

# TÜRKİYE VE DÜNYADA TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ VE GIDA GÜVENCESİ:

## Sorunlar ve Öneriler

*Prof. Dr. Selim ÇETİNER*

*Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi  
Tuzla, İstanbul*

### Özet

Hızla artmakta olan dünya nüfusunun 2025 yılı itibariyle 8 milyarı geçmesi ve bu artışın % 95'inin gelişmekte olan ülkelerde oluşması beklenmektedir. Gelişmiş ülkelerde önemli bir tarımsal üretim fazlası bulunmakla beraber, halen 830 milyon insanın yeterli ve dengeli beslenemediği gelişmekte olan bazı ülkeler yeni tarım teknolojilerini kullanarak tarımsal üretimlerini artırmada yeterli olamamaktadırlar.

Yeşil devrim olarak da isimlendirilen dönemde hastalık ve zararlılara dayanıklı, yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi, kimyasal gübre ve tarımsal mücadele ilacı kullanımının artması, mekanizasyon ve sulama teknikleri son 5 yıl içerisinde önemli verim artışları sağlamış olmakla beraber bu denli yoğun tarımsal faaliyetler çevre üzerinde de önemli baskılar yaratmıştır. Halen mevcut tarım alanları üzerinde ve kullanılan mevcut tarımsal tekniklerle önümüzdeki 20 yıl içerisinde artacak dünya nüfusuna yetecek gıda maddeleri üretimi mümkün görülmemektedir. Bu itibarla tahıllarda birim alana verimin % 80 oranında artırılması gerekmektedir. Bunun için de modern biyoteknolojik yöntemlerin önemli avantajlar sunduğu görülmektedir. Modern biyoteknolojik yöntemler arasında genetik mühendisliği en fazla umut bağlanan ve aynı ölçüde de tartışılan bir yöntemdir. Ancak, diğer moleküler ıslah yöntemleriyle birlikte kullanıldığında genetik mühendisliği teknikleri hastalık ve zararlılara; kuraklık ve tuzluluk gibi çevre koşullarına dayanıklı, bitki besin maddeleri içeriği iyileştirilmiş yüksek kaliteli ve verimli yeni çeşitlerin geliştirilmesi için bitki ıslahçılarına büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

Halen A.B.D., Arjantin, Kanada, Brezilya ve Çin gibi 18 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede yetiştirilen transgenik soya, mısır, pamuk ve kolza bitkileri böceklerle ve bazı herbisitlere dayanım özelliği taşımaktadırlar. Bu ürünler, insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası olumsuz etkileri bilimsel esaslara göre değerlendirildikten sonra yetiştirilmelerine ve tüketilmelerine izin verilmektedir.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin modern biyoteknolojik yöntemlerden yararlanarak tarımsal üretimlerini artıracak çeşitleri geliştirmeleri, belirlenecek sorunların çözümüne yönelik güdümlü projelere yeterli araştırma desteği ve altyapı sağlayarak mümkün olabilir. Ancak, bunun için gerek fikri mülkiyet hakları gerekse biyogüvenlik ile ilgili mevzuatın bir an önce hazırlanarak yürürlüğe girmesi de gerekmektedir.

## Giriş

Avcı-toplayıcı kültürden tarımcı kültüre geçen insanlık, binlerce yıldır seçmiş olduğu bitkileri yetiştirip, geliştirerek ve evcilleştirdiği hayvanları daha da iyileştirerek tarımsal üretimi artırma yönündeki çabalarını sürdürmektedir. 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.

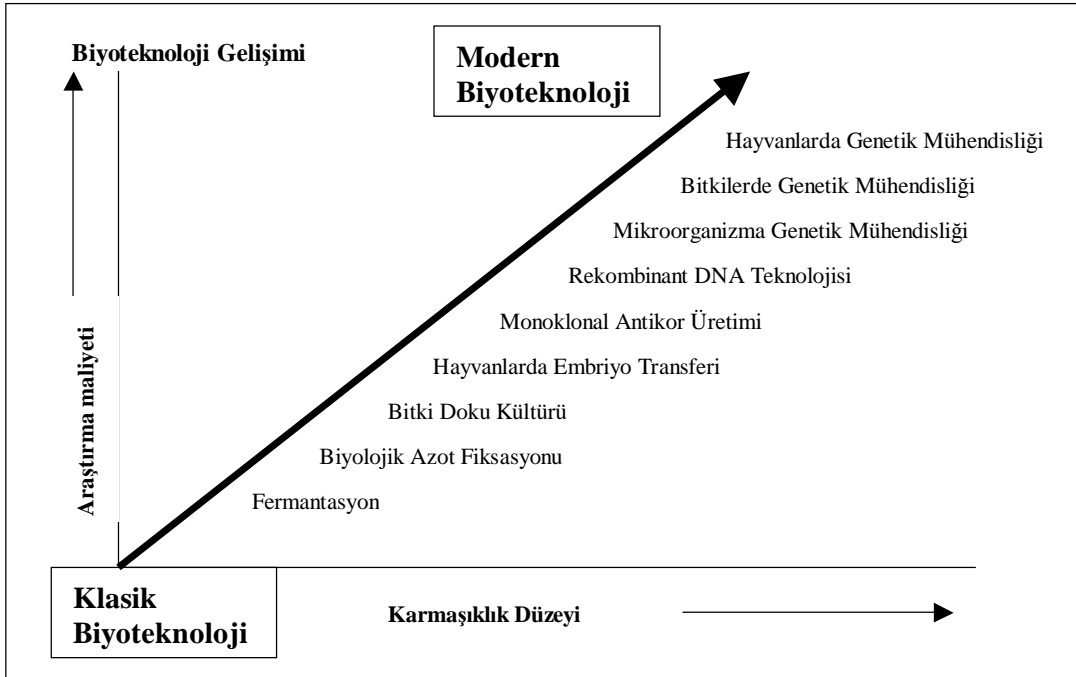
Ülkemizdeki tarımsal üretim özellikle ikinci dünya savaşından sonra önemli ölçüde artmış olmakla beraber, verimlilik artışı oranı ekilebilir alanların artışı oranıyla karşılaştırıldığında bu artışın pek de sağlıklı olmadığı söylenebilir. Tarımsal üretim artışındaki temel öğeler incelendiğinde: 1950'lerden 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 kurutulmasıyla 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 verimsiz bulunarak, bunların kullanımı azalmıştır.

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 kısıtlanmasına 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 kullanılacak 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, Nobel ödüllü bitki ıslahçısı 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. Genelde biyoteknoloji olarak adlandırılan ve klasik biyoteknolojiden modern biyoteknolojik yöntemlere kadar uzanan ve gittikçe karmaşıklık düzeyi artan bu teknolojilerin (Şekil 1) ülkelerin bilim ve teknolojiye gelişmişlik durumlarına göre tarımda farklı düzeylerde kullanıldığı görülmektedir.



**Şekil 1.** Biyoteknolojinin Gelişimi (Persley, 1990).

Biyolojik azot fiksasyonu gelişmekte olan ÷lkelerde kolayca kullanılabilmekte, bitki doku k÷lt÷r÷ teknikleri ise birçok ÷lkede hastalıklardan arındırılmış bitki materyali üretiminde yaygın olarak uygulanmaktadır. Genomik alışmalar, biyoinformatik, transformasyon, molek÷ler ışlah, molek÷ler tanı yöntemleri ve aşı teknolojisi olarak gruplandırılabilen modern biyoteknolojiler ya da gen teknolojileri ise in ve Hindistan gibi birak gelişmekte olan ÷lke dışında genelde gelişmiş olan ÷lkelerde etkin olarak kullanılmaktadır (Persley ve Doyle, 1999).

Molek÷ler teknikler halen hayvan, bitki ve mikrobial gen kaynaklarının karakterize edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı teknikler kullanılarak hastalık etmenlerinin tanısının yanında veterinerlikte 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 gruplarının 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.

Molek÷ler 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 geliştirilmış hastalık ve zararlılara dayanıklı bitki çeşitlerinin insan sağlığı ve evre 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 Değiştirilmış Organizmalar (GDO) olarak tanımlanan bu transgenik ürünlerin tarımsal üretimin artırılmasında sunduğu olanaklar, bu ürünlerin insan sağlığı ve evre üzerindeki olası olumsuz etkilerin yanında GDO'larla ilgili sosyo-ekonomik kaygılar ele alınmaya çalışılacaktır.

## **Transgenik Ürünlerde Dünya’da Mevcut Durum**

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 sür÷lmüştür. Bunu gen aktarılmış mısır, pamuk, kolza ve patates bitkileri izlemiştir. 1996 yılından itibaren transgenik ürünlerin ekim alanları hızla artmış ve 2005 yılında 90.0 milyon hektara ulaşmıştır (izelge 1).

Halen yetiştirilmekte olan transgenik ürünlerin ekim alanları incelendiğinde, bu ekim alanlarının % 99’unun A. B. D., Arjantin, Kanada, Brezilya ve in’de olduğu, genetiği değiştirilmış ürün ekimi yapan ÷lkelerin sayısı 18’e ulaşmış olmakla beraber (Güney Afrika, Avustralya, Hindistan, Romanya, Uruguay, İspanya, Meksika, Filipinler, Kolombiya, Bulgaristan, Honduras, Almanya ve Endonezya) bu ÷lkelerde geniş ekim alanları bulunmadığı gör÷lmektedir (James, 2005). in’deki ekim alanları ise özellikle Bt içeren pamuk ile hızla artmaktadır. Yine, Hindistan’da Bt içeren pamuk

ekimine izin verilmesiyle bu ülkede de transgenik pamuk ekim alanlarının hızla artması beklenmektedir. Transgenik ürünlerin ekim alanları 2005 yılı itibariyle 90.0 milyon hektara ulaşmış olmakla beraber, bu ekim alanlarının artmasındaki şüphesiz en önemli engel özellikle Avrupa Birliği kamu oyunda 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 oluşturulmamasının getirdiği belirsizlik de ekim alanlarının genişlemesine engel olmaktadır.

**Çizelge 1.** 1996-2005 Yılları Arasında Transgenik Bitkilerin Toplam Ekim Alanı (milyon ha)

<b>Yıllar</b>	<b>Hektar (milyon)</b>
<b>1996</b>	1.7
<b>1997</b>	11.0
<b>1998</b>	27.8
<b>1999</b>	39.9
<b>2002</b>	58.7
<b>2003</b>	67.7
<b>2004</b>	81.0
<b>2005</b>	90.0

OECD BioTrack On-line verilerine göre 2000 yılı itibariyle transgenik ürünlere ait 15 000 üzerinde tarla denemesi yapılmıştır. Bu ürünler arasında tarla bitkileri, sebzeler, meyve ağaçları, orman ağaçları ve süs bitkileri bulunmaktadır. Burada dikkate değer bir husus ise 100'e yakın transgenik ürün çeşidi için ticari üretim izni alınmış olmasına rağmen bunlardan ancak birkaç tanesi pazara sürülmüştür. Buna paralel olarak, geniş ölçekte yetiştiriciliği yapılan türlerin oldukça sınırlı sayıda olduğu, ancak soya, mısır, pamuk ve kolza gibi önemli ürün türleri olduğu görülmektedir (Çizelge 2). 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 büyük "Fast Food" gıda zincirlerinin talep etmemeleri nedeniyle pek geniş ekim alanları bulamamıştır. Herbisitlere 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 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.

**Çizelge 2.** 2000 ve 2001 Yıllarında Ürün Bazında Transgenik Bitkilerin Toplam Ekim Alanı (milyon ha).

Ürünler	2000	%	2001	%	+/-	%
Soya	25.8	58	33.3	63	+ 7.5	+ 29
Mısır	10.3	23	9.8	19	- 0.5	- 5
Pamuk	5.3	12	6.8	13	+ 1.5	+ 28
Kanola	2.8	7	2.7	5	- 0.1	- 4
Patates	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	--
Kabak	<0.1	<1	<0.1	<1	(--)	--
Papaya	<0.1	<1	<0.1	<1	(--)	--
<b>Toplam</b>	<b>44.2</b>	<b>100</b>	<b>52.6</b>	<b>100</b>	<b>+ 8.4</b>	<b>+ 19</b>

**Kaynak: Clive James, 2001.**

Halen ticari olarak üretimi yapılmakta olan transgenik ürünlere aktarılmış özellikler incelendiğinde, bunların daha çok girdiye yönelik, yani doğrudan çiftçiyi ilgilendiren herbisitlere dayanıklılık, böceklere dayanıklılık, virüslere dayanıklılık gibi özellikler olduğu görülmektedir (Çizelge 3). En yaygın olarak aktarılan özellik herbisitlere dayanıklılık olup, bu çiftçilerin üretim maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Yine Lepidopter'lere dayanıklılık sağlayan *Bacillus thuringiensis* endotoksin geni (Bt), özellikle mısır ve pamuk yetiştiriciliğinde zararlı olan tırtıllara karşı etkili olmakta; dolayısı ile tarımsal mücadele ilaçları kullanımını azaltmakta böylece hem üretim maliyetini düşürmekte hem de kimyasal ilaçların çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaktadır.

**Çizelge 3.** 2000 ve 2001 Yıllarında Özellik Bazında Transgenik Bitkilerin Toplam Ekim Alanı (milyon ha).

Özellik	2000	%	2001	%	+/-	%
Herbicide dayanım	32.7	74	40.6	77	+ 7.9	+ 24
Böceklere dayanıklılık (Bt)	8.3	19	7.8	15	- 0.5	- 6
Bt/ Herbicide dayanım	3.2	7	4.2	8	+ 1.0	+ 31
Virüslere dayanıklılık	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	--
<b>Toplam</b>	<b>44.2</b>	<b>100</b>	<b>52.6</b>	<b>100</b>	<b>+ 8.4</b>	<b>19</b>

**Kaynak: Clive James, 2001.**

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. Gelişmiş 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, Dr. Peter Beyer ve Prof. Ingo Potrykus ise bu hesaplamanın gerçekleri yansıtmadığını söylemektedirler. Onlara göre, çocuklar için günlük tavsiye edilen A vitamini dozajı 0,3 mg/gün'dür. Ancak hastalıklar ve körlükten korunmak için gereken A vitamini miktarı bu dozajın %30-40'ı civarındadır. Altın Pirinç'te bulunan provitamin A miktarı 1,6 – 2,0 mg/kg'dır. Provitamin A'nın A vitaminine dönüşme faktörü Amerikan Ulusal Bilim Akademisi (NAS) Sağlık Enstitüsü'nce (IOH) '12', Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü'nce (FAO) '6', Hindistan Sağlık Araştırma Kurulu'nca '4' olarak alınmaktadır. Bu veriler ışığında ve Altın Pirinç'in biyoyararlılık değerleri %100 veya %50 olarak kabul edildiğinde yapılan hesaplamalarda Çizelge 4'teki rakamlar ortaya çıkmaktadır.

**Çizelge 4 - Altın Pirinci Geliştiren Dr. Peter Beyer ve Prof. Ingo Potrykus'un Hesaplamaları**

	NAS - IOH				WHO / FAO				Hindistan Sağlık Araştırma Kurulu			
	X12				X6				X4			
Dönüşüm Faktörü												
Biyoyararlılık	%100		%50		%100		%50		%100		%50	
Provitamin A miktarı (mg/kg)	2.0	1.6	2.0	1.6	2.0	1.6	2.0	1.6	2.0	1.6	2.0	1.6
Günlük tüketilmesi gereken Altın Pirinç miktarı (gr).	Çocuklar için günlük tavsiye edilen A vitamini miktarının tamamının Altın Pirinç'ten karşılanması için											
	1.800	2.250	3.600	4.500	900	1.125	1.800	2.250	600	750	1.200	1.500
	Ölüm, hastalık ve körlükten korunma için gereken zorunlu miktarın (%30-40) Altın Pirinç'ten karşılanması için.											
	540	675	1080	1.350	270	337	540	674	180	225	360	450
	Zorunlu A Vitamini ihtiyacının %50'sinin diğer besinlerden karşılanması durumunda.											
	270	337	540	674	135	168	270	336	90	112	180	224
"Altın Pirinç" halihazırda geliştirilme aşamasındadır ve provitamin A miktarının şu anki miktarın 3-5 katına çıkarılabileceği görülmüştür. 3 katına çıkarıldığında												
90	112	180	224	45	56	90	112	30	38	60	76	

**Kaynak:** Ingo Potrykus ve Peter Beyer ([beyer@uni-freiburg.de](mailto:beyer@uni-freiburg.de))

Çizelge 4'te sonuçları yer alan hesaplamalar için bir örnek verelim: IOH'in dönüşüm faktörü olan '12' esas alınır: körlükten korunmak için gereken 0,1 mg A vitamini için gerekli provitamin A miktarı  $0,1 \times 12 = 1,2$  mg'dir. Altın Pirincin 1 kilogramında 2 mg provitamin olması hâlinde ve biyoyararlılık oranı %100 ise, bir günde yenmesi gereken Altın Pirinç miktarı

1,2 / 2 = 0,6 kg çıkar. Ancak, Çizelge 4'ten görülebileceği gibi, dönüşüm faktörü ve biyoyararlılık oranına göre bu miktar çok daha küçük olabilmektedir. Hatta Hindistan Sağlık Araştırma Kurumu'nun hesaplamaları kullanılırsa bu miktarda provitamin A alınabilmesi için gereken Altın Pirinç tüketimi günde 180 gramdır.

Kaldı ki, 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 ödemediği için çoğaltabileceklerdir<sup>(\*)</sup>.

"Altın Pirinç" örneğinin dışında doymuş yağ asit oranı değiştirilmiş yağlı tohumların, gerekli 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 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 ve bakteriyel hastalıklara karşı direnç kazandırmaya yönelik araştırmalar da yoğun biçimde devam etmektedir. Ancak, bu hastalıklara dayanıklılık mekanizmalarının karmaşıklığı,

<sup>(\*)</sup> Bkn. <http://www.nature.com/nbt/journal/v23/n4/full/nbt0405-395.html>



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. 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.

### **Moleküler Bitki Islahı**

Gen teknolojileri denildiği zaman ilk akla gelen transgenik bitkiler ise de yukarıda belirtilen teknik kısıtların yanında transgenik bitkiler konusunda oluşan olumsuz kamu oyu baskıları da göz önünde bulundurularak, bu teknolojilerin klasik ıslah yöntemlerini geliştirerek daha etkin kılacağı alanlara yönelmek belki de daha akılcı bir yaklaşım olacaktır.

Çoğu biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanım birden fazla gen tarafından kontrol edildiğinden bunların klasik ıslah yöntemleriyle belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Ancak bu alanda gerek ulusal gerekse uluslararası ıslah kuruluşlarında, önemli miktarda bitki gen bankaları oluşturulmuş ve klasik ıslah konusunda önemli deneyimler kazanılmıştır. İşlevsel genomik çalışmalarının yaygınlaşmasıyla oluşan bilgi birikimini klasik ıslah yöntemleriyle birleştirmek mümkün olduğunda, stres koşullarına dayanıklı bitki ıslahı da yeni bir boyut kazanacaktır. Arabidopsis genetik haritasının yanında, çeltik, domates ve Prunus gibi türlerin genetik haritalarından kaydedilen gelişme, çoğu metabolik tepkimeyle ilgili gen dizinlerinin evrim boyunca korunmuş olması, elde edilen bu bilgi birikiminin diğer türlerde kullanım olanağını artırmaktadır. Yine moleküler işaret genleri konusunda oluşan bilgi birikimi moleküler bitki ıslahında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu moleküler teknikler özellikle buğday gibi genomu karmaşık bitki türlerinde hastalıklara dayanım mekanizmaları ve kalite özellikleri açısından ıslahta çok önemli avantajlar sunmaktadır. Benzer şekilde meyve ya da orman ağaçları gibi generatif yaşam evreleri uzun dolayısı ile melezleme ıslah süreçlerinin çok uzun olduğu bitki türlerinde de moleküler işaret genleri çok önemli olmaktadır.

Öte yandan, dünyada, özellikle gelişmekte olan ülkelerde insanlarda başta demir ve çinko olmak üzere mikroelement eksiklikleri ve buna bağlı ciddi sağlık sorunları çok yaygın biçimde ortaya çıkmaktadır. Yapılan tahminler problemin dünya nüfusunun yarısını etkilediğini göstermektedir. Sorunun başlıca nedeni olarak, mikroelementlerce çok fakir olan tahıl kökenli gıdaların yoğun biçimde tüketilmesi gösterilmektedir. Tahıllar hem mikroelementlerce fakir hem de mikroelementlerin vücutta kullanımını sınırlayan maddelerce zengindir (Cakmak ve Ark., 2002). Günümüzde birçok araştırma grubu ve konsorsiyumu buğday, çeltik ve mısır gibi bitkilerin mikroelementlerce zenginleştirilmesi için ıslah programları başlatmış ve bu programlarda moleküler markör destekli moleküler teknikler vazgeçilmez bir araç olarak kullanılmaktadır.<sup>(\*)</sup>

### **Tüketici Tepkileri ve Biyogüvenlik Düzenlemeleri**

Transgenik bitkilerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası olumsuz etkileri uzunca süredir tartışılmaktadır. Yukarıda değinildiği üzere, ilk transgenik ürünler A.B.D.'de yetiştirilmeye başlanmış olup, yine en geniş ekim alanları bu ülkede bulunmaktadır. Bu ürünlerin tamamı Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), Amerikan Tarım Bakanlığı (USDA/APHIS) ve Çevre Koruma Dairesi (EPA) tarafından çok kapsamlı bilimsel incelemeler yapıldıktan sonra ticari üretimleri yapılmakta ve yine bu ülkede insan gıdası ve/veya hayvan yemi olarak tüketilmektedir. Üretim fazlası olan mısır ve soya gibi ürünler ise Avrupa Birliği dahil diğer ülkelere satılmaktadır.

Özellikle Avrupa Birliği ve diğer bazı ülkelerde transgenik bitkilerin insan sağlığı ve çevre üzerine olası olumsuz etkileri çok yoğun bir şekilde tartışma konusu olmaktadır. Bunların bilimsel bazlı tartışmalardan ziyade duygusal, kişisel ve ekonomik tercihler ağırlıklı olduğu yadsınamaz. Örneğin, endişe konusu gerekçelerden bir tanesi transgenik ürün geliştirme çalışmalarında kullanılan antibiyotik işaret genleridir. Avrupa Konseyi'nin 1999 yılında uzman bilim adamlarından oluşan bir panele hazırlanmış olduğu rapor, bu endişenin bilimsel nedenlerle açıklanamayacağını bildirmiş, ancak bundan sonra geliştirilecek transgenik bitkilerde antibiyotik işaret genlerinin kullanılmamasını tavsiye etmiştir. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) GDO Paneli ise 2 Nisan 2004 tarihinde yayınlamış olduğu Bilim Paneli Görüş Dokümanı'nda antibiyotik işaret genlerini 3 grupta toplamış ve halen üretilip tüketilmesine izin verilen GD ürünlerde bulunan *npt II* işaret geninin insan ve çevre sağlığı açısından her hangi bir sorun oluşturmayacağını, klinik tedavide kullanılan diğer antibiyotik işaret genlerinin ise araştırmalarda kullanılmaması gerektiğini bildirmiştir (EFSA, 2004).

İnsan sağlığı açısından öne sürülen diğer bir olumsuzluk ise transgenik ürünlere aktarılan genlerin insanlarda alerji yapacağı ve toksik etkileri olabileceğidir. Ancak, bu ürünlerin ticari ekimlerine izin verilmeden önce yoğun ve kapsamlı laboratuvar ve klinik testlerin yapılması ve bulguların bağımsız bilim kurulları tarafından inceleniyor olması, bu tip yan etkilerin en az düzeyde olmasını sağlamaktadır. Burada hatırlanması gereken husus, transgenik ürünlerin alerji oluşturma olasılığının klasik ıslah yöntemleri ile elde edilen ürünlerden daha fazla olmamasıdır (König ve ark., 2004)

<sup>(\*)</sup> Bkn. [www.harvestplus.org](http://www.harvestplus.org)

Nitekim, Avrupa Birliği ülkelerindeki yoğun kamuoyu endişelerini giderebilmek amacıyla, 13 AB üyesi ülke'den 65 bilim insanının katılımıyla, 3.5 yıl süren ve 11.5 milyon euro harcanarak yürütölen ENTRANSFOOD projesi, halen üretilip tüketilmekte olan genetiği değiştirilmiş ürünlerin insan sağlığı açısından klasik yöntemlerle elde edilen ürünlerden daha tehlikeli olmadığını ortaya koymuştur (Kuiper ve ark., 2004).

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

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) son birkaç yıldır yoğun tartışma konusu olmuş hatta 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). Burada 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. Onun için bu tırtılların dayanıklılık geliştirmelerini geciktiren tedbirler alınmaya çalışılmaktadır. Ancak, bu yine de güncel ve geçerli bir sorun olarak çözüm beklemektedir.

Diğer bir husus ise transgenik bitkilerden gen kaçışu yoluyla biyoçeşitliliğin bozulmasıdır. Burada, transgenik bitkilerle akraba türlerin bulunduğu ekosistemlerde transgeniklerin kesinlikle yetiştirilmemesi öngörülmektedir. Ancak, çiftçi eğitim düzeyinin oldukça sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde bunun ne şekilde sağlanabileceği hala bilinmemektedir. Nitekim, mısır bitkisinin gen kaynağı olarak bilinen Meksika'da A. B. D.'den kaçak olarak getirilen transgenik mısırların ekilmesi ve bunlardan Meksika'daki yerel mısır çeşitlerine gen kaçışu biyoçeşitlilik üzerinde önemli etkiler yaratacaktır.

Transgenik bitkilerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası olumsuz etkileri yoğun olarak incelenip tartışılmakta olup, buna yönelik çeşitli ulusal, bölgesel ve uluslar arası mevzuat oluşturma çabaları bulunmaktadır. Ancak ülkeler arasında henüz tam bir uyum sağlandığı söylenemez. Örneğin A.B.D.'deki biyogüvenlik mevzuatı Avrupa Birliği mevzuatından çok farklı olup mevzuatın uygulanmasında bile ülkeler arasında hala uyum sağlanamamıştır. Ancak, yeni oluşturulan European Food Safety Authority ve 2004 yılında yürürlüğe giren genetiği değiştirilmiş ürünlerin etiketlenmesi ve izlenebilirliğini amaçlayan yönetmelikler bu uyumu sağlamada önemli bir adım sayılabilir.

Son olarak, Uluslararası Biyolojik Çeşitlilik Anlaşması bağlamında hazırlanan ve uzun görüşme ve tartışmalardan sonra 2000 yılında üzerinde anlaşmaya varılan Uluslararası Biyogüvenlik Protokolü, transgenik ürünlerin sınır ötesi taşınmaları ve kullanımı yönünde olumlu bir gelişmedir. Türkiye'nin de imzalamış olduğu bu Protokol 11 Eylül 2003'te yürürlüğe girmiş olmasına rağmen, Protokol'ün uygulanabilir hale gelmesi daha bir süre alacaktır. Bunun için özellikle gelişmekte olan ülkelerin, kendi biyogüvenlik mevzuatlarını hazırlamalarının yanında, bu mevzuatı uygulayacak laboratuvar altyapısını oluşturmaları, bu laboratuvarlarda çalışacak teknik elemanları yetiştirmeleri ve en önemlisi karar verici konumdaki bürokratları eğitmeleri gerekmektedir. Aksi takdirde, bu mevzuat transgenik ürünlerin ticaretini engelleme dışında, gelişmekte olan ülkelerin kendi biyolojik kaynaklarını verimli şekilde değerlendirecek bilimsel ortamı yaratmaları açısından olumlu bir etki yaratmayacaktır.

### **Fikri Mülkiyet Hakları**

Giriş kısmında bahsedilen ve tarımsal üretimin artırılmasında oldukça başarılı sayılan "Yeşil Devrim", büyük ölçüde kamu kuruluşları veya kamu yararına çalışan uluslararası araştırma enstitüleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, gerek yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi gerekse bu tohumlukların çoğaltılarak gelişmekte olan ülke çiftçilerine ulaştırılması normal ticari kurallar içerisinde süregelmiştir. Benzer şekilde, mekanizasyon, kimyasal gübre ve tarımsal mücadele ilaçları kullanımı, sulu tarım teknikleri gibi yeni teknolojilerin transferi hatta sulama projelerinin kurulması gibi konularda uluslararası finans kuruluşları veya yardım kuruluşları önemli katkılarda bulunmuşlardır.

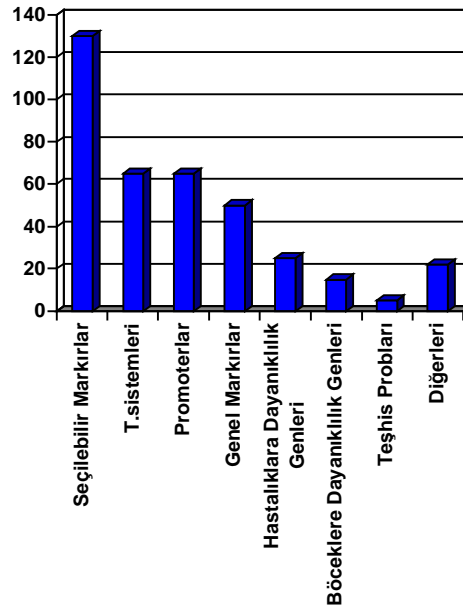
Bugünkü "Biyoteknoloji Devrimi" ise büyük ölçüde özel sektör tarafından yapılmaktadır. Halen bu alandaki Ar-Ge çalışmalarının % 80 oranında özel sektör yatırımlarıyla gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Hal böyle olunca, özel sektör yatırımcıları tarafından geliştirilen her teknik veya ürünün hemen patent veya benzeri yöntemlerle korunmaya alınması ve bunlardan kısa sürede ticari gelir sağlanması istenmektedir. Aksi halde, özel sektörün gelir getirmeyecek Ar-Ge faaliyetlerine girmesini beklemek pek gerçekçi olmayacaktır. Örneğin, halen ticarete intikal etmiş transgenik ürünlerin mısır, soya ve pamuk gibi büyük ürün gruplarında olması, gelişmekte olan ülkelerdeki tatlı patates ve sorgum gibi ürünlere özel sektör tarafından pek yatırım yapılmaması şaşırtıcı değildir (SOFA, 2004).

Son yıllarda, yine uluslararası yardım kuruluşlarının desteği ile veya biyoteknoloji alanında yoğun Ar-Ge faaliyeti olan çokuluslu şirketlerin işbirliği ile kamu araştırma kuruluşlarında yeni transgenik çeşitlerin geliştirilmesine yönelik araştırma faaliyetlerinin arttığı gözlenmektedir. Ancak, burada da fikri mülkiyet haklarına ilişkin sorunların yoğun olarak tartışıldığı görülmektedir. Bunun en güncel örneklerinden birisi de yukarıda sözü edilen "Altın Pirinç"tir. Rockefeller Vakfı tarafından finanse edilen ve Prof. Ingo Potrykus ve Prof. Peter Beyer önderliğindeki araştırmacılar tarafından geliştirilen "Altın Pirinç"te 30 civarında farklı şirket ve üniversiteye ait 70 adet patent bulunması, bu ürünün ticari olarak değerlendirilmesinde ve hatta gelişmekte olan ülkelere transferinde önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır.

Bu konuda, Latin Amerika ülkelerinde yapılan bir çalışma (Cohen ve ark., 1998), bu ülkelerde yürütülen biyoteknolojik araştırmaların ve ürün geliştirme çalışmalarının hepsinde çok sayıda patentli teknik veya materyalin kullanıldığını göstermiştir (Şekil 2).

Tüm bunlar, biyoteknolojik araştırmalardan geliştirmekte olan ülkelerdeki fakir çiftçilerin ve halkın nasıl yararlanabileceği sorusunu akla getirmektedir. Dünya Ticaret Örgütü'ne (WTO) üye ülkelerin imzalamış oldukları TRIPS (Trade Related Intellectual Property Rights) antlaşması, bazı istisnai hükümlerine rağmen, gelişmiş ülkelerdeki çok uluslu şirketleri korur niteliktedir. Bu nedenle, geliştirmekte olan ülkelerdeki araştırma kuruluşlarının, biyoteknolojik araştırmalarını planlarken ve yürütürken fikri mülkiyet haklarıyla ilgili konuları yakından izlemeleri ve ona göre tedbir almaları yararlı olacaktır.

Bu bağlamda yine transgenik bitkilerden ziyade moleküler bitki ıslahı yöntemlerinin Türkiye gibi geliştirmekte olan ülkeler açısından daha avantajlı olduğu söylenebilir. Yine burada, Türkiye gibi zengin gen kaynaklarına sahip ülkelerin, bu gen kaynaklarını tespit edip karakterize ederek, hatta bunlardaki ticari öneme sahip genleri saptayıp patentleyerek önemli bir konum yakalamaları mümkün olabilir. Bu konuda, FAO örgütü tarafından 2001 yılında kabul edilen Uluslararası Bitki Genetik Kaynakları Antlaşması işlerlik kazandığında, zengin gen kaynağı olan ülkelerin bu kaynaklardan daha etkin yararlanmalarına yardımcı olacaktır. Bu alandaki gerek yasal ve gerekse araştırma altyapısının şimdiden oluşturulması yararlı olacaktır.



**Şekil 2.** Latin Amerika Ülkelerinde Kullanılan Patentli Teknikler ve Materyaller (Cohen ve ark., 1998).

## **Türkiye’de Tarımsal Biyoteknoloji ve Transgenik Ürünlerin Durumu**

Türkiye zengin gen kaynaklarına sahip olması nedeniyle, tarımsal biyoteknoloji alanında çok önemli bir avantaja sahiptir. Ancak, Türkiye’nin modern biyoteknolojik yöntemlerin sunduğu nimetlerden yararlanabilmesi için dünyadaki gelişmeler ve Türkiye’deki mevcut durum çerçevesinde önceliklerini çok iyi saptaması gerekmektedir.

Türkiye’de biyoteknolojinin gelişmesi için mutlak gerekli olan biyoloji, biyokimya, moleküler biyoloji gibi temel bilim alanlarına gerekli önemin verilmemesi, bu alanda yetişmiş eleman sayısının düşük kalmasına ve dolayısı ile kapsamlı araştırmaları yürütebilecek kritik kitleye sahip araştırma birimlerinin oluşturulmasına engel olmuştur. Bu sorun, 1980 yılından beri hazırlanan tüm 5 yıllık kalkınma planlarında vurgulanmış olmasına karşın, bu konuda henüz belirgin bir gelişme sağlandığı ne yazık ki söylenemez. Burada en önemli sorun, belirli düzeyde bilgi birikimine ve tecrübeye sahip araştırmacıları bir araya getirerek “uzmanlık merkezleri” oluşturmak yerine tek tek laboratuvarların oluşturulmasından kaynaklanmaktadır. Son yıllarda, yurt dışında moleküler biyoteknoloji alanında eğitim görmüş ya da moleküler bitki ıslahı konusunda eğitim almış genç araştırmacıların sayısı artıyor olmasına rağmen, bunları bir araya getirerek güdümlü projeler üzerinde çalışacak “uzmanlık merkezleri” ya da laboratuvarları oluşturacak bir çaba görülmemektedir.

Gerekli tedbirler alınmadığı taktirde, geçtiğimiz 30 yıldır yapılan girişimlere ve harcanan çok önemli miktarda kaynaklara rağmen Türkiye’nin tarımsal biyoteknoloji alanında, bugün bulunduğu noktadan daha farklı bir konuma gelmesi mümkün olamayacaktır. Burada, Türkiye’de bitki doku kültürü yatırımlarının 1974 yılında başlamış olmasına ve halen hemen hemen tüm Ziraat Fakültelerinde ve Tarım Bakanlığı araştırma enstitülerinde birer doku kültürü laboratuvarı kurulmuş olmasına rağmen Türkiye’nin, son derece basit bir teknoloji gerektiren patates tohumluğu ihtiyacını bile, hemen tamamını her yıl milyonlarca dolar ödeyerek yurt dışından karşılaması en çarpıcı örneklerden birisidir.

Türkiye’nin biyoteknolojiye ve tarımsal araştırmalara yaklaşımını ortaya koymak amacıyla, 2001-2005 yıllarını kapsayan VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planının ilgili bölümleri incelendiğinde, bilgi toplumu olma amacı doğrultusunda bilimsel ve teknolojik gelişmeler sağlayarak uluslararası düzeyde rekabet gücü kazanmanın esas olduğu ilkesi dikkati çekmektedir. Bu ilke çerçevesinde biyoteknolojinin de içinde bulunduğu bazı yüksek teknolojiler öncelikli konu olarak belirlenmiştir. Ayrıca, ekonomik, sosyal, çevresel boyutunu bütün olarak ele alan rekabet gücü yüksek, sürdürülebilir bir tarım sektörünün oluşturulması temel amaç olarak tespit edilmiştir. Tarımsal araştırmalarda koordinasyonun sağlanmasının ve araştırma konularının belirlenmesinde üretici ve sanayicinin taleplerinin dikkate alınmasının gerekliliği de vurgulanmaktadır.

Hedefler bu şekilde belirlenmekle birlikte, Türkiye’nin Ar-Ge konusunda diğer ülkelere oranla oldukça geride olduğu bilinen bir gerçektir. Halen Ar-Ge harcamalarının GSMH içindeki payı % 0,64 düzeyindedir. Üniversiteler toplam Ar-Ge çalışmalarında ve tarımsal araştırmalarda en fazla payı alan kurumdur.

Dolayısıyla, diğer gelişmekte olan ülkelere paralel olarak Türkiye’de de özel sektör araştırmaları kısıtlı olup, üniversiteler % 70’lere varan payla en fazla araştırmanın yapıldığı kurum olmaktadır.

TÜBA (2003) tarafından gerçekleştirilen “Moleküler Yaşam Bilimleri ve Teknolojileri Öngörü Projesi” kapsamında Türkiye’nin biyoteknoloji ile ilgili altyapısı ortaya konmaktadır. Çalışma, yaklaşık 150 araştırma biriminin ve 2000 araştırıcının biyoteknoloji konusunda çalıştığını göstermektedir. Bu sayının önemli bir insan altyapısını işaret ettiğini vurgulayan çalışma, araştırıcıların verimliliklerinin bir göstergesi olan araştırıcı başına bilimsel yayın verilerine bakıldığında mevcut altyapının etkin bir şekilde kullanılmadığını, kurumsallaşmanın ve teknoloji üretme kaygısının bulunmadığını belirtmektedir.

Türkiye’de biyoteknoloji alanında yapılan bilimsel yayınların yaklaşık % 42’si endüstriyel biyoteknoloji alanında olup tarımsal biyoteknoloji % 11,5 ile en az yayın çıkarılan biyoteknoloji dalı olmuştur. Stres toleransı, rejenerasyon ve propagasyon, farmasötik ve moleküler markörler en fazla çalışılan tarımsal biyoteknoloji konularıdır (Özcengiz, 2003).

Biyoteknoloji araştırmaları için devlet TÜBİTAK, kamu kurumları ve üniversitelere destek verdiği gibi özel sektöre de belli oranlarda destekler sağlamaktadır. Kamu yatırım bütçesinden üniversitelere araştırma projelerinin desteklenmesi amacıyla ödenekler tahsis edilmekte olup, desteklenen projeler arasında genetik kaynakların korunması projeleri, transgenik bitki geliştirilmesine ve üniversitelerin altyapılarını geliştirmeye yönelik projeler önde gelmektedir. Öte yandan, firmaların biyoteknoloji araştırma geliştirme faaliyetlerine de TÜBİTAK bünyesindeki Teknoloji İzleme Değerlendirme Birimi (TİDEB) ve Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) kanalıyla destek sağlanmaktadır. TİDEB firmaların Ar-Ge proje maliyetlerinin en fazla % 60’ı oranında ve hibe şeklinde destek vermektedir. Bu program dahilinde, gen mühendisliği-biyoteknoloji 6 öncelikli konudan biri olarak tespit edilmiş olup biyoteknoloji projelerinin toplam desteklenen projeler içindeki payı % 3,1’dir. TTGV ise proje maliyetinin en fazla % 50’sini karşılamakta ve geri ödemeli bir sistem içinde destek vermektedir. Biyoteknolojinin bu kapsamda desteklenen projeler içerisindeki payı ise % 7’dir.

Tarımsal biyoteknolojide gelişme kaydetmiş ülkelerdeki kurumsal yapılanma üniversiteler, kamu Ar-Ge kuruluşları ve özel sektör olmak üzere üç farklı ayaktan meydana gelmekte ve her bir kurumun kendi kapasiteleri ve görev tanımları içinde belirlenmiş rolleri bulunmaktadır. Örneğin üniversiteler ve kamu Ar-Ge kuruluşları temel araştırma konusunda uzmanlaşırken, özel sektörün uygulamalı araştırma ve ürün geliştirmeye yönelik çalıştığı görülmektedir. Birbirinin tamamlayıcısı olan bu roller içinde bir kurumun eksikliği sistemin iyi çalışmamasına neden olmaktadır. Bu noktadan hareketle Türkiye’deki yapıya baktığımızda, araştırma sistemi içerisinde üniversitelerin temel kuruluş olduğu ve en önemli ayaklardan biri olan özel sektörün sistem içinde yer almadığı dikkati çekmektedir. Dolayısıyla, özel sektörün ve kamu Ar-Ge kuruluşlarının rolünü üstlenecek bir kurumsallaşma olmadığı için hedefe yönelik ve verimli çalışan bir sistem mevcut değildir. Bununla beraber, yukarıda da belirtildiği gibi araştırmaların önemli bir kısmını yürüten üniversitelerin de verim ve etkinlik sorunları bulunmaktadır.

Son yıllarda, çok önemli kaynaklar sağlanarak, moleküler biyoloji altyapısına sahip laboratuvarların kurulduğu ve yine yeterli yetkin kadroların bulunup bulunmadığı aranmaksızın önemli miktarda proje destekleri sağlandığı görülmektedir. Ancak, bu projeler incelendiği zaman bunların çoğunun gerçekçi hedeflere odaklanmadığı ve ürün geliştirme niteliği taşımadığı da bir gerçektir. Transgenik ürün geliştirmeye yönelik bir kısım araştırma projelerinin başarılı olmaları için gerekli özel sektör katılımı ya da desteğinin olmaması da ayrıca düşünülmesi gereken bir husustur. Yine bu bağlamda, geliştirilmesi muhtemel transgenik ürünlerin risk analizleri ve pazara sunumları için gerekli yasal çerçevenin çizilmemiş olması da bunların uygulamaya geçirilme şansını ortadan kaldırmaktadır.

İlk defa 1998 yılında yabancı firmalara ait transgenik çeşitlere ait tarla denemelerinin yapılabilmesi için Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından hazırlanarak yürürlüğe sokulan "Transgenik Kültür Bitkilerinin Alan Denemeleri Hakkında Talimat" ise bu amaca hizmet etmekten çok uzaktır. Hal böyle iken, söz konusu çeşitlerin tarla denemelerinin 1998 yılından bu yana bizzat Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'na ait Araştırma Enstitü'leri tarafından yürütülüyor olmasına rağmen elde edilen sonuçların resmen açıklanmamış olması da üzerinde durulması gereken önemli bir konudur.

Türkiye Cartagena Biyogüvenlik Protokolünü imzalayan ilk ülkelerden biri olmuşsa da buna yönelik yasal mevzuat çalışmalarını aynı hızda yürütememiştir. Aynı şekilde, Avrupa Birliği mevzuatına uyum için gerekli yönetmelikler de henüz hazırlanarak yürürlüğe sokulamamıştır. Biyogüvenlikle ilgili bu mevzuat boşluğunun yanında, fikri mülkiyet hakları kapsamında Bitki İslahçı Haklarıyla ilgili mevzuat yıllar sonra oluşturulmuşsa da UPOV üyeliği henüz gerçekleştirilememiştir. Türkiye'de transgenik ürünlerin ticari olarak ekimlerine izin verilmezken, yurtdışından gıda hammaddesi olarak ithal edilen mısır ve soya ürünlerinin transgenik olma ihtimali oldukça yüksek görünmektedir.

## **Sonuç ve Öneriler**

Kısaca biyoteknoloji olarak da isimlendirilen modern gen teknolojileri, hızla artan dünya nüfusunun yeterli ve dengeli beslenmesini sağlamak amacıyla tarımsal üretimin artırılmasında önemli olanaklar sunmaktadır. Burada, sürdürülebilir tarım tekniklerinin uygulanmasının yanında biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı, yüksek verimli ve kaliteli bitki çeşitlerinin geliştirilmesi önemli bir önceliktir. Bu bitkilerin geliştirilmesinde sadece transformasyon yoluyla elde edilen transgenik bitkiler değil, ağırlıklı olarak moleküler bitki ıslahı teknikleri üzerinde yoğunlaşmak kısa ve orta vadede daha doğru olacaktır. Türkiye gibi zengin gen kaynaklarına sahip gelişmekte olan ülkelerin, öncelikli alanlarını saptayarak moleküler biyoloji çalışmaları için yeterli altyapıyı oluşturmaları ve kritik kitleyi oluşturacak sayıda yetkin araştırmacı yetiştirmeleri, ellerindeki genetik potansiyeli en iyi şekilde değerlendirmelerine yardımcı olacaktır.

Ancak, teknolojik gelişmelere paralel olarak, gerek bu tekniklerin ve ürünlerin geliştirilmesi sırasında gerekse bunların doğaya salımlarında biyogüvenlikle ilgili yasal düzenlemelerin yapılması ve bu mevzuatı uygulayacak yetkin kişilerin eğitilmesi gerekmektedir. Burada, hazırlanacak



mevzuatın bilimsel esaslara dayalı olması, yurt içinde yapılacak çalışmalarını engelleyici değil kolaylaştırıcı tedbirleri içermesi önem taşımaktadır. Aynı şekilde, biyoteknolojik uygulamalar ve ürünlerle ilgili fikri mülkiyet haklarına yönelik Bitki İslahçı Hakları, Patent Kanunu gibi mevzuatın bir an önce uygulanabilir hale getirilmesi, bu alanlarda araştırmacıları bilgilendirecek ve destekleyecek düzenlemelerin yapılması küreselleşen dünya ticaretinde rekabet edebilecek bir konuma gelebilmemiz için önem taşımaktadır.

### **Kaynakça:**

Borlaug, N. 2003. Towards a Hunger-free World: The Final Milestone. [www.ans.iastate.edu/NSC/Lecture\\_text\\_14\\_10\\_03.pdf](http://www.ans.iastate.edu/NSC/Lecture_text_14_10_03.pdf)

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

Cakmak, I., Graham, R. and Welch R. M. (2002): Agricultural and Molecular Genetic Approaches To Improving Nutrition and Preventing Micronutrient Malnutrition Globally. In: Encyclopedia of Life Support Systems. Section Eds: I. Cakmak and R. M. Welch. UNESCO-EOLSS Publishers Co Ltd. UK, ISBN: 0 9542989-0-X, 3490 pp.

Cohen, J. I., Falconi, C., Komen, J., ve M. Blakeney. 1998. "Proprietary biotechnology inputs and international agricultural research". ISNAR Briefing paper 39.

EC, 1999. Opinion of the Scientific Steering Committee on Antimicrobial Resistance. 121 s.

EFSA, 2004. Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on the use of antibiotic resistance marker genes as marker genes in genetically modified plants (Question No EFSA-Q-2003-109). *The EFSA Journal* 48:1-18. [http://www.efsa.eu.int/science/gmo/gmo\\_opinions](http://www.efsa.eu.int/science/gmo/gmo_opinions)

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.

Gözen, A., K. Abak, H. Kasnakoğlu, S. Çetiner ve A. Güzel. 1995. Türkiye'de bitki biyoteknolojisi öncelikleri. TTGV Yayın No. 2. Ankara.

James, C. 2001. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2001. ISAAA Briefs No: 24.

James, C. 2005. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2005. ISAAA Briefs No: 34.

König, A., A. Cockburn, R.W.R. Cravel, U. Hammerling, I. Kimber, I.Knudsen, H. A. Kuiper, A. H. Penninks, M. Schauzu, J.M. Wal. 2004. Assessment of the safety of foods derived from genetically modified (GM) crops. *Food and Chemical Toxicology* 42: 1047-1088.

Kuiper, H. A., A. König, G. A. Kleter, W. P. Hammes ve I. Knudsen. 2004. Concluding remarks. *Food and Chemical Toxicology* 42: 1195-1202.

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.wvu.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.

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.

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

Persley, G. J. ve Lantin M. M. 1999. Agricultural Biotechnology and the Poor. In International Conference on Biotechnology. CGIAR and U. S. NAS.

Özcengiz, G. 2003. Türkiye'de Biyoteknoloji Alanındaki Yayın Potansiyelinde Gelişmeler: 1995-2003. *Biyotek*, 16(3).

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](http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/ECONOMIC/ESA/en/pubs_sofa.htm)

TÜBA, 2003. Moleküler Yaşam Bilimleri ve Teknoloji Öngörü Projesi Raporu, Ankara.

Zangerl, A. R., McKenna, D., Wraight, C. L., Carroll, M., Ficarello, P., Warner, R., & Berenbaum, M. R. (2001, Oct. 9). Effects of exposure to event 176 *Bacillus thuringiensis* corn pollen on monarch and black swallowtail caterpillars under field conditions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 98 (21), 11908-11912.