

GENETİK YAPISI DEĞİŞTİRİLMİŞ BİTKİLER: DÜNÜ, BUGÜNÜ VE GELECEĞİ

İskender TİRYAKİ

KSÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş

Zeki ACAR

OMÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 01.06.2004

ÖZET:Günümüz biyoteknolojisinin bitkiler üzerinde uygulanması sonucu elde edilen genetik yapısı değiştirilmiş (GM) bitkiler, bu bitki ya da bitkisel ürünlerin üretim ve kullanımını destekleyen, karşı çıkan ya da tarafsız kalan değişik grupların oluşmasına neden olmuştur. Biyoteknoloji tarihsel gelişimi içinde değerlendirildiğinde, özellikle GM-bitkilerin klasik anlamda yapılan bitki ıslahından biraz farklı olduğu görülmektedir. Geçen 10 yıllık zaman sürecinde, önemli kültür bitkilerinin de yer aldığı GM-bitkilerin dünyadaki üretimini giderek arttırdığı gözlenmektedir. Bu durum yakın bir gelecekte, bu bitkilerin ekim oranları ile birlikte ekilen bitkilerdeki bitki çeşitliliğinin de artacağına işaret etmektedir. Diğer taraftan GM-bitki ve ürünlerinin potansiyel yararları ile kullanım risklerinin doğrudan ya da dolaylı olarak tüm insanlığı etkileyeceği düşünüldüğünde, bu konuda yapılan tartışmaların bilimsel boyutta yapılması ve kamuoyunun bilimsel gerçeklerle bilgilendirilmesi gereği ve gerçeği de ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma, GM-bitkilerin kullanım terminolojisi yanında, geçmiş, günümüzdeki durumu ve gelecekte sağlayacağı potansiyel yararlar ile taşıyabileceği riskler konusundaki değişik görüşleri kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoteknoloji, genetik, transgenik bitkiler, GMO

GENETICALLY MODIFIED CROPS: PAST, PRESENT AND FUTURE

ABSTRACT: There are various consumer attitudes including proponents, opponents, and having no opinion about genetically modified (GM) plants and their products generated by application of today's biotechnology to crop plants. Considering historical progress of the biotechnology, it seems that genetically modified plants are little different than plants developed by conventional plant breeding. GM-plant production including several important crop plants has been significantly increased during the last decade. This indicates that proportion of global planting area and varieties of GM-plants planted will increase in the near future. On the other hand, when we consider all potential benefits and risks of GM plants, consumption of these plants and their products will result direct or indirect effects to all man kind. Therefore, debate about the potential benefits and risk of GM-plants has to be done on the scientific platforms but general public concerns about the value of biotechnology need to be adequately addressed. The aim of this paper is to introduce used terminology, past, present and future of GM-plants and to give a brief summary about the potential risks and benefits of these crops.

Key words: Biotechnology, genetics, transgenic plants, GM-plants

1. GİRİŞ

İnsanoğlu var olduğundan bu yana, artan besin gereksinimine paralel olarak, elindeki besin kaynaklarını nicel ve nitel yönden iyileştirme, yeni ya da alternatif besin kaynakları oluşturma çabası içinde olmuştur. Bu arayışın bir sonucu olarak, geliştirilen yöntem ve teknikler eldeki var olan teknolojiye göre şekillenmiş ve çeşitlenmiştir. Günümüz biyoteknolojisinin ulaştığı nokta ve onun canlılara uygulanması sonucu oluşan genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar (GMOs-Genetically Modified Organisms) yine bu arayışların bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat biyoteknolojinin bugünkü uygulama alanları, geçmişte teknolojinin uygulanması durumunda ortaya çıkmayan bir takım sosyal, ekonomik, etik ve politik soruları ve sorunları da birlikte getirmiştir.

Laboratuvarda ilk GM bitkinin elde edilmesi ile birlikte, yeşil devrim adı verilen yoğun tarıma geçiş ile dünya tarımsal üretiminde meydana gelen ürün ve verim artışına benzer bir verim ve ürün artışının sağlanabileceği düşünülmüştür

(Conway, 1999). Fakat, genel anlamda GM-bitkilere karşı olan görüşlerin artması, bu durumun henüz başlangıç aşaması sayılabilecek bir seviyede sona erme tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına neden olmuştur. Bu karşıt görüşlerin oluşturduğu kamuoyu sayesinde, organik tarım ya da biyolojik tarım uygulamaları ve onun oluşturduğu ticari pazar ise önemini giderek artırmaktadır. Diğer taraftan, GM bitkilerine alternatif olarak organik tarım ürünlerini tercih etme şansına sahip olan gelişmiş dünya ülkelerindeki tüketicilere karşın, halen çoğunluğunu Asya, Afrika ve Latin Amerika ülkelerinde bulunan ve yaklaşık 200 milyonunu çocukların oluşturduğu toplam 800 milyon insanın açlık sınırında olduğu gerçeği yine ortaya konulması gereken bir durumdur (Parsley, 2002).

Kullanılan genetik kaynağın çeşitlendirilmesi noktasında, terimsel kullanımı ister biyoteknoloji yolu ile elde edilen organizmalar, isterse GM-bitkiler olarak ifade edilsin, sonuçları küreselleşmiş dünyamızda sadece bu teknolojileri üreten ve hali hazırda aktif bir şekilde kullanan

gelişmiş ülkeleri değil, tüm dünya ülkelerini sosyal, ekonomik ve politik olarak ilgilendirecek boyutta olduğu bir gerçektir.

Bu makalede GM-bitki yetiştiriciliğinin günümüzde ulaştığı boyutlar ile geleceği değişik yönleri ile ele alınıp tartışılmaya çalışılmıştır.

2. GM TERMİNOLOJİSİ

Biyoteknoloji, tarihsel gelişimi içinde 'herhangi bir işlem ya da fonksiyonun yerine getirilmesi için organizmaların teknolojiye kullanılması' olarak tanımlanmış ve uzun süreler bu tanımlama kullanılmıştır (Hatipoğlu, 2002). Nitekim birçok mikroorganizmanın ekmek, alkollü içki, şarap ve peynir gibi besinlerin üretiminde kullanılması bu uygulamanın bir sonucu olmuştur. Fakat, son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte, mikroorganizmaların teknolojiye kullanılması şeklindeki tarihsel tanımlamanın tersine, teknolojinin biyolojik varlıklar olan bitki, insan, hayvan ve mikroorganizmalara uygulanması şekline dönüşmüştür. Bu uygulama, aynı zamanda, biyoteknolojinin tarihsel gelişimi içindeki kullanımına kıyasla, daha etkili bir şekilde uygulama yollarını açmıştır.

Günümüz biyoteknolojisinin bir sonucu olarak; gen teknolojisi kullanılarak elde edilmiş bitkiler, genetik yapısı değiştirilmiş bitkiler (Genetically Modified Crops, GM-plants), genetik mühendisliği kullanılarak elde edilmiş bitkiler (Genetically Engineered Crops), transgenik bitkiler veya daha genel anlamda tüm canlıları içine alan GMO (Genetically Modified Organisms) ifadeleri genelde aynı konuyu ifade etmek için birbiri yerine sıkça kullanılan terimler olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyoteknolojinin yukarıda açıklanan anlam ve kullanımına karşılık, genetik mühendisliği genel olarak, 'organizmalar arasındaki genetik alışveriş işlemine aracı olma veya müdahale etme' şeklinde tanımlanmaktadır. Daha özel olarak ise, 'herhangi bir organizmanın (bitki, hayvan ya da mikroorganizma) genetik yapısının moleküler teknikler kullanılarak değiştirilmesi' şeklinde tanımlanmaktadır (Duvick, 2001). Bu tanımlama gen ya da genlerin akraba olan veya olmayan organizmalardan alınarak ilgili organizmaya aktarılması işlemlerini kapsamaktadır. Genetik modifikasyon, diğer bir ifade ile herhangi bir organizmanın genetik yapısının değişmesi, genetik mühendisliğinin bir uygulaması sonucu olarak ortaya çıkabileceği gibi, genetik mühendisliği uygulaması olmadan da söz konusu olabilmektedir. Nitekim, verim ve kaliteyi artırmak, hastalık ve zararlılara dayanıklı yeni bitki türlerini geliştirmek amacı ile yakın akraba türler arasında yapılan klasik melezleme çalışmaları ile mutasyon ıslahı çalışmaları buna

örnek olarak gösterilebilir.

3. BİTKİLERDE GENETİK MODİFİKASYONUN DÜNÜ, BUGÜNÜ VE GELECEĞİ

Bitkiler evrimsel gelişimleri sürecinde gerek buldukları çevre koşullarının neden olduğu doğal mutasyonlar sonucunda, gerekse çevrede bulunan diğer bitkilerden yabancı tozlanma yolu ile meydana gelen bir takım DNA modifikasyonlarına uğramışlardır (Ellstrand et al., 1999; Harlan, 1992; Slatkin, 1987; Stokstad, 2002). Buğday ve bazı yem bitkilerinde diploid, tetraploid ya da hexaploid çeşitlerin evrimsel süreç içinde oluşması doğal olarak meydana gelen genetik modifikasyonlara örnek olarak gösterilebilir (Conner, 2002; Karaca et al., 2002; Kellogg, 2001; Matzke et al., 1999; Ozkan et al., 2001; Salamini et al., 2002). Komperatif (karşılaştırmalı) genetik olarak isimlendirilen çalışmalar bu genetik modifikasyonların nasıl olduğu, cins ve türler arasındaki ilişkiler hakkında ipuçları vermesi bakımından önemlidir (Açıkgöz, 1991; Bonnin et al., 1996; Doyle and Luckow, 2003; Foster-Hartnett et al., 2002; Karaca et al., 2002; Peakall et al., 2003; Soltis and Soltis, 2003). Benzer şekilde, bazı mikroorganizmaların (örneğin virulent *Agrobacterium tumefaciens*) bitkide kendi gereksinimi olan opine proteinlerini sentezleyebilmek amacı ile bu proteinleri kodlayan genleri bulduran transfer DNA (T-DNA) bölgesini bitkiye aktarmaları, bitkinin genetik yapısında doğal olarak meydana gelen genetik modifikasyonlara başka bir örnektir (Krysan et al., 1999).

Diğer taraftan, tarımsal verimliliği artırmak amacıyla uygulanan sulama, toprak işleme, hastalık ve zararlılarla savaşım gibi kültürel uygulamaların dışında, klasik bitki ıslahçılarının verim ve kaliteyi artırmak, hastalık ve zararlılara dayanıklı yeni bitki türleri geliştirmek adına uyguladıkları birçok yöntem, bitkilerdeki genetik yapıyı değiştirmeye yönelik diğer çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılan yöntemler, eldeki kültür bitkisinin yabancı formlarının varlığına ve istenilen karakterleri taşıyıp taşımadığına göre çeşitlilik göstermiştir. Örneğin, mevcut elit kültür bitkisinin yabancı formlarında istenilen karakterlerin bulunması durumunda, yabancı form ile kültür bitkisi arasında yapılan klasik melezleme çalışmaları bu süreç içinde kullanılan yöntemlerden sadece birini oluşturmaktadır. Hatta bu melezleme çalışmalarının başarısız olduğu durumlarda döllekliliği sağlamak için kansorejen bazı kimyasallar (örneğin, kolkisin-colchicine kullanımı ile kromozom sayısının iki katına çıkarılması) kullanılmakta ya da normalde uyumsuzluk gösteren ve yaşama olanağı bulunmayan iki bitki melezinin oluşturduğu zigot,

doku kültürüne alınarak yeni bir bitki elde edilmektedir. Benzer şekilde, yeterli genetik değişkenliğin olmadığı durumlarda, melezleme çalışması ile kazandırılmayan bazı bitkisel karakterlerin sağlanması için kullanılan mutasyon ıslahı, bitki ıslahçıların kullandığı diğer bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda, istenilen genetik değişkenlik gama ışını, X-ışını veya nötron gibi fiziksel ya da EMS (Ethyl Methane Sulfat) gibi bazı kimyasal mutagenler kullanılarak oluşturulmaya çalışılmaktadır. Yukarıda değinilen çalışmalar, yine bilim insanları tarafından insanlık adına yapılan ve bitkilerdeki genetik modifikasyonu hedefleyen ve doğal olmayan genetik modifikasyonların geçmişteki ve günümüzdeki örnekleridir.

Klasik ıslah yöntemleri ile gerçekleştirilen genetik modifikasyonlar, yakın akraba türler ile sınırlıydı ve sonuçların değerlendirilmesi geçmişte sadece gözlemsel olarak yapılabilmekteydi. Ancak günümüzde yeni geliştirilen teknikler sayesinde gen alışverişi için akraba tür olma zorunluluğu yoktur ve moleküler teknikler ile aktarılan genin tespiti, değişikliğe uğrayıp uğramadığı hücre içinde ifadesinin (ekspresyonunun) mümkün olup olmadığı belirlenebilmektedir. Örneğin, *Bacillus thuringiensis* (Bt) bakterisinde yer alan ve mısırdaki koçan kurduna karşı toksik etki yapan bir proteinin belirlenmesinden sonra, bu proteini kodlayan genin bakteriden izole edilerek mısır bitkisine aktarılması sonucu, Bt-mısır olarak isimlendirilen ve mısır koçan kurduna karşı dayanıklı olan bitkilerin elde edilmesi bu uygulamaların bir sonucudur (Shelton et al., 2000). Benzer bir şekilde, Golden rice (altın renkli) pirinç tanesinin elde edilmesi, genetik modifikasyonun oluşturulmasında genetik bilginin kaynağının daha kesin bir şekilde saptanıp çeşitlendirilebileceğine örnek olarak gösterilebilir. Şöyle ki, uzak doğu ülkelerinde yaşayan 200 milyondan fazla insanın en temel gıdalarından biri olan pirinçte provitamin A (β -carotene) doğal olarak bulunmadığından, bu gereksinimini değişik şekillerde karşılayamayan milyonlarca insanda ilerleyen zamana bağlı olarak, kendiliğinden gelişen ve kör olma ile sonuçlanan ciddi bir sağlık sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu durumun ortadan kaldırılması amacıyla, kuramsal olarak provitamin A'nın oluşmasını sağlayan enzimleri, birbine bağlı bir mekanizma ile kodlayan 4 adet gen *Narcissus pseudonarcissus* bitkisi ve *Erwinia uredovora* bakterisinden izole edilerek çeltik bitkisine aktarılmış ve yukarıda değinilen sağlık sorununun ortadan kaldırılması adına büyük bir ilerleme sağlanmıştır (Ye et al., 2000).

Çeltik örneği, aslında bitkilere gen aktarımı yolu ile elde edilen GM-bitkilerin eldesinde, yalnızca bitkide bulunmayan gen ya da genlerin kültür bitkisine aktararak, transgenik bitkilerin elde edilmesi aşamasının teknolojik anlamda aşıldığını göstermektedir. Bu durum aynı zamanda bitki moleküler biyolojisi ve genetiği çalışmalarında günümüz teknolojisi kullanılarak gelecekte neler yapılabileceği konusunda da ipuçları vermektedir. Çünkü, gelecekte amaç sadece bitkilere gen aktarımı yapmak değil, gen aktarımı ile değişik moleküllerin biyosentez mekanizmalarını insanlığın gereksinimlerine göre düzenleme olanak ve koşullarının oluşabileceğini göstermektedir. Bu uygulama çeltikte olduğu gibi bitkide olmayan bir proteinin sentez edilmesini sağlamak olabileceği gibi, var olan bitkisel proteinin miktar ve kalitesini artırmak ya da oranlarını değiştirmek, insan ve hayvan sağlığı için zararlı olan bazı bitkisel maddelerin azaltılması ya da tümüyle ortadan kaldırılması şeklinde de olabilecektir (Murphy, 1994 ve 1999). Benzer şekilde, tane ya da bitki kompozisyonu istenilen yönde değiştirilerek özel bazı ilaç hammaddelerini oluşturan proteinlerin bitkilerde sentezinin sağlanması ve normalde ilaç olarak ulaştırılmayan, örneğin sıtma ve kolera gibi bazı salgın hastalıklara karşı, bazı etkili maddelerin günlük tüketilen bitkisel gıdaların içinde yer almasının sağlanması, bu alanda yapılacak çalışmaların gelecekteki hedefleri arasında yer almaktadır. Yukarıda en son değinilen bitkisel ya da bitkiye dayalı aşılama (plant-based vaccine) olarak adlandırılan çalışmalar, yoğun bir şekilde sürmekte ve konu ile ilgili ön çalışmalardan bazılarının klinik testlerinin başarılı olduğu bildirilmektedir (Tacket and Mason, 1999; Tacket et al., 2003; Walmsley and Arntzen, 2000). Bu durum özellikle tek yönlü bitkisel gıdalar ile beslenen ve açlık sınırında olan insanların temel bazı sağlık sorunlarının giderilmesi açısından çok önemli çalışmalardır.

Gen pramidi çalışmaları, yine bitki genetiğini istenilen yönde değiştirme çabalarına örnek olarak verilebilir. Tek tek gen transferi yolu ile farklı bitkilerde oluşturulmaya çalışılan ve bitkisel karakterleri kontrol eden genlerin tek bir bitkide toplanması olarak tanımlanabilecek gen pramidi sayesinde, biyotik (hastalık ve zararlılar) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk vb..) etmenlere daha dayanıklı, bitki genetik kompozisyonu ya da metabolizması istenilen şekilde değiştirilerek niteliği iyileştirilmiş, verimi yüksek bitkilerin elde edilme fırsatı doğabilecektir (Zhao et al., 2003). Bu şekilde üstün bitkilerin elde edilme olasılığı, her geçen gün artan dünya nüfusunun artan besin gereksinimini sağlama yönünde umut vermektedir.

Yukarıda değinilen ve özellikle de GM-bitki yetiştiriciliğinin gelecekteki hedeflerine yönelik düşüncelerden bazılarının, teorik anlamda gerçekleştirilebilme olasılığı her ne kadar yüksek gözükse de (GM-bitki karşıtlarının bu bitkilerin geliştirilmesine yönelik projelerin maddi olarak desteklenmesini engellemesine ve GM-bitki ya da bitkisel ürünlerin tüketimi ve ticaretine yönelik olumsuz kampanyalara rağmen) gelişen biyoteknolojiye bağlı olarak ortaya çıkan yeni bilimsel gerçekler, istenilen her türlü genetik modifikasyonun o kadar da kolay olmayacağını göstermektedir. Çünkü, oluşturulan bazı transgenik bitkilerdeki genler laboratuvar ve sera koşullarında etkin oldukları halde, gerçek tarla koşullarında gen sessizliği (gene silencing) olarak adlandırılan durum ortaya çıkması, epigenetik olgunun da normal bir bitki büyüme ve gelişmesi için çok önemli ve gerekli olduğunu göstermiştir (Grant, 1999; Paszkowski and Scheid, 1998; Stam et al., 1998; Steimer et al., 2004; Steimer et al., 2000). Diğer taraftan, başlangıçta aktarılan genin zamanla işlevini yitirmesi gibi olumsuz bir etki olarak görülen epigenetik gen sessizliği günümüz gen transferi çalışmalarına yeni bir boyut katarak, genlerin ekspresyonları sonrasındaki regulasyonlarını kontrol etme ve genomun yapısını değiştirme anlamında yeni bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır (Lu et al., 2003; Matzke and Matzke, 1995; Matzke and Matzke, 1998; Matzke, 2002; Matzke et al., 2002; Voinnet et al., 1999). Aynı şekilde istenilen her türlü genetik modifikasyonun o kadar da kolay olmayacağı gerçeği yağ bitkilerinde yapılan bazı çalışmalarla da kendisini göstermiştir. Örneğin, yağ bitkilerinde olmayan bir yağ asidinin gen transferi yolu ile kazandırılmasının, tohumda bazı katobolik sinyal akışının uyarılmasına (indüksiyonuna) neden olduğu (Murphy, 1999; Murphy and Vance, 1999) ya da bu yolla oluşturulan yeni yağ asitlerini depolayacak bir mekanizmanın varlığına gereksinim duyulduğu gerçeği ortaya çıkmıştır (Mancha and Stymne, 1997; Stobart et al., 1997). Bu örnekler, sonradan oluşturulacak genetik modifikasyonların doğal olarak sınırlandırılabilirdiğini ya da bilimsel bilgi birikiminin bu tip modifikasyonlar için henüz yeterli olmadığını göstermektedir.

4. GM BİTKİLERİN DÜNYADAKİ DURUMUNA GENEL BİR BAKIŞ

Günümüzde, biyoteknoloji yardımı ile elde edilmiş çok sayıda kültür bitkisi bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı henüz ön tarla denemeleri aşamasında iken, bir kısmı da bu aşamayı geçmiş ve yoğun bir şekilde yetiştirilmektedir. Bunlar içinde en büyük payı soya fasulyesi, mısır, pamuk ve kolza almaktadır (James, 2003; Tiryaki

and Tiryaki, 2003). GM bitkilerinin dünyadaki ekim oranları 1996 yılından başlayarak günümüze kadar artarak devam etmiştir. 1996 yılında sadece 1.7 milyon hektar olan GM bitkilerinin ekim alanları, 2003 yılında 40 kat artarak 67.7 milyon hektara ulaşmıştır (James, 2003). Bu artışın, son yıllarda GMO karşıtlarının yapmış oldukları tüm olumsuz kampanyalara karşın devam ediyor olması dikkat çekicidir. Burada açıkça belirtilmesi gereken bir nokta da, GM bitkilerin dünyadaki ekim oranlarındaki artışın, halen GM bitkilerin ekimini yapan belirli bazı üretici ülkelerdeki ekim oranlarında görülen artıştan kaynaklandığı gerçeğidir. Nitekim, dünyada GM bitkilerin ekildiği ülkelere bakıldığında, Amerika Birleşik Devletleri 42.8 milyon hektar ile (dünya toplam ekim alanının % 63'ü) ilk sırada yer alırken, bunu sırasıyla, 13.9 milyon hektar ile Arjantin, 4.4 milyon hektar ile Kanada, 3 milyon hektar ile Brezilya, 2.8 milyon hektar ile Çin Halk Cumhuriyeti ve 0.4 milyon hektar ile Güney Afrika izlemektedir (James, 2003). GM-bitki ekim alanlarında görülen bu sürekli artış eğilimi, önümüzdeki yıllarda bu bitkilerin ekim oranlarında ve bitki çeşitliliğinde önemli artışların olacağına işaret etmektedir.

5. GM-BİTKİ ÜRETİMİ ÜZERİNE YAPILAN TARTIŞMALARIN TEMEL GEREKÇELERİ

Yukarıda GM-bitkilerin durumu değişik yönleriyle ele alındıktan sonra bu bitki veya hammaddesi bu bitkilerden oluşan ya da bileşiminde bu bitkilerin bulunduğu gıdaların oluşturulması ve tüketimi üzerine yapılan tartışmalara da kısaca değinme gereği ortaya çıkmaktadır. GM-bitki yetiştiriciliğinin sağlayacağı temel yararlar şu şekilde özetlenebilir: (1) hastalıklara ve zararlılara karşı dayanıklı transgenik çeşitleri geliştirmek ya da abiyotik stress (kuraklık, soğuk, tuzluluk vb.) şartlarını tolere edebilen bitkiler elde etmek suretiyle verimi artırmak, (2) hastalık ve zararlılara karşı tarım ilacı (pestisit ve herbisit) kullanımını azaltmak sureti ile tarımsal girdileri düşürmek ve birim alandan daha fazla gelir elde etmek, (3) tarımsal ilaç kullanımından dolayı kimyasalların çevreye verdiği zararı en aza indirmek, (4) makinalı tarıma olanak sağlayan bitki çeşitleri elde etmek suretiyle işçilik giderlerini azaltmak ve bu bitkilerin üretimini artırmak, (6) insan sağlığı açısından ürün bileşimini istenilen yönde iyileştirmek. Özellikle yağ bitkilerindeki doymamış yağ asidi oranlarını artırarak sağlık açısından daha yararlı bitkisel yağların elde edilmesi, (7) endüstri bitkilerinin kullanıldığı yan sanayiinin ihtiyacına yönelik yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesi. Örneğin, lif bitkilerinde lif kalitesi ve uzunluğunun

artırılması, yağ bitkilerinde üretilecek bitkisel yağların sanayiinin gereksimine uygun olacak şekilde (örneğin daha yüksek sıcaklıklara dayanıklı bitkisel yağların elde edilmesi) geliştirilmesi.

Yukarıda belirtilen GM bitki yetiştiriciliğinin günümüzde sağlayacağı gerçek ve potansiyel katkıları yanında, bu bitkilerin üretimine çevresel, sağlık, ekonomik, politik, etik ve dini nedenlerden dolayı karşı çıkan üretici ve tüketici grupları bulunmaktadır. Karşıt grupların temel gerekçeleri şu şekilde özetlenebilir: (1) İnsan sağlığı için henüz bilinmeyen ve ileri bir zaman diliminde ortaya çıkabilecek çok önemli sağlık sorunlarına neden olabilme olasılığı, (2) besinlere karşı alerjisi olan insanlarda farklı fakat saptanamayan, alerjisi olmayan insanlarda ise yeni alerjik sorunların çıkabilme riski, (3) çok duyarlı olan ekolojik dengeleri bozabilme olasılığı, örneğin transgenik bitki polenlerinin yabancı bitki formlarını tozlaması ve genetik değişkenliğin ortadan kaldırılma riski (Birçok kültür bitkisinin gen merkezi olan ülkemiz açısından bu durum çok ciddi bir risk oluşturmaktadır), (4) transgenik tohumu ekmek istemeyen ya da bunu ekonomik nedenler ile sağlayamayan küçük tarım işletmelerinin bu durumdan zarar görebilme olasılığı, (5) değişik nedenlerden (dini ya da sosyal) dolayı katkısız gıda tüketmek isteyen insanların bu haklarının ellerinden alınması.

6. SONUÇ

Gelişen teknolojinin biyolojik varlıklara uygulanma şansının her geçen gün arttığı günümüzde, uygulama tekniği bakımından DNA'daki modifikasyonları kapsayan GM-bitkilerin, klasik ıslah yöntemleri ile elde edilenlerden biraz farklı olduğu görülmektedir. Tarımsal üretimi artırma adına yapılacak diğer bazı uygulamalarda da, örneğin herbisit ve insektisitlerin ekolojik dengeye verdiği zararlar ile denetimsiz sulama sonucu çoraklaşan toprakların ya da yoğun toprak işleminin doğuracağı olumsuz sonuçlarda olduğu gibi, biyoteknolojik ürünlerin de kendi içinde riskler taşıması kaçınılmazdır. Fakat benzer risk ve yararların, geçmişte uygulanan klasik bitki ıslahı yöntemlerinde de olduğu gerçeği göz önüne alınıp, ilgili teknolojik ürünlerin olası risklerinin politik ve ekonomik kaygılardan uzak tutularak bilimsel temellere oturtulması ve analiz edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, yapılması gereken bu teknolojilerin geliştirilmesini ve kullanımını tümüyle engellemek ya da ortadan kaldırmak değil, aksine, ülkemizin kendine özgü koşulları da göz önüne alınarak, bu teknolojileri üreten ve hali hazırda yoğun bir şekilde kullanan ülkelere

olduğu gibi, kapsamlı yasal düzenlemelerin bir an önce yapılarak uygulamaya konulmasıdır. Ayrıca, tüketicinin konu hakkında bilinçlendirilmesi, bu konuda yapılacak çalışmaları hızlandıracaktır. Ülkemizde, biyoteknolojik yöntemlerle geliştirilen GM-bitkiler için henüz ticari amaçlı tescil ve üretim izni verilmemektedir. Ancak bu bitkilerin tarla denemeleri ile ilgili talimatlar hazırlanmış ve uygulamaya konmuştur. GM-bitki ya da bitkisel ürünlerin ve hatta organizmaların tarım ve gıda sektöründe kullanımına yönelik (etiketlenmeleri dahil) diğer yasal düzenlemelerin Avrupa Birliğine girme çabası içinde olan ülkemiz için kaçınılmaz olduğu gerçeği göz önüne alınarak bir an önce yapılması, yürürlüğe sokulması ve acilen uygulanmaya başlanması gerekmektedir. Çünkü, GM - bitkiler ile ilgili düzenlemeler AB tarafından yapılmış, bazı bitki türleri ile ilgili üretim izinleri verilmeye başlanmıştır.

7. KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E. 1991. Yembitkileri .The Avi Publ. Comp.
- Bonnin, I., J.M. Prosperi, and I. Olivieri. 1996. Genetic markers and quantitative genetic variation in *Medicago truncatula* (Leguminosae): a comparative analysis of population structure. *Genetics* 143:1795-805.
- Conner, J.K. 2002. Genetic mechanisms of floral trait correlations in a natural population. *Nature* 420:407-10.
- Conway, G. 1999. The Doubly Green Revolution. Comstock Publishing Associates, Ithaca, NY.
- Doyle, J.J., and M.A. Luckow. 2003. The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. *Plant Physiol* 131:900-10.
- Duvick, D.N. 2001. Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize. *Nat Rev Genet* 2:69-74.
- Ellstrand, N.C., H.C. Prentice, and G.F. Hancock. 1999. Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 30:539-563.
- Foster-Hartnett, D., J. Mudge, D. Larsen, D. Danesh, H. Yan, R. Denny, S. Penuela, and N.D. Young. 2002. Comparative genomic analysis of sequences sampled from a small region on soybean (*Glycine max*) molecular linkage group G. *Genome* 45:634-45.
- Grant, S.R. 1999. Dissecting the mechanisms of posttranscriptional gene silencing: divide and conquer. *Cell* 96:303-6.
- Harlan, J.R. 1992. *Crops and Man*. 2 ed., ASA, Madison, WI.
- Hatipoglu, R. 2002. Bitki biyoteknolojisi. Cukurova Univ. Ziraat Fak., Adana.
- James, C. 2003. Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003. ISAAA, Ithaca, NY.
- Karaca, M., S. Saha, J.N. Jenkins, A. Zipf, R. Kohel, and D.M. Stelly. 2002. Simple sequence repeat (SSR) markers linked to the Ligon lintless (Li(1)) mutant in cotton. *J Hered* 93:221-4.

- Kellogg, E.A. 2001. Evolutionary History of the Grasses. *Plant Physiol.* 125:1198-1205.
- Krysan, P.J., J.C. Young, and M.R. Sussman. 1999. T-DNA as an insertional mutagen in Arabidopsis. *Plant Cell* 11:2283-2290.
- Lu, R., I. Malcuit, P. Moffett, M.T. Ruiz, J. Peart, A.J. Wu, J.P. Rathjen, A. Bendahmane, L. Day, and D.C. Baulcombe. 2003. High throughput virus-induced gene silencing implicates heat shock protein 90 in plant disease resistance. *Embo J* 22:5690-9.
- Mancha, M., and S. Stymne. 1997. Remodeling of triacylglycerols microsomal preparations from developing castor bean (*Ricinus communis* L.) endosperm. *Planta* 203:51-57.
- Matzke, A.J., and M.A. Matzke. 1995. trans-inactivation of homologous sequences in *Nicotiana tabacum*. *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* 197:1-14.
- Matzke, A.J., and M.A. Matzke. 1998. Position effects and epigenetic silencing of plant transgenes. *Curr. Opin. Plant Biol.* 1:142-8.
- Matzke, M.A. 2002. Gene silencing mechanisms illuminate new pathways of disease resistance. *Transgenic Res* 11:637-8.
- Matzke, M.A., O.M. Scheid, and A.J. Matzke. 1999. Rapid structural and epigenetic changes in polyploid and aneuploid genomes. *Bioessays* 21:761-7.
- Matzke, M.A., W. Aufsatz, T. Kanno, M.F. Mette, and A.J. Matzke. 2002. Homology-dependent gene silencing and host defense in plants. *Adv Genet* 46:235-75.
- Murphy, D.J. 1994. Biogenesis, function, and biotechnology of plant storage lipids. *Prog Lipid Res* 33:71-85.
- Murphy, D.J. 1999. Production of novel oils in plants. *Curr Opin Biotechnol* 10:175-80.
- Murphy, D.J., and J. Vance. 1999. Mechanisms of lipid-body formation. *Trends Biochem Sci* 24:109-15.
- Ozkan, H., A.A. Levy, and M. Feldman. 2001. Allopolyploidy-induced rapid genome evolution in the wheat (*Aegilops-Triticum*) group. *Plant Cell* 13:1735-47.
- Parsley, G.J. 2002. Agricultural biotechnology: global challenges and emerging science., p. 3-37, *In* G. J. Parsley and L. R. MacIntyre, eds. *Agricultural biotechnology: country case studies-a decade of development*. CABI publishing.
- Paszkowski, J., and O.M. Scheid. 1998. The genetics of epigenetics. *Curr Biol* 8:R206-8.
- Peakall, R., D. Ebert, L.J. Scott, P.F. Meagher, and C.A. Offord. 2003. Comparative genetic study confirms exceptionally low genetic variation in the ancient and endangered relictual conifer, *Wollemia nobilis* (Araucariaceae). *Mol Ecol* 12:2331-43.
- Salamini, F., H. Ozkan, A. Brandolini, R. Schafer-Pregl, and W. Martin. 2002. Genetics and geography of wild cereal domestication in the near east. *Nat Rev Genet* 3:429-41.
- Shelton, A.M., J.D. Tang, R.T. Roush, T.D. Metz, and E.D. Earle. 2000. Field tests on managing resistance to Bt-engineered plants. *Nat Biotechnol* 18:339-42.
- Slatkin, M. 1987. The average number of sites separating DNA sequences drawn from a subdivided population. *Theor. Popul. Biol.* 32:42-9.
- Soltis, D.E., and P.S. Soltis. 2003. The role of phylogenetics in comparative genetics. *Plant Physiol* 132:1790-800.
- Stam, M., A. Viterbo, J.N. Mol, and J.M. Kooter. 1998. Position-dependent methylation and transcriptional silencing of transgenes in inverted T-DNA repeats: implications for posttranscriptional silencing of homologous host genes in plants. *Mol Cell Biol* 18:6165-77.
- Steimer, A., H. Schob, and U. Grossniklaus. 2004. Epigenetic control of plant development: new layers of complexity. *Curr Opin Plant Biol* 7:11-9.
- Steimer, A., P. Amedeo, K. Afsar, P. Frasz, O.M. Scheid, and J. Paszkowski. 2000. Endogenous targets of transcriptional gene silencing in Arabidopsis. *Plant Cell* 12:1165-78.
- Stobart, K., M. Mancha, M. Lenman, A. Dalhquist, and S. Stymne. 1997. Triacylglycerols synthesized and utilized by transacylation reactions in microsomal preparations of developing safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds. *Planta* 203:58-66.
- Stokstad, E.L. 2002. A little pollen goes a long way. *Science* 296:2314.
- Tacket, C.O., and H.S. Mason. 1999. A review of oral vaccination with transgenic vegetables. *Microbes Infect* 1:777-83.
- Tacket, C.O., M.B. Szein, G.A. Losonsky, S.S. Wasserman, and M.K. Estes. 2003. Humoral, mucosal, and cellular immune responses to oral Norwalk virus-like particles in volunteers. *Clin Immunol* 108:241-7.
- Tiryaki, I., ve G.Y. Tiryaki. 2003. Genetik yapısı değiştirilmiş yağ bitkilerinin bitkisel üretimdeki yeri ve önemi. *Türkiye I. Yağlı Tohumlar, Bitkisel Yağlar ve Teknolojileri Sempozyumu Bildirileri*, 22-23 Mayıs, İstanbul, S: 93-196.
- Voinnet, O., Y.M. Pinto, and D.C. Baulcombe. 1999. Suppression of gene silencing: a general strategy used by diverse DNA and RNA viruses of plants. *Proc Natl Acad Sci U S A* 96:14147-52.
- Walmsley, A.M., and C.J. Arntzen. 2000. Plants for delivery of edible vaccines. *Curr Opin Biotechnol* 11:126-9.
- Ye, X., S. Al-Babili, A. Klott, J. Zhang, P. Lucca, P. Beyer, and I. Potrykus. 2000. Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287:303-5.
- Zhao, J.Z., J. Cao, Y. Li, H.L. Collins, R.T. Roush, E.D. Earle, and A.M. Shelton. 2003. Transgenic plants expressing two *Bacillus thuringiensis* toxins delay insect resistance evolution. *Nat Biotechnol* 21:1493-7.