

GENETİK YAPISI DEĞİŞTİRİLMİŞ BİTKİLER VE BİTKİ KORUMA AMAÇLI KULLANIMI

Miray ARLI SÖKMEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 01.06.2004

ÖZET: Günümüzde genetik yapısı değiştirilmiş (transgenik) bitkiler konusundaki tartışmalara rağmen bu bitkilerin ekim alanları her yıl genişlemeye devam etmektedir. Ekimi yapılan transgenik bitkilerin önemli bir çoğunluğunu, bitki sağlığına yönelik olarak geliştirilenler oluşturmaktadır. Yabancı ot ilacına (herbisit), böceklerle ve viral hastalıklara dayanıklı transgenik bitkiler ile tarımsal üretimde daha yüksek verimin alınması ve özellikle böceklerle dayanıklı bitkiler ile pestisit kullanımının tüm dünyada azaltılması hedeflenmektedir. Soya, mısır, kanola, patates, kabak ve papaya günümüzde dünyada ekimi yapılan transgenik bitki türleridir. Henüz pratikte daha kullanılmamasına rağmen bitkilerdeki fungal ve bakteriyel hastalıklara dayanıklılık konusunda da gen transformasyon çalışmaları devam etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Transgenik bitki, dayanıklılık, herbisit, böcek, virus

GENETICALLY MODIFIED CROPS AND THEIR USE IN PLANT PROTECTION

ABSTRACT: Growing areas of genetically modified (transgenic) crops have been increasing every year despite of some debates and concerns in the introduction and use of these plants. Most transgenic plants grown in the world have been developed for plant health. Higher yield and less pesticide application are expected by using the transgenic plants which are resistant to herbicides, viruses, and especially by the plants resistant to insect attack. Soybean, corn, canola, potato, squash and papaya are commercially produced transgenic crops in the world. There are ongoing studies on transformation of some plants with resistance genes against bacterial and fungal diseases, but so far, with limited success.

Key Words: Transgenic plant, resistance, herbicide, insect, virus

1. GİRİŞ

Değişen çevre şartları ve hızla artan dünya nüfusu, tarımda birim alandan daha yüksek verim ve daha kaliteli ürün elde edilmesini zorunlu hale getirmiştir. Dünyada artan nüfusa paralel olarak tarım alanları genişlememektedir. Bu nedenle, bitkilerden ve hayvanlardan daha yüksek verimin alınması amaçlanmaktadır. Biyoteknoloji alanındaki çalışmalar sayesinde bu amaca yönelik önemli adımlar atılmıştır. Bu çalışmaların iki hedefi vardır; birincisi ürün kalitesinin ve miktarının yükseltilmesi, ikincisi kültür bitkilerinin hastalık ve zararlılar başta olmak üzere tuzluluk, kuraklık gibi olumsuz şartlara dayanıklılığının artırılmasıdır. Bu niteliklere sahip bitkilerin elde edilmesi için, klasik ıslah yöntemlerine ilave olarak modern yöntemler geliştirilmiştir. Modern yöntemlerin en önemli avantajı, gen aktarımı yapılacak türler arasında akrabalık zorunluluğunun olmamasıdır. Böylece bitki, hayvan veya bir mikroorganizmadan alınan genin tamamen farklı bir organizmaya aktarılması ve orada genomun bir parçasıymış gibi işlev görmesi mümkün hale getirilmiştir (Primrose, 1991). Bu amaçla uygulanan işleme, gen transformasyonu, elde edilen bitkilere ise genetik olarak değişikliğe uğramış (GMO=GDO) bitkiler veya transgenik bitkiler denir.

Biyoteknoloji alanında son yıllarda önemli gelişmeler elde edilmiştir. DNA yapısının

çözülmesi (Watson and Crick, 1953), DNA'yı çeşitli noktalardan kesebilen restriksiyon endonükleaz enzimlerinin keşfi (Smith ve Wilcox, 1970) ve bu enzimlerin DNA'nın kesilmesi için kullanılması (Danna ve Nathans, 1971), ilk defa bir DNA sekans analizinin gerçekleştirilmesi (Wu ve Taylor, 1971) ve *Taq* polimeraz enzimi kullanılarak, Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) yöntemi ile DNA fragmentlerinin amplifikasyonu (Mullis ve Faloona, 1987), rekombinant DNA teknolojisi/biyoteknoloji alanındaki çalışmalara önemli katkıda bulunan araştırmalardan bazı örneklerdir.

Biyoteknoloji alanındaki yoğun araştırmaların hedefi, insanların daha sağlıklı olarak, temiz bir çevrede daha iyi beslenerek yaşamasını mümkün hale getirmektir. Kültür bitkilerindeki hastalık, zararlı ve yabancı otlar, daha çok kimyasal yöntemler ile kontrol edilmeye çalışılmaktadır. Ancak, kullanılan kimyasalların kalıntıları son yıllarda insan ve çevre sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Hastalık, zararlı ve yabancı otların kontrolünde transgenik bitkilerin kullanılması ile dünyada kimyasal tüketiminin azalacağı beklenmektedir. Transgenik bitkiler konusundaki çalışmaların amacı sadece bitki sağlığı ile ilgili olmayıp bazıları direkt olarak insan sağlığına yöneliktir. Transgenik bitkilerden, tıp alanında bazı hastalıkların tedavisinde

yararlanılması düşünülmektedir. Örneğin, transgenik bitkiler kullanılarak insanların ağızdan hepatit B gibi hastalıklara karşı aşılmasını mümkün hale gelebilir (Carter ve Langridge, 2002). Geliştirilen demir ve A vitaminince takviye edilmiş transgenik çeltik bitkisi sayesinde, bazı uzak doğu ülkelerinde A vitamini eksikliğine bağlı çocuklardaki görme bozukluğu kontrol altına alınabilir (Barton ve Berger, 2001). Transgenik bitkiler/ürünler son zamanların en çok tartışılan konularından birisi haline gelmiştir. Kimilerine göre Frankestein ürünleri, kimilerine göre ise tarımsal biyoteknolojinin harikaları olan bu ürünlerin yetiştirilme alanları günümüzde hiç de küçümsenmeyecek düzeylere ulaşmıştır. Tüm dünyada bu ürünlerin yetiştirilme alanlarının Büyük Britanya adasını kaplayacak büyüklükte ve bunların çoğunun herbisitlere dayanıklılık için geliştirilen ürünler olduğu bildirilmektedir (Heritage, 1999). Bir başka kaynak, 2002 yılında dünyada transgenik bitkilerin ekim alanının 2001 yılındakine oranla %12 artarak 58.7 milyon hektara ulaştığını bildirmektedir [James, 2002, (Kefi, 2003'den)]. Günümüzde domates, kavun gibi çabuk çürüme özelliğinde olan tarımsal ürünlerin raf ömrünü uzatmak, tuzluluk ve kuraklık gibi çevresel stres faktörlerine dayanıklılık için veya bitkilerin besinsel içeriğini daha iyi hale getirmek gibi değişik amaçlara yönelik olarak farklı bitki türleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu makalede, GM bitkilerin bitki koruma amaçlı olarak kullanımları konusunda bilgi verilecektir.

2. TRANSGENİK BİTKİLER VE BİTKİ KORUMA

Günümüzde ekimi yapılan transgenik bitkilerin önemli bir çoğunluğu bitki sağlığına yöneliktir. Tüm dünyada 2002 yılında toplam 58.7 milyon hektar alana transgenik bitki ekilmiştir. Bunun %75'i herbisitlere dayanıklılık, %17'si zararlılara dayanıklılık, % 8'i hem yabancı ot ilacına hem böceğe dayanıklılık, %1'den daha az bir kısmı ise virüse dayanıklılık özelliğine sahiptir. Ürün bazında ise ekilen transgenik bitkilerin %62'si soya, %21'i mısır, %12'si pamuk, %5'i kolza (kanola) ve %1'den daha az bir bölümü virüse dayanıklı patates, balkabağı ve papayadır [James, 2002, (Kefi, 2003'den)]. Henüz pratikte kullanılmamasına rağmen, fungal ve bakteriyel hastalıklara dayanıklılık genlerinin bitkilere aktarımı konusunda da çalışmalar mevcuttur (Kazan ve Gürel, 2001).

2.1. Herbisitlere Dayanıklılık

Herbisitler, üreticilerin kullanmaktan vazgeçemediği kimyasallardır. Gelişmiş ülkelerde, tarımsal amaca yönelik olarak satılan

pestisitlerin %60-70'ini herbisitler oluşturmaktadır (Duke, 1996). İyi bir herbisit tarımsal ürün dışındaki istenmeyen bütün bitkileri kontrol edebilmesi, çevre için güvenilir olması ve topraktaki kalıntı miktarının minimum düzeyde olması istenir (Öktem, 2001a). Bitki sağlığına yönelik olarak geliştirilen transgenik bitkilerin çoğunluğunu herbisitlere dayanıklı bitkiler oluşturmaktadır. Herbisite dayanıklı kültür bitkisinin geliştirilmesinde en önemli adım, herbisit bitkide etkilediği yerin moleküler düzeyde anlaşılmasıdır. Bir bitkinin herhangi bir herbisite dayanıklılığını oluşturan çeşitli mekanizmalar mevcuttur (Sherman ve ark., 1996):

- a) Herbisit bitkiyi etkilediği noktaya taşınmasının etkilenmesi,
- b) Herbisit etkisinin biyokimyasal olaylar ile geri çevrilmesi,
- d) Herbisit yapısının bitki tarafından bozulması,
- e) Herbisit bitkide etkilediği noktanın dayanıklılığı.

Günümüzde herbisit dayanıklılığı ile ilgili sürdürülen çalışmalar oldukça fazladır. Bunların bir kısmından başarılı sonuçlar alınmış ve pratiğe aktarılmıştır. Örneğin, ticari adı Roundup® olarak bilinen glyphosate, bir total herbisit türüdür ve topraktaki kalıcılığı çok düşük olduğu için çevreye dost bir kimyasal olarak kabul edilir. Ayrıca, uzun yıllardır kullanılan bir herbisit olmasına rağmen diğer bir çok herbisitten farklı olarak yabancı otlarda bu herbisite karşı henüz bir dayanıklılık gelişmemiştir. Total herbisit olduğu için bu herbisit kullanımı, ürünün arazide olmadığı dönemler ile sınırlıdır. Glyphosate, bitkide aromatik aminoasitlerin senteziyle ilgili reaksiyon zincirinde gerekli olan bir enzimin (EPSP sentase) fonksiyonunu engelleyerek bitkiye etkide bulunur (Thomzik, 1996). Glyphosate dayanıklılığı ile ilgili iki gen soya bitkisine aktarılmış ve 1996 yılında ilk transgenik soya üretime sunulmuştur. Glyphosate'ın toprakta parçalanması çok hızlı olduğundan etkili bir yabancı ot kontrolü için 3 kez kültür bitkisinin olmadığı dönemde uygulama yapılması gerekmektedir. Ancak transgenik soya sayesinde ekili alanlarda herhangi bir dönemde kullanılması mümkün hale gelmiştir. A.B.D'de yetiştirilen soyanın 1999 yılı rakamlarına göre yaklaşık % 50'si transgenik soyadır (Anonymous, 2000).

Diğer bir çalışma, bir total herbisit türü olan glufosinate (Basta®) ile gerçekleştirilmiştir. Glufosinate'in sentetik analogu bir bakteri türü olan *Streptomyces hygroscopicus* tarafından sentezlenmektedir. Aynı bakteri, bu herbisite dayanıklılık genini de taşımaktadır. Yapılan çalışmalarda bakteriden bu gen izole edilerek

herbisite hassas bitkilere aktarılmıştır. Bu şekilde mısır ve şekerpancarı bitkileri herbisite toleranslı olarak elde edilmiştir (Thomzik, 1996).

Selektif bir herbisit olan metribuzin (Sencor®), soya, patates ve domates alanlarında dikotiledon ve monokotiledon yabancı otların kontrolünde çıkış öncesi (pre-emergence) uygulanmaktadır. Selektif özellikte olmasına rağmen yanlış uygulama sonucu çıkış sonrası kullanımına ve bunun sonucu fitotoksite problemlerine rastlanmaktadır. Ayrıca, 450 g/ha dozunda kullanıma zorunluluğu, aksi takdirde kültür bitkisine zarar verme riski sebebiyle bazen optimum yabancı ot kontrolü sağlanamamaktadır. Hatta bazı kültür bitkilerine 15 g/ha dozunda bile fitotoksik olabilmektedir. Metribuzin, kontrol ettiği yabancı otlarda elektron transportuna etki ederek fotosentezi engellemektedir. Bu herbisit çıkış sonrası uygulanması neticesinde bazı domates varyeteleri arasında herbisite toleranslılık bakımından çok büyük farklılıklar belirlenmiştir. Bazı domates varyeteleri 100 g/ha dozuna bile hassasiyet gösterirken, bazıları 6000 g/ha dozuna toleranslı bulunmuştur. Domatesin metribuzin (Sencor®)' e toleranslı olmasından sorumlu enzimin (MBZ N-glucosyl transferase) geninin izole edilerek hassas bitkilere aktarılmasına çalışılmıştır (Thomzik, 1996).

Herbisitlere dayanıklı olarak geliştirilen diğer bazı bitki türleri ve elde edilmiş yöntemleri Çizelge 1'de verilmiştir.

2.2. Böceklere Dayanıklılık

Böcekler ile biyolojik mücadelede uzun yıllardır bir entomopatojen bakteri türü olan *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) kullanılmaktadır. *Bt*, gram pozitif ve endospor oluşturma özelliğinde bir bakteridir. Endosporun oluşturulması sırasında bakteri kristal görünümlü bir toksin (endotoksin) sentezler (Lal ve Lal, 1993). Geçmiş yıllarda *Bt*'nin farklı böcek türlerinden değişik ırklarla izole edilmiş, ticari preparat haline getirilmiş ve zararlı böceklerin kontrolü için kullanılmaya başlanmıştır. *Bt* preparatlarının biyoinsektisit olarak pratikte kullanılmasını sınırlayan bazı sebepler vardır. Bunlardan en önemlisi, *Bt* preparatlarının uygulama sonrası çevresel etkenler (sıcaklık, UV ışınları) nedeniyle kalıcılığının düşük olmasıdır. Bu tip problemler sebebiyle *Bt* endotoksin geni klonlanarak bitkilere aktarılmaya başlanmış ve *Bt* genini içeren ilk transgenik bitki (tütün), 1987 yılında *Agrobacterium tumefaciens* T-DNA'sının vektor olarak kullanılmasıyla Belçika'daki bir biyoteknoloji şirketi tarafından elde edilmiştir (Ecevit ve Tuncer, 1991; Lal ve Lal, 1993). Daha sonra bu konudaki çalışmalar, diğer monokotiledon bitkiler üzerinde de denlenmiştir.

Ostrinia nubilalis (Mısır Kurdu)'e karşı mısır bitkisi dayanıklı olarak geliştirilmiş ve 1994 yılından beri A.B.D.'de üretimde kullanılmaya başlanmıştır. Bu ülkede 1999 yılında üretilen mısırın yaklaşık olarak % 30'u transgenik mısırdır (Anonymous, 2000). Ayrıca, *Heliothis virescens* (Yeşil Kurt)'e dayanıklı pamuk ve *Leptinotera decemlineata* (Patates Böceği)' ya dayanıklı patates bitkileri uygulamada başarılı diğer örneklerdir.

Çizelge 1. Bazı Herbisit Gruplarına Dayanıklı Olarak Geliştirilen Transgenik Bitki Türleri (Dyer, 1996'dan).

Herbisit	Bitki Türü	Yöntem*
Bromoxynil	Tütün	AT
	Pamuk	AT
Glufosinate	Yonca	AT
	Arpa	PB
	Mısır	PB
	Yulaf	PB
	Pirinç	PB
	Şeker pancarı	AT
	Ayçiçeği	AT
Buğday	PB	
Glyphosate	Pamuk	AT
	Soya	AT
	Tütün	AT
Sulfonilureas	Kanola	AT
	Şeker pancarı	AT
2,4 D	Pamuk	AT
	Tütün	AT

* Gen transformasyonu, *Agrobacterium tumefaciens* bakterisi (AT), partikül bombardımanı (PB) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Böceklere dayanıklı bitkilerin elde edilmesinde diğer bazı stratejilerden de yararlanılmaya çalışılmaktadır. Örneğin bitkilerin bazıları böceklerle toksik maddeler içerirler. Bunlar; proteaz inhibitörleri, lektinler, kolesterol oksidaz, lipoksigenazlardır. Bu grup proteinler bitkiler arasında yaygındır ve *Bt* toksinleri gibi böceklerin sindirim sistemine zararlıdır. Özellikle Lepidoptera, Coleoptera ve Orthoptera takımlarındaki böceklerle etkilidirler. Böcek tarafından zarar görmüş bitki dokusu etrafında, fizyolojik değişimler sonucunda protein yapısında maddeler birikmeye başlamaktadır. Solanaceae ve Leguminosae familyalarındaki proteinaz inhibitörleri bunlara örnek olarak verilebilir (Lindsey ve Jones, 1992). Son yıllarda bu proteinleri kodlayan genlerin bitkilere aktarılmasına çalışılmaktadır (Oktem, 2001b).

2.3. Virüslere Dayanıklılık

Fungal ve bakteriyel hastalıklardan farklı olarak, bitkilerde hastalık etmeni virüslerin

pratikte etkili bir kimyasal ile kontrolü günümüzde mümkün değildir. Virüs hastalıklarının yayılmasını ve sağlıklı bitkilere bulaşmasını önleyici tedbirlerin alınması, virüs ile bulaşık olmayan üretim materyalinin kullanılması gibi klasik uygulamalar ise çoğu zaman virüs hastalıkları ile mücadelede yetersiz kalmaktadır. Virüs hastalıkları ile en etkili mücadele şekli dayanıklı bitki tür veya varyetelerinin kullanılmasıdır. Klasik ıslah çalışmaları sonucunda elde edilen virüse dayanıklı bitkiler zamanla virüsün genomik yapısında meydana gelen değişimler sebebiyle etkisiz hale gelebilmektedir. Örneğin *Domates mozayik virüsü*'ne dayanıklılık ile ilgili gen (*Tm-2*), virüsün transport proteininde iki aminoasidin yer değiştirmesi sonucu dayanıklı bitkilerde etkisini kaybetmiştir (Weber ve ark.,1993).

Virüslere dayanıklı bitkilerin elde edilmesi amacıyla iki farklı temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki, bitkide mevcut olabilen belirli bir virüse dayanıklılık geninin izolasyonu ve bitkiye aktarılmasıdır. İkincisi ise, virüse ait genin moleküler yöntemler ile belirlenmesi ve bunda yapılan bazı değişiklikler (manipilasyonlar) sonrasında bitkiye aktarılmasıdır. Burada viral genler yanlış zamanlarda ve miktarlarda yada zıt fonksiyonel formlarda hücre içinde sentezlenerek söz konusu virüsün çoğalması veya hücreden hücreye taşınması engellenmeye çalışılmaktadır (Register III ve Nelson, 1992; Ergül ve ark., 2001). Örneğin, virüs kılıf (kapsid) proteini (Powell-Abel ve ark., 1986), virüslerin hücreden hücreye geçişini veya sistemik olarak bitkinin en uç noktalarına yayılmasını kontrol eden proteinler (Cooper ve ark., 1995), virüs RNA'sının zıt yöndeki formu (antisense RNA) (Bejarano ve Lichtenstein, 1994), viral RNA'ların değişik bölgelerine spesifik olarak bağlanabilen ve kesebilen yapay ribozim molekülleri (Thomzik, 1996) ve virüs replikaz genleri (Baulcombe, 1994; Baulcombe, 1996) transgenik bitkilerin elde edilmesinde kullanılan stratejilerden bazılarıdır. Viral etmenler ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda bu güne kadar çok sayıda bitki türü, virüse dayanıklı olarak elde edilmiştir. Roger Beachy ve çalışma arkadaşları gen transformasyonu ile 40'dan fazla familyaya ait çok sayıda virüs türüne karşı değişik bitki türlerini dayanıklı olarak elde etmişlerdir (Moffat, 2001). Moleküler genetik çalışmalar ile farklı stratejiler geliştirilerek elde edilen virüse dayanıklı bitki türlerinin tohumları A.B.D'de günümüzde tarımsal üretimde kullanılmaktadır. Hawaii'de yetişen papaya bitkilerinin % 60'ı virüse dayanıklı transgenik bitkilerdir (Moffat, 2001).

Son çalışmalarda, aynı anda birden fazla virüs türüne dayanıklı bitkilerin elde edilmesi mümkün hale getirilmiştir. *Domates lekeli solgunluk virüsü* ve *Şalgam mozayik virüsü* genomlarına ait nükleotid dizilerini birlikte içeren kimerik bir gen bölgesi kullanılarak her iki virüse birden dayanıklılık özelliğine sahip bitkiler elde edilmiştir (Jan ve ark., 2000). Ayrıca, *Domates mottle virüsü* ve *Domates sarı yaprak kıvrıcılık virüsü* gibi birden fazla Geminivirus için dayanıklı bitkilerin elde edilmesi yönünde çalışmalar devam etmektedir (Moffat, 2001).

3. SONUÇ

Transgenik bitkiler ile ilgili hedeflerin çoğunu bitki koruma amaçlı çalışmalar oluşturmaktadır. Klasik ıslah metotlarına ilave olarak, son yıllarda biyoteknoloji alanında, moleküler yöntemler kullanılarak tarımsal özellikleri geliştirilen transgenik bitkiler, günümüzde üretimde yer almaya başlamıştır. Bu bitkilerin araştırma-geliştirme safhasından tüketim aşamasına kadar biyolojik risk taşıyıp taşımadıkları konusunda daha çok araştırılması gereken konu vardır. Transgenik bitkilerin kullanıma sunulmasından önce daha fazla arazi denemelerinin yapılması ve sonuçlarının uzun yıllar takip edilmesi gereklidir. Transgenik bitkilerin insan, topraktaki canlılar, yararlı böcek popülasyonları, kuş ve diğer hayvanlar üzerindeki etkileri henüz tam bilinmemektedir. Transgenik bitkiler konusundaki endişelerden birisi; aktarılan genlerin yabani bitki türlerine tozlaşma yoluyla sıçraması ihtimalidir. Yabancı tozlaşan ve çapraz tozlaşan bitkiler için bu durum yetiştirilen bitki türüne ve çevredeki yabancı bitki plantasyonuna bağlıdır. Transgenik bitkilere yakın alanlarda gelişen yabani türler arasında çapraz tozlaşma olabileceği için, bu bitkilerin yetiştirileceği alanların çok iyi belirlenmesi ve kontrollerinin çok iyi yapılması önemlidir.

4. KAYNAKLAR

- Anonymous, 2000. Food for our future (Genetic Modification and Food). Published by The Food and Drink Federation in the UK. London. p: 28.
- Barton, J.H. and Berger, P. 2001. Patenting agriculture. Issues in Science and Technology. 17: 43-50.
- Baulcombe, D.C. 1994. Novel strategies for engineering virus-resistance in plants. Current Opinion in Biotechnology. 5: 117-124.
- Baulcombe, D.C. 1996. Mechanisms of pathogen-derived resistance to viruses in transgenic plants. Plant Cell. 8:1833-1844.
- Bejarano, E.R. and Lichtenstein, CP. 1994. Expression of TGMV antisense RNA in transgenic tobacco inhibits replication of BCTV but not ACMV geminiviruses. Plant Molecular Biology, 24: 241-248.

- Carter, J.E. and Langridge, W.H.R. 2002. Plant-based vaccines for protection against infectious and autoimmune diseases. *Critical Reviews in Plant Science*. 21: 93-109.
- Cooper, B. Lapidot, M., Heick, J.A., Dodds, J.A., and Beachy, R.N. 1995. A defective movement protein of TMV in transgenic plants confers resistance to multiple viruses whereas the functional analog increases susceptibility. *Virology*. 206: 307-313.
- Danna, K. and Nathans, D. 1971. Specific cleavage of simian virus 40 DNA by restriction endonuclease of *Hemophilus influenzae*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 68:2913-2917.
- Duke, S.O. 1996. Herbicide-resistant crops-Background and perspectives. In: *Herbicide-resistant Crops*. Edited by S. O. Duke. CRC Press, Inc. Lewis Publishers. USA. p: 1-9.
- Dyer, W.E. 1996. Techniques for producing herbicide-resistant crops. In: *Herbicide-resistant Crops*. Edited by S. O. Duke. CRC Press, Inc. Lewis Publishers. USA. p:37-47.
- Ecevit, O., Tuncer, C. 1991. Gen transferi ile böceklere karşı dayanıklı bitki elde etme çalışmaları. *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 15: 117-127.
- Ergül, A., Aras, S., Erayman, M. ve Özcan, S. 2001. Virüslere dayanıklı transgenik bitkilerin geliştirilmesi. *Bitki Biyoteknolojisi II. Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları* (Editörleri: S. Ozcan, E. Gürel, M. Babaoğlu). S. Ü. Vakfı Yayınları. s: 239-260.
- Forster, B.P., Lee, M.A., Lundovist, U., Millam, S., Vamling, K. Wilson, T.M.A. 1997. Genetic engineering of crop plants: from genome to gene. *Expl. Agric.* 33:15-33.
- Heritage, J. 1999. One swallow does not a summer make (A microbiological look at genetically modified crops). *Microbiology Today*. 26: 4-5.
- Jan, F.J. Fagoaga, C., Pang, S.Z., Gonsalves, D. 2000. A single chimeric transgene derived from two distinct viruses confers multi-virus resistance in transgenic plants through homology-dependent gene silencing. *Journal of Gen. Virology*. 81: 2103-2109.
- Kazan, K. ve Gürel, E. 2001. Hastalıklara dayanıklılığın artırılması. *Bitki Biyoteknolojisi II Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları* (Editörleri: S. Ozcan, E. Gürel, M. Babaoğlu). S. Ü. Vakfı Yayınları. s: 261-287.
- Kefi, S. 2003. Tarımsal biyoteknoloji ve biyogüvenlik. *Tarım ve Mühendislik Dergisi*. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yayın Organı. Sayı 66-67: 69-79.
- Lal, R. and Lal, S. 1993. Genetic engineering of plants for crop improvement. CRC Press. USA. p: 246.
- Lewin, B. 1995. *Genes V*. Oxford University Press. Oxford. p: 1272.
- Lindsey, K. and Jones, M.G.K. 1992. *Plant Biotechnology in Agriculture*. Wiley Biotechnology Series. John Wiley&Sons Ltd, West Sussex, England. p: 241.
- Moffat, A.S. 2001. Finding new ways to fight plant diseases. *Science*, 292: 2270-2273.
- Mullis, K.B. and Faloona, F.A. 1987. Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalyzed chain reaction. *Methods in Enzymology*, 155:335-350.
- Öktem, H.A. 2001a. Herbisitlere dayanıklı transgenik bitkilerin geliştirilmesi. *Bitki Biyoteknolojisi II. Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları* (Editörleri: S. Ozcan, E. Gürel, M. Babaoğlu). S. Ü. Vakfı Yayınları. s:190-207.
- Öktem, H.A. 2001b. Böceklere dayanıklı transgenik bitkilerin geliştirilmesi. *Bitki Biyoteknolojisi II Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları* (Editörleri: S. Ozcan, E. Gürel, M. Babaoğlu). S. Ü. Vakfı Yayınları. s: 208-238.
- Powell-Abel, P., Nelson, R.S., De B, Hoffmann, N., Fraley, RT., Beachy, R.N. 1986. Delay of disease development in transgenic plants that express the tobacco mosaic virus coat protein gene. *Science* 232: 738-743.
- Primrose, S.B. 1991. *Molecular Biotechnology*. Balackwell Scientific Publications. Oxford. p:196.
- Register III, J.C. and Nelson, R.S. 1992. Early events in plant virus infection: relationships with genetically engineered protection and host gene resistance. *Seminars in Virology*, 3:441-451.
- Sherman, T.D., Vaughn, K.C. and Duke, S.O. 1996. Mechanisms of action and resistance to herbicides. In: *Herbicide-resistant Crops*. Edited by S. O. Duke. CRC Press, Inc. Lewis Publishers. USA. p:13-28.
- Smith, H.O and Wilcox, K.W. 1970. A restriction enzyme from *Haemophilus influenzae*: I. Purification and general properties. *Journal of Molecular Biology*, 51: 379-91.
- Thomzik, J.E. 1996. Gene transfer in plants. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer: Special Issue*. Vol: 49: 1-120.
- Watson, J.D. and Crick, F.H.C. 1953. A structure of deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171: 737.
- Weber, H., Schultze, S ve Pfitzner, A.J.P. 1993. Two aminoacid substitutions in the tomato mosaic virus 30-kilodalton movement protein confer the ability to overcome the Tm-2 resistance gene in the tomato. *Journal of Virology*. 67: 6432-6438.
- Wu, R and Taylor E. 1971. Nucleotide sequence analysis of DNA. II. Complete nucleotide sequence of the cohesive ends of bacteriophage lambda DNA. *Journal of Molecular Biology*, 57: 491-511.