

## GEN TEKNOLOJİLERİ ve TARIMIN GELECEĞİ

**Selim ÇETİNER\***

*Since land and water for agricultural production are diminishing rapidly, it is important to increase crop yields on existing land and water resources in a sustainable way in order to feed the ever-increasing world population. The modern biotechnology or molecular biology techniques offer a wide range of opportunities for the improvement of crop plants with higher yields, improved nutrition and biotic and abiotic stress tolerance. Transgenic crops offer lots of new opportunities in the domain of agricultural production around the world. However, due to bio-safety concerns and issues related to intellectual property rights, developing countries may as well concentrate their efforts on molecular plant breeding in order to utilize their rich genetic resources.*

**A**vcı-toplayıcı kültürden tarımcı kültüre geçen insanlık, binlerce yıldır seçmiş olduğu bitkileri yetiştirerek ve evcilleştirilmiş 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 de tarımsal 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 üretiminde %100'ü aşan artışlara yol açmış, bunun sonucu özellikle gelişmiş ülkelerde üretim fazlası oluşmuştur. "Yeşil devrim" sayesinde

\* Prof. Dr., Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

Avrasya Dosyası, Moleküler Biyoloji ve Gen Teknolojileri Özel, Sonbahar 2002, Cilt: 8, Sayı: 3, s. 90-103.

1960'lı yıllardan itibaren, bu yeni çeşitler ile yeni tarım teknolojileri Türkiye'ye ve diğer gelişmekte olan ülkelere de kısa sürede girmiş ve genelde yerel nüfusun ihtiyacı olan gıda maddeleri üretiminde yeterlilik sağlanmıştır.

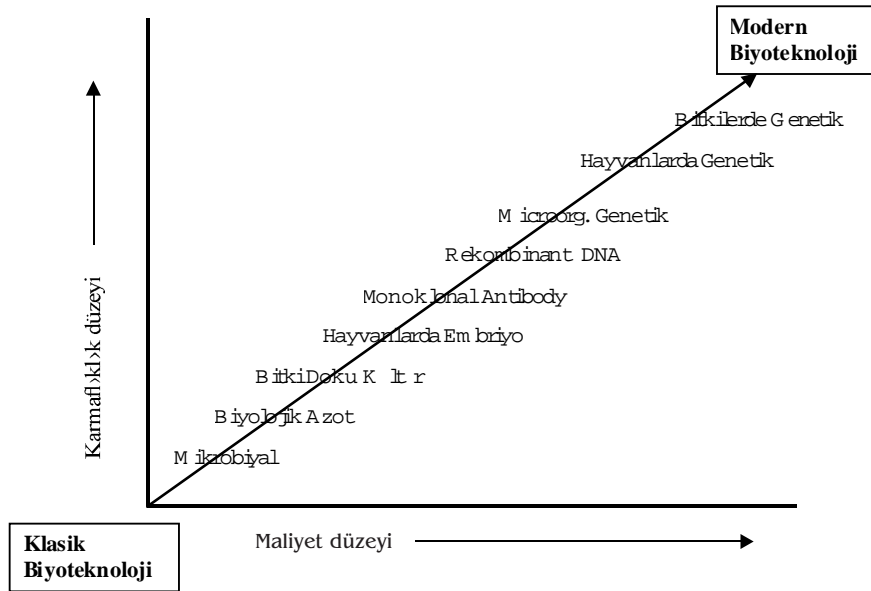
Ülkemizdeki tarımsal üretim özellikle ikinci dünya savaşından sonra önemli ölçüde artmış olmakla beraber, verimlilik artışı oranı ekilebilir alanların artışı oranıyla karşılaştırıldığında bu artışın pek de sağlıklı olmadığı söylenebilir. Tarımsal üretim artışındaki temel öğeler incelendiğinde 1950'lerden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

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. Dolayısıyla 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 Borlaugh'a

göre buğday ve mısır gibi tahıllarda verimin % 80 artırılması demektir. 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 teknolojiadaki gelişmişlik durumlarına göre tarımda farklı düzeylerde kullanıldığı görülmektedir. Biyolojik azot fiksyasyonu gelişmekte olan ülkelerde kolayca kullanılabilen, 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 ve Hindistan gibi birkaç gelişmekte olan ülke dışında genelde gelişmiş olan ülkelerde etkin olarak kullanılmaktadır (Persley ve Doyle, 1999).



Çizelge 1. Biyoteknolojinin Gelişimi (Persley, 1990).

Moleküler teknikler halen hayvan, bitki ve mikrobiyal 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. Gen teknolojileri ile ilgili teknik bilgiler ve insan sağlığı ile hayvancılıktaki uygulama alanları ayrıntılı olarak diğer makalelerde anlatıldığı için, bu tekniklerin tarımsal uygulamaları bitki ağırlıklı olarak irdelenecek, bunların getirdiği sosyal, ekonomik ve politik etkileri kısaca değerlendirilecektir.

### **Transgenik Ürünlerde 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 sürülmüştür. Bunu gen aktarılmış mısır, pamuk, kolza ve patates bitkileri izlemiştir. 1996 yılından itibaren transgenik ürünlerin ekim alanları hızla artmış ve 2001 yılında 52.6 milyon hektara ulaşmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. 1996-2001 Yılları Arasında Transgenik Bitkilerin Toplam Alanı (milyon ha)

<b>Yıllar</b>	<b>Hectar (milyon)</b>	<b>Acre (milyon)</b>
<b>1996</b>	1.7	4.3
<b>1997</b>	11.0	27.5
<b>1998</b>	27.8	69.5
<b>1999</b>	39.9	98.6
<b>2000</b>	44.2	109.2
<b>2001</b>	52.6	130.0

Kaynak: Clive James, 2001.

Halen yetiştirilmekte olan transgenik ürünlerin ekim alanları incelendiğinde, bu ekim alanlarının % 99'unun A. B. D., Arjantin, Kanada ve Çin'de olduğu, diğer ülkelerde ise daha ziyade geniş ekim alanları bulunmadığı görülmektedir (Çizelge 2). Çin'deki ekim alanları ise özellikle Bt içeren pamuk ile hızla artmaktadır. Bu çizelgede görünmemekle birlikte Brezilya'da ekimine izin verilmemekle beraber Arjantin'den getirilen transgenik soya tohumları ekilen alanların hızla arttığı bildirilmektedir. Yine, Hindistan'da Bt içeren pamuk ekimine izin verilmesiyle bu ülkede de transgenik pamuk ekim alanlarının hızla artması beklenmektedir. Transgenik ürünlerin ekim alanları 2001 yılı itibariyle 52.6 milyon hektara ulaşmış olmakla beraber, bu ekim alanlarının artmasındaki şüphesiz en önemli engel özellikle Avrupa Birliği kamu oyununda bu ürünlere karşı oluşan olumsuz tepkiler, dolayısı ile bunun üreticiler üzerinde oluşturduğu olumsuz beklentilerdir. Aynı şekilde, gelişmekte olan ülkelere aşağıda daha detaylı olarak değerlendirilecek olan biyogüvenlikle ilgili yasal mevzuatın henüz oluşturulmamasının getirdiği belirsizlik de ekim alanlarının genişlemesine engel olmaktadır.

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

Ülkeler	2000	%	2001	%	+/-	%
ABD	30.3	68	35.7	68	+ 5.4	+ 18
Arjantin	10.0	23	11.8	22	+ 1.8	+ 18
Kanada	3.0	7	3.2	6	+ 0.2	+ 6
Çin	0.5	1	1.5	3	+ 1.0	+ 200
Güney Afrika	0.2	<1	0.2	<1	<0.1	+ 33
Avustralya	0.2	<1	0.2	<1	<0.1	+ 37
Meksika	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	--
Bulgaristan	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	--
Uruguay	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	--
Romanya	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	--
İspanya	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	--
Endonezya	--	--	<0.1	<1	<0.1	--
Almanya	<0.1	<1	<0.1	<1	<0.1	--
Fransa	<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.

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 80'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 ve kolza gibi önemli ürün türleri olduğu görülmektedir (Çizelge 3). 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 pek geniş ekim alanları bulamamıştır. Virüse dayanıklı papaya Havai 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 3. 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 ticarî 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 4). 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 4. 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
Böceklerle 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. Bunun yanında doymuş yağ asit oranı değiştirilmiş yağlı tohumların, 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 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 et-

kilemiştir. 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.

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, 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 ağır metal sorunu bulunan topraklarda yetişebilen bitkilerin geliştirilmesi de bu gibi ülkelerdeki marjinal tarım alanlarında üretim yapılabilmesine olanak sağlayacaktır. Olumsuz çevre 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 yeterliliği sebebiyle henüz beklenen başarı düzeyine ulaşamamıştır.



### **Moleküler Bitki Islahı**

Gen teknolojileri denildiği zaman, ilk akla gelen transgenik bitkiler ise de yukarıda belirtilen teknik kısıtların yanında transgenik bitkiler konusunda oluşan olumsuz kamuoyu 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 klâsik ıslah yöntemleriyle belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Ancak bu alanda gerek ulusal gerekse uluslararası ıslah kuruluşlarında, önemli miktarda bitki gen bankaları oluşturulmuş ve klâsik ıslah konusunda önemli deneyimler kazanılmıştır. İşlevsel genomik çalışmalarının yaygınlaşmasıyla oluşan bilgi birikimini klâsik 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.

### **Biyogüvenlik**

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 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 çalışmaları sırasında kullanılan antibiyotik işaret genleridir. Avrupa Konseyi'nin 1999 yılında uzman bilim adamlarından oluşan bir panele hazırlatmış olduğu rapor, bu endişenin bilimsel nedenlerle açıklanamayacağını bildirmiş, ancak bundan sonra geliştirilecek transgenik bitkilerde antibiyotik işaret genlerinin kullanılmasını tavsiye etmiştir.

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.

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 Kelebeği'nin de olumsuz etkilenebileceği iddiası son birkaç yıldır yoğun tartışma konusudur. Ancak, yapılan araştırmaların büyük bir bölümü bu riskin çok düşük bir düzeyde olduğunu, Bt geni aktarılmış bitkiler yerine normal mısır yetiştiriciliğinde kullanılan kimyasal mücadele ilaçlarının hedef olmayan organizmalar üzerinde çok daha fazla olumsuz etkilerinin bulunduğunu göstermiştir. 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 kaçışı 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.'nden kaçak olarak getirilen transgenik mısırların ekilmesi ve bunlardan Meksika'daki yerel mısır çeşitlerine gen kaçıışı 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.

Son olarak, Uluslararası Biyolojik Çeşitlilik Anlaşması bağlamında hazırlanan ve ancak 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 Protokolün yürürlüğe girmesi ve 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 ayrıca 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.

### **Fikrî 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.

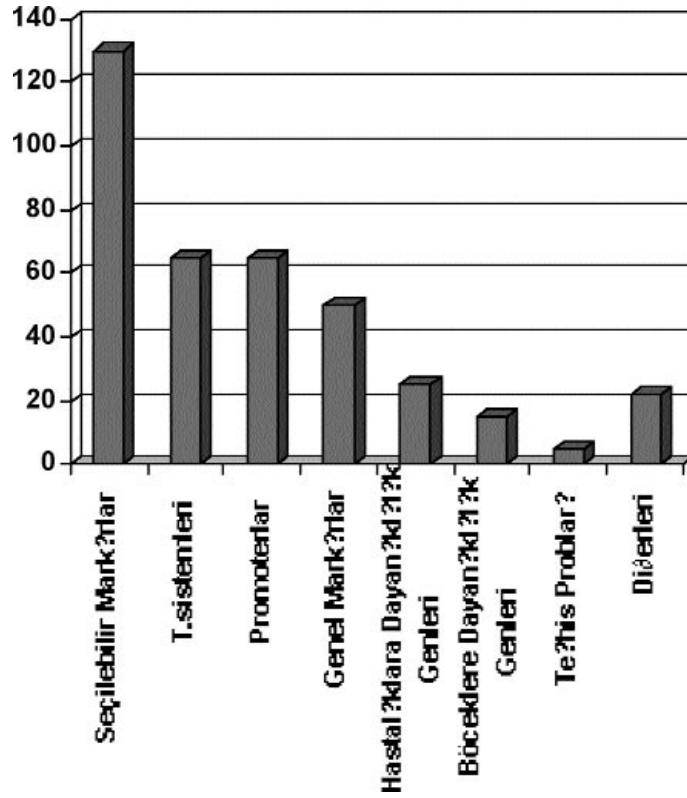
Son yıllarda, yine uluslararası yardım kuruluşlarının desteği ile veya biyoteknoloji alanında yoğun Ar-Ge faaliyeti olan çokuluslu şirketlerin işbirliği ile kamu araştırma kuruluşlarında yeni transgenik çeşitlerin geliştirilmesine yönelik araştırma faaliyetlerinin arttığı gözlenmektedir. Ancak, burada da fikrî 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 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, bu ülkelere yürütülen biyoteknolojik araştırmaların ve ürün geliştirme çalışmalarının hepsinde çok sayıda patentli teknik veya materyalin kullanıldığını göstermiştir (Şekil 2).

Tüm bunlar, biyoteknolojik araştırmalardan gelişmekte olan ülkelereki 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, gelişmekte olan ülkelerdeki araştırma kuruluşlarının, biyoteknolojik araştırmalarını planlarken ve yürütürken fikrî 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 gelişmekte 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).

### Sonuç

Kısaca biyoteknoloji olarak da isimlendirilen modern gen teknolojileri tarımsal üretimin artırılmasında önemli olanaklar sunmaktadır. Burada, sürdürülebilir tarım tekniklerinin uygulanmasında 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 kaynaklarına sahip gelişmekte olan ülkelerin, öncelikli alanlarını saptayarak moleküler biyoloji çalışmaları için yeterli altyapı ve araştırmacı yetiştirmeleri ellerindeki 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. Aynı şekilde, biyoteknolojik uygulamalar ve ürünlerle ilgili fikrî mülkiyet haklarına yönelik Bitki Islahçı Hakları, Patent Kanunu gibi mevzuatın bir an önce oluşturulması küreselleşen dünya ticaretinde önem kazanmaktadır.

**Kaynakça:**

Cohen, J. I., Falconi, C., Komen, J., ve M. Blakeney, "Proprietary Biotechnology Inputs and International Agricultural Research", ISNAR Briefing Paper 39, 1998.

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

Gözen, A., K. Abak, H. Kasnakoğlu, S. Çetiner ve A. Güzel, *Türkiye'de Bitki Biyoteknolojisi Öncelikleri*, TTGV Yayın No. 2. Ankara, 1995.

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

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

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