bilimsel çalışmalar, biyogüvenlikle ilgili testlerin tamamlanmasından sonra 2012 yılında yaygın üretimine başlanacak olan "Altın Pirinç II" nin günde 72 g tüketilmesiyle çocukların Vitamin A eksikliğinin karşılanacağını ortaya koymuştur.

Altın Pirinç İnsani Yardımlaşma Ağı'na (Humanitarian Golden Rice Network) da üye olan Syngenta firmasının yatırımı ile 2005 yılında "Altın Pirinç 2" adı verilen ve öncekine göre yaklaşık yirmi kat daha fazla provitamin A içeren yeni bir pirinç çeşidi geliştirilmiştir. Firma yıllık 10.000 dolardan düşük gelirli çiftçilere tohumları ücretsiz vermeyi planlamaktadır. Ayrıca bu tohumlara sahip olan çiftçiler ileriki senelerde kendi tohumlarını firmaya bedel ödemeden çoğaltabileceklerdir (http://www.nature.com/nbt/journal/v23/n4/full/nbt0405-395.html).

"Altın Pirinç" örneğinin dışında doymuş yağ asit oranı değiştirilmiş ve trans-yağ içeriği düşük yağlı tohumların, omega-3 içeriği yüksek soyanın, elzem amino asit içeriği yükseltilmiş tahıl ve patateslerin, mikroelementlerce zenginleştirilmiş tahılların, aroma maddeleri yüksek ancak düşük kalorili ürünlerin yakın gelecekte piyasaya çıkması beklenmektedir. Hepatit B aşısı içeren patates ve muz bitkilerinin yanında, transgenik bitkilerin önemli bir kullanım alanı da ilaç hammaddesi ve monoklonal antikor üretimi için büyük potansiyel sunmalarıdır. Gen aktarılmış bu bitkilerin sera ve tarla denemeleri halen devam etmektedir.

Bunlara paralel olarak, üzerinde en fazla araştırma yapılan konular arasında biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı bitki çeşitleri gelmektedir. Yukarıda da değinildiği üzere, şimdiye kadar sağlanan üretim artışı tarım alanlarının genişlemesi, yaygın kimyasal gübreleme ve sulama ile sağlanmış ve bunlar ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkilemiştir. Artık herkes tarafından kabul edilen bu sorunlar nedeniyle, bundan böyle tarımsal üretimin artırılmasındaki temel iki hedef, sürdürülebilir tarım teknikleri ve birim alandan alınan verimliliğin artırılması yönünde olacaktır. Bunun için de bitkilerin yüksek verimli genotipe sahip olmalarının yanında biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı olmaları da istenmektedir (SOFA, 2004).

Bunlar arasında hastalık ve zararlılara dayanıklılık özelliği başta gelmektedir. Zira özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bitkisel üretimin yarıya yakın kısmı hatta bazen fazlası

üretim sırasında veya hasat sonrası hastalık ve zararlılar nedeniyle kaybolmaktadır. Bunlara karşı tarımsal mücadele ilaçlarının kullanıldığı durumlarda ise bu hem üretim maliyetini artırmakta, hem de insan sağlığını ve çevreyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Dolayısı ile hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık genleri aktarılmış bitkilerin geliştirilmesi verimliliği artırdığı gibi tarımsal üretimin çevre üzerindeki baskısını da azaltacaktır. Bu alanda şimdiye kadar elde edilmiş en başarılı uygulama Lepidopter'lere (bitkisel üretimde zararlı olan tırtıllara) dayanıklılık sağlayan *Bacillus thuringiensis* endotoksin genleri aktarılmış bitkilerden elde edilmiştir. Ancak, bitkisel üretimde zararlı olan çok sayıdaki diğer zararlı böceklere karşı aynı başarı henüz elde edilememiştir. Aynı şekilde, bazı virüs hastalıklarına karşı dayanıklı bitki çeşitleri geliştirilmişse de bunların sayısı pek fazla değildir. Bitkilerde önemli kayıplara neden olan fungal (mantarî) ve bakteriyel hastalıklara karşı direnç kazandırmaya yönelik araştırmalar da yoğun biçimde devam etmektedir. Ancak, bu hastalıklara dayanıklılık mekanizmalarının karmaşıklığı, dayanıklılık mekanizmalarının bitkiler ve patojenler arasında farklılık göstermesi, patojenlerin özellikle fungusların kendi dayanıklılık mekanizmalarını sürekli geliştirme yetenekleri nedeniyle henüz bakteriyel ya da fungal hastalıklara dayanıklı transgenik bitki çeşitleri üretim zincirine girecek aşamaya gelmemiştir.

Bilindiği üzere küresel ısınma ve yanlış arazi kullanımı gibi nedenlerle 21. yüzyılda kuraklığın ve çölleşmenin gittikçe artması beklenmektedir. Bu durumdaki arazilerin çoğu ise Afrika gibi nüfus artış hızının en fazla olduğu ülkelerde bulunmaktadır. Bu nedenle, kurağa dayanıklı ya da az suyla yetişebilen bitki çeşitlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Kurağa dayanıklı transgenik mısırın 2012 yılında, kurağa dayanıklı buğdayın ise 2015 yılında ekimine başlanması beklenmektedir. Aynı şekilde tuzlu veya mikroelement eksikliği ve alüminyum gibi metal fazlalığı sorunu bulunan topraklarda yetişebilen bitkilerin geliştirilmesi de bu gibi ülkelerdeki marjinal tarım alanlarında üretim yapılabilmesine olanak sağlayacaktır. Eldeki bilgiler, dünyada mineral eksikliği ve metal (özellikle alüminyum) toksisitesi nedeniyle bitkisel üretimin sınırlandığı toprakların tüm topraklar içerisindeki payının % 60 dolayında olduğunu göstermektedir (Çakmak, 2002). Hem bu tür toprak sorunlarına hem de olumsuz çevre/iklim koşullarına karşı dayanıklılık kazandırmaya yönelik çalışmalar da yoğun bir şekilde devam etmekle beraber, bu özelliklerin birden fazla gen veya gen grupları tarafından belirleniyor olması, bunların gerek belirlenip klonlanmaları gerekse bitkilere aktarma teknolojilerinin yetersizliği sebebiyle henüz beklenen başarı düzeyine ulaşılamamıştır.

GDO'lu Ürünler Verimi Artırıyor mu?

Yukarıda da belirttiğim üzere, halen piyasada bulunan ürünlerin önemli bir kısmı bazı zararlı böceklere ve herbisitlere karşı dayanıklılık özelliği kazandırılmış ürünlerdir. Bunların bu özellikleri de satılan her bir tohum torbası üzerinde açıkça yazılmaktadır. Bugüne kadar, piyasada bulunan hiçbir transgenik soya, mısır ya da pamuk "yüksek verimli" iddiasıyla pazarlanmamıştır. Bu iddia teknoloji karşıtları tarafından ileri sürülüp sonra yine onlar tarafından çürütülerek kullanılan propaganda malzemelerinden birisidir. Ancak, ilk defa 2009 yılında piyasaya sürülen "Roundup Ready 2 Yield" soya çeşidi, ABD'de 6 eyalette yapılan tarla denemelerinde önceki transgenik soya çeşitlerine göre % 7-11 verim artışı sağladığı için, yüksek verimli ilk transgenik ürün ünvanını taşımaktadır. Tohum tedarikçisi firmaların bu iddialarının doğru olup olmadığı, bu soya çeşidini geniş alanlarda eken çiftçiler tarafından da sınanacaktır.

Bu ürünlerin verimlilik konusunu bilimsel veriler ışığında farklı boyutları ile incelemek mümkündür: Birincisi, özellikle mısır ve pamuk üretiminde çiftçilerin lepidopter diye gruplandırılan bazı zararlı böceklerle mücadele için kullandıkları pestisitlere (kimyasal mücadele ilacı) gerek kalmamaktadır. Bu da çiftçi açısından hem bu ilaç masrafından, hem yetiştirme boyunca birkaç kez yapması gereken ilaçlama için harcayacağı yakıt (mazot) masrafından, hem de işçilikten veya kendi zamanından önemli tasarruf sağlaması anlamına gelmektedir. Öte yandan, kimyasal ilaçla mücadelenin pek etkin olamadığı özellikle ikinci ekim mısırda sap ve koçan kurtlarıyla mücadelede, bu zararlılara dayanıklılık kazandırılmış mısır ekimi doğrudan verim artışı da sağlamaktadır. Bu husus, yani ilaçla etkin mücadelenin yapılamadığı durumlarda doğrudan verim artışı, çiftçilerin kimyasal mücadele ilacı temin etmekte güçlük çektiği gelişmekte olan ülkelerde daha bariz olarak görülmektedir.

Türkiye'de Tarım Bakanlığı Araştırma Enstitüleri tarafından 2001-2003 yıllarında yürütülen ancak sonuçları resmen açıklanmayan mısır tarla denemelerinde, transgenik mısır klasik mısıra göre % 35-40 daha fazla verim sağlamıştır (Anonim, 2004). Ne yazık ki, bu 3 yıllık araştırma sonuçları gerek Tarım Bakanlığı bürokratları gerekse bu bilgi kendilerine verilmiş olduğu halde GDO'ya Hayır Platformu sözcüleri tarafından ısrarla görmezden gelinmektedir.

GDO'lar Doğal Çevreyi Bozar mı?

Doğal çevreyi bozan en önemli faktör insanın bizzat kendisidir. İnsanın var olduğu ve varlığını sürdürmeye çalıştığı her doğal çevrede doğayla bir çatışma olması kaçınılmazdır. Buna paralel olarak, organik tarım dahil her türlü tarımsal üretimin çevre üzerinde bir şekilde olumsuz etkisi olmaktadır. Burada önemli olan bu çatışmanın yoğunluğu ve doğanın bunu onarıp onaramayacağıdır. Şu ana kadar, piyasaya sürülmüş olan tüm ürünlerde ekolojik denge üzerindeki olası olumsuz etkiler bilimsel veriler ışığında değerlendirilmiş, bu risk analizlerinin ardından üretim izinleri verilmiştir. Örneğin, son derece sıkı olduğunu bildiğimiz Avrupa Birliği biyogüvenlik mevzuatına göre, transgenik ürünlerin insan gıdası ve hayvan yemi olarak tüketilmesi için risk değerlendirilmesi, merkezi olarak EFSA tarafından yapılır ve tüm ülkeler buna uymak durumundadırlar. Yine AB mevzuatına göre her bir transgenik ürünün çevre üzerindeki olası etkileri o ürünün ekiminin yapılacağı her bir ülkede ayrı ayrı ve birbirinden bağımsız olarak, daha önceden ilgili direktifte çerçevesi çizilmiş bilimsel yöntemlere göre yapılır.

Yukarıda da belirtildiği gibi GD ürünlerin kullanımı tarımsal mücadele ilaçları kullanımını % 8.4 azaltmıştır. Dolayısı ile GD ürünlerinin kullanımı tarımsal üretim sırasında zararlı böceklerin yanı sıra faydalı veya hedef dışı organizmaların da pestisitlere maruz kalmasını azaltmaktadır.

Öte yandan, Türkiye'nin zengin biyolojik çeşitliliği elbette üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Ancak, GDO karşıtlarının bunu aşırı derecede abarttıkları da bir gerçektir. Örneğin, dünyada yaygın olarak yetiştirilen soya, pamuk ve mısırın Türkiye'de tozlaşabileceği doğal akraba türleri bulunmamaktadır. Dolayısı ile bu ürünlerin yetiştirilmesinin ne gibi bir felakete yol açacağının GDO karşıtları tarafından somut olarak dillendirilmesinde yarar vardır. GDO'ların yetiştirilmesine karar verilmeden, bilimsel yöntemlere göre çevre etki analizlerini yapacak yasal düzenlemeler de AB ülkelerinde 1990 yılından beri yürürlüktedir. Türkiye'de ise 26 Mart 2010 tarihinde çıkarılan Biyogüvenlik Kanunu, AB mevzuatıyla uyumlu olmamanın ötesinde GD bitkilerin yetiştirilmesini yasaklamaktadır.

Transgenik ürünlerin çevresel etkilerini değerlendirmek insan sağlığı üzerindeki etkilerini değerlendirmekten çok daha zor ve karmaşık görünmektedir. Burada şüphesiz tarımsal üretim yapılan ekosistemlerin birbirlerinden çok farklı olması en büyük etkendir.

Çevre üzerindeki olası olumsuz etkilerin başında, transgenik bitkilerin ekosistemdeki diğer canlılarla etkileşimi gelmektedir. Örneğin Bt aktarılmış mısır bitkilerini yiyen tırtılların yanında diğer hedef olmayan canlıların örneğin Kral kelebeğinin de olumsuz etkilenebileceği endişesi (Losey, 1999) birkaç yıl yoğun tartışma konusu olmuştur. Bu konu, GDO karşıtı örgütler tarafından hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, Bt mısır polenlerinin Kral kelebeği ve diğer hedef dışı organizmalar üzerindeki olumsuz etkilerini tarla koşullarında incelemek üzere yapılan kapsamlı araştırmalar, bu riskin çok düşük bir düzeyde olduğunu ve Kral kelebeklerinin yaşam döngüsünü olumsuz etkilemediğini göstermiştir (Oberhauser ve ark., 2001; Pleasants ve ark., 2001; Sears ve ark., 2001; Zangerl ve ark., 2001). Genetiği değiştirilmiş organizmaların çevre üzerindeki etkileri tartışılırken, Bt geni aktarılmış bitkiler yerine normal mısır yetiştiriciliğinde kullanılan kimyasal mücadele ilaçlarının hedef olmayan organizmalar üzerinde çok daha fazla olumsuz etkilerinin bulunduğunu göz önünde bulundurmakta yarar vardır (Gianessi ve ark., 2002). Burada asıl endişe konusu, sürekli Bt aktarılmış mısır ile beslenen tırtılların belirli bir süre içerisinde dayanıklılık mekanizması geliştirmesinin kaçınılmaz olmasıdır.

Buraya kadar, GDO'lar olarak bilinen modern biyoteknoloji ürünleri genel hatlarıyla anlatılmış ve tarımsal üretimle ilgili katkıları ele alınmıştır. İkinci bölümde, GDO'ların insan sağlığı üzerindeki kaygılar ve bu kaygılara karşı alınan biyogüvenlik önlemleri ile sosyo-ekonomik etkiler değerlendirilecektir.

KAYNAKÇA:

Anonim, 2004. Transgenik Mt Mısır Sonuç Raporu (2001-2003). Adana Zirai Mücadele Enstitüsü- Çukurova Tarımsal Mücadele Enstitüsü, Adana. 56 s.

Borlaug, N. 2003. Towards a Hunger-free World: The Final Milestone. www.ans.iastate.edu/NSC/Lecture_text_14_10_03.pdf

Brookes, G., & Barfoot, P. (2005). GM crops: The global economic and environmental impact - the first nine years 1996-2004. *AgBioForum*, *8*(2&3), 187-196.

Brookes, G., & Barfoot, P. (2009). Global Impact of Biotech Crops: Income and Production Effects,1996-2007. *AgBioForum*, *12*(2), 184-208.

Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant Soil, 247: 3-24

Gianessi, L. P., Silvers, C. S., Sankula, S., & Carpenter, J. 2002. Plant biotechnology: Current and potential impact for improving pest management in U.S. agriculture, An analysis of 40 case studies. Washington, D.C.: National Center for Food and Agricultural Policy.

James, C. 2009. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2009. ISAAA Briefs No: 41.Losey, J. E., Rayor, L. S., & Carter, M. E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature, 399*, 214.

Malthus, T. 1798. An Essay on the Principle of Population. http://www.ac.wwu.edu/~stephan/malthus/malthus.

Oberhauser, K. S., Prysby, M. D., Mattila, H. R., Stanley-Horn, D. E., Sears, M. K., Dively, G. P., Olson, E., Pleasants, J. M., Lam, W.-K. F., & Hellmich, R. L. (2001, Oct. 9). Temporal and spatial overlap between monarch larvae and corn pollen. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 98* (21), 11913-11918.

Persley, G. J. 1990. Beyond Mendel's Garden: Biotechnology in the Service of World Agriculture. Wallingford, UK: CAB International. 155 s.

Pleasants, J. M., Hellmich, R. L., Dively, G. P., Sears, M. K., Stanley-Horn, D. E., Mattila, H. R., Foster, J. E., Clark, P. L., & Jones, G. D. (2001, Oct. 9). Corn pollen deposition on milkweeds in and near cornfields. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 98* (21), 11919-11924.

Sears, M. K., Hellmich, R. L., Stanley-Horn, D. E., Oberhauser, K. S., Pleasants, J. M., Mattila, H. R., Siegfried, B. D., & Dively, G. P. (2001, Oct. 9). Impact of *Bt* corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 98* (21), 11937-11942.

SOFA, 2004. State of the Food and Agriculture 2003- 2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/ECONOMIC/ESA/en/pubs_sofa.htm