

21. YÜZYILDA YOKSULLARIN UMUDU

2050 yılında, insan nüfusunun 9 milyara ulaşacağı tahmin ediliyor. 21. yüzyılda teknoloji, gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanların besin gereksinimlerini karşılamaya nasıl yardım edecek? Dünyanın artan nüfusunun besin gereksinimlerini karşılarken birden yandan da gezegenimizdeki biyolojik çeşitliliği korumak güç bir hedef. Gelişmekte olan ülkelerde, nüfusun önemli bir bölümü düzensiz ve yeterli besin kaynaklarından yoksun. Bu ülkelerde, kuraklık, bitki zararlıları, hastalıklar ve tuzlaşma gibi tarımsal sorunların boyutları da çok büyük. Kuraklık gibi olumsuz çevre koşullarına dayanıklı hale getirilmiş, gen aktarımlı tarım ürünlerinin geliştirilmesiyle bu sorunların üstesinden gelinebilir. Belli tarım ürünlerinin besin değerleri de gen aktarımı teknolojisiyle artırılarak büyük yararlar sağlanabilir. Ancak, gen aktarımı teknolojisinin tarımda kullanımı, yalnızca yiyecek üretimiyle değil, çevresel sürdürülebilirlik, besinlerin güvenilirliği ve uluslararası ticaret konularıyla da yakından ilgili. Ayrıca, belli çokuluslu şirketlerin gen aktarımlı tarım ürünlerinin gelişmekte olan ülkelere benimsenmesini sağlamadaki rolü ve ilgileri de birçoklarınınca dikkate değer.

GEN AKTARIMLI TARIM ÜRÜNLERİ

İnsanların tarım ürünlerini, ağaçları, çiftlik hayvanlarını ve balıkları iyileştirmek amacıyla doğaya müdahale etmesi yeni değil. Binlerce yıl boyunca insanlar bu canlıları üretilip, çaprazlayıp daha verimli ya da belli koşullara daha dayanıklı çeşitleri seçerek bunu yaptılar. Bitki ıslahı, en eski bilimlerden biri. Tarımın ortaya çıkışı, uygarlığın doğuşu buna dayanıyor. Tarih boyunca her zaman, insan nüfusundaki artışlar tarımsal üretimde verimin artması ve yeni tarım alanlarının açılması gereksinimini doğurdu.

Geçmişte olduğu gibi bugün de insan nüfusu artmayı sürdürüyor. 2050 yılında nüfusumuzun 9 milyara ulaşacağı hesaplanıyor. Artan dünya nüfusunun besin gereksinimlerini karşılamak, bugün de bilimin karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biri. 20. yüzyıl, bitki ıslahı ve ardından da genetik araş-

tırmaları çağı oldu. Bilimsel bilgi birikiminin tarım uygulamalarına aktarılmasıyla, verimde çok büyük artışlar gerçekleşti ve dünya nüfusunun besin gereksinimleri büyük oranda güvence altına alındı. 1960'lı yıllarda, canlıların genetik özelliklerinin anlaşılması konusunda büyük adımlar atıldı. Bu, birçok yeni gelişmenin yolunu açtı. 1964 yılında, Filipinler'de bulunan Uluslararası Pirinç Araştırmaları Enstitüsü'nde araştırmacılar, önceki çeşitlere göre iki kat daha fazla verim veren pirinç çeşitleri ıslah etmeyi başardılar. Bu, dünyadaki açlık sorununu çözmek üzere, yeni tarım uygulamalarını tüm dünyaya yayma çalışmalarını başlattı: "Yeşil Devrim". Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, güçlendirilmiş bitki türlerinin yanı sıra, etkili sulama ve yoğun gübreleme yöntemlerinin yaygınlaştırılması, tarımda verimin önemli ölçüde artmasını sağla-

dı. Daha fazla besin, besin fiyatlarının düşmesi, ticaretin artması ve besin tüketimindeki artış, dünyanın birçok bölgesinde yetersiz beslenme ve yoksulluğun azalmasını sağladı. Ancak, geçmişteki başarılar, gelecekte besin sorununun yaşanmayacağı anlamına gelmiyor. Açlık sorunu tamamen ortadan kalkmış değil. Bugün dünya üzerindeki 800.000 insan, açlıktan ölme sınırında. Yeni sorunlar da ortaya çıktı: Yoğun gübreleme ve tarım ilaçları, su kaynaklarının kirlenmesine, erozyona ve toprağın veriminin azalmasına yol açtı. Biyoçeşitlilik açısından büyük tehlike oluşturan bu yeni anlayış, çiftçilerin kimyasal maddeleri üreten şirketlere bağımlı hale gelmesine de neden oldu.

Tarım üretiminin artmayı sürdürmesi şart; ama bunun artık çevreye, canlıların doğal yaşam alanlarına ve biyoçeşitliliğe zarar vermeden gerçekleştiril-

mesi gerekiyor. Bilim adamlarına göre, dünya nüfusunun besin gereksinimini karşılayabilmek için, tarımda, 1960'lı yılların Yeşil Devrimi'yle olduğu gibi büyük bir sıçrama daha gerçekleştirilmeli. Ama bunun için ne yeni tarım alanları açmak, ne de geçmişte olduğu gibi yoğun gübreleme ve sulama yapma lüksümüz var. Bugün modern bitki çeşitleri, aynı sezonda ya da yıl içinde iki kez ekim yapılabilmesine olanak tanıyor. Ancak, ekimler arasındaki sürenin kısalması, örneğin pirinç bitkisinde hastalıkların ve zararlı böcek popülasyonlarının artmasına neden oldu. İslah yöntemleriyle elde edilmiş ikinci kuşak bitki çeşitleri, çiftçilerin bu durumla savaşımına yardım ediyor. Ancak, zararlılara dayanıklı çeşitlerin kullanımı da, kimyasal maddelerle savaşım da bazı istenmeyen etkilerin tetiklenmesine yol açıyor. Birincisi, zararlılara karşı kullanılan ilaçlar, bu zararlıların doğal düşmanlarını da yok ediyor. İkincisi, böcekler bilinen zararlı ilaçlarının birçoğuna karşı bağışıklık kazanıyor. Bazı geliş-



mekte olan ülkelerde, zararlılarla mücadelede kullanılan ilaçların çiftçilerin sağlığına da zarar verdiği ve bunun faturasının, ilaçlı mücadeleyle kazanılanlardan çok daha fazla olduğunu gösteren bulgular var.

Su kıtlığı da tarımın geleceği konusunda bir başka umutsuzluk kaynağı. Geçmişte sulama, tarımda verimi artırmada ve yeni teknolojilere geçişte önemli rol oynamıştı. Ancak bugün su kaynakları için harcanan çaba uzmanları düşündürüyor. Örneğin Hindistan'da su kaynaklarının kontrolüne yapılan yatırımlar, ülkedeki bütün başka yatırımlardan daha fazla. Çin'deyse suyun kontrolüne yapılan yatırım, tarım araştırmalarına yapılan yatırımın on katı ka-

dar. Çünkü, ekili alanlarda sulama yapıldığında hem verim hem de elde edilen gelirden % 30-100 arasında bir artış oluyor. Ancak, bugünlerde birçok ülkede su, en kısıtlayıcı tarım girdisi haline almaya başladı. Dünya nüfusunun yaklaşık yarısı, su bakımından yoksul çevrelerde yaşıyor. Çoğu yerde altyapı eksikliği, yağmur suyu gibi doğal kaynakların, kullanılmadan boşa gitmesine neden oluyor. Kentlerdeki nüfusun ve endüstrinin su gereksinimi de birçok bölgede tarımı gölgede bırakıyor.

21. yüzyılda, küresel besin üretimini artırmak için ikinci bir Yeşil Devrime gereksinim var. Dünyanın birçok bölgesinde toprak ve suyun kısıtlılığı göz önüne alınırsa, tarımsal üretimi artırmanın tek yolu, birim alandan alınan verimi artıracak yeni bir teknolojik atılımın sağlanması. Bu kez bilim adamlarının işi çok daha güç. Çünkü, sorunlar, dünyanın farklı bölgelerine göre değişiklik gösteriyor ve her biri farklı çözümler gerektiriyor. Bu yeni teknolojik atılım, gelişmiş ıslah yöntemleri, bitki

"Gen aktarımı" nedir?

Genetik mühendisliği yöntemleriyle bir canlının genetik özellikleri, yani DNA'sı değiştirilebilir. Bitki, hayvan ya da mikroorganizma olsun, canlıların bütün özellikleri, hücrelerinin içinde bulunan, DNA adı verilen özel moleküllerde kodlanmıştır. DNA moleküllerinin düzeninde yapılan değişiklikler, bir canlının çeşitli özelliklerinin de değişmesine neden olur. Canlıların genetik özellikleri, bir canlının DNA'sının belli bir bölümünde değişiklik yapılarak ya da bir canlıya başka bir canlı türüne ait bir gen aktararak değiştirilebilir. Bu yolla genetik özellikleri değiştirilmiş ürünlere "transgenik" ya da "gen aktarımlı" ürünler adı veriliyor.

Tarım bitkileriyle ilgili genetik araştırmaları hangi amaçlarla yapıyor?

Bir canlının genetik özelliklerini değiştirebilmek, canlıların temel biyolojik özelliklerini anlamaya çalışan araştırmacılar açısından büyük önem taşır. Bunun yanı sıra, tarım uygulamalarına yönelik gen aktarımı araştırmaları da yapılıyor. Bunların amaçlarıysa şöyle özetlenebilir:

- Zararlılarla savaşmak için kullanılan kimyasal maddelere duyulan gereksinimi azaltmak
- Tarım ürünlerinin tadını ve görünümünü iyileştirmek
- Toplama, taşıma ve depolamaya uygunluk açısından ürünlerin niteliğini artırmak
- Ürünlerin besin değerini artırmak,
- Olumsuz çevre koşullarına dayanıklı bitkiler elde etmek
- Ürünlerin güvenilirliğini artırmak
- Yağlar, plastik ve ilaç maddeleri için yeni kaynaklar yaratmak

Gen aktarımı hangi canlılarda uygulanabilir?

Herhangi bir canlıya, sözcüğümlü, aynı türden bir başka canlıdan alınan ve istenen bir özelliği taşıyan yeni bir gen aktarılabilir. Örneğin, bir domates bitkisinin belli bir geni, bir başka domates bitkisine aktarılabilir. Farklı türlerden canlıların genleri de birbirine aktarılabilir; örneğin istenen özellikleri taşıyan bir balık geni, domates bitkisine. Genlerin bir canlıdan herhangi bir başka canlıya aktarılabilmesinin temelinde, bütün canlıların genlerinin aynı maddeden, yani DNA moleküllerinden oluşması yatıyor. DNA'nın yapısı, herhangi bir canlının kendine



özgü özelliklerinin ve yapısının oluşması için gereken kalıtsal bilgilerin şifresini oluşturur. Her DNA molekülünde birçok gen bulunur. Kalıtsal bilgileri, genlerimizde depolanmıştır. DNA'nın yapısındaki bazı belli bir biçimde sıralanarak genleri oluştururlar. Bazıların diziliş sıraları önemlidir. Çünkü, yeryüzünde her biri birbirinden farklı milyonlarca tür olmasının temelinde, baz dizilişlerinin çeşitliliği yatar. Aslında bütün canlı türlerinin genleri az çok birbirine benzer. Türden türe değişen şey, genlerin farklı canlı türlerinde farklı dizilişlerde bir araya gelmesidir. Her canlı türünün baz diziliş birbirinden farklıdır. Bu diziliş, bir sirkese ne mi, yoksa fa-

re mi, pirinç mi yoksa insan mı olacağımızı belirler.

Gen aktarımı çalışmaları ne zaman başladı?

1953 yılında, bilimadamları DNA molekülünün yapısını keşfettiler. 1972 yılındaysa, DNA'yı parçalara ayırıp bu parçaları birbirine eklemeye yarayan bir yöntem bulundu. Bu yöntem "Rekombinant DNA" adı veriliyor. Daha sonra bilim adamları, bir canlının DNA'sını başka bir canlıya aktarmayı öğrendiler.

Tarım ürünlerinde gen aktarımıyla ıslah yöntemleri arasındaki fark nedir?

Geleneksel ıslah çalışmaları da, belli bir hastalığa karşı dirençli ya da belli koşullara dayanıklı bitki çeşitleri üretmeyi amaçlıyor. Yeni bitki türleri elde etmek için araştırmacılar, seçim yapmadan önce, birbirine akraba olan farklı çeşitleri izleyip özelliklerini kaydediyorlar. İstenen özelliklere sahip bitkiler, farklı çeşitlerin çaprazlanıp ortaya çıkan ürünlerin izlenmesi, daha sonra birçok kez yeniden çaprazlama ve seçme yapılmasıyla elde ediliyor ve uzun soluklu bir çaba gerektiriyor.

Günümüzde ıslah çalışmalarına bazı yeni ve güçlü yöntemler de eklenmiş. Moleküler biyolojinin olanakları, bilimadamlarının, bir canlının genetik özelliklerinin planını inceleyerek istenen özelliklere sahip bitkileri çok daha kısa sürede seçmelerine olanak tanıyor.

Gen aktarımıdaysa, istenen özellikleri kodladığı belirlenen bir gen, bir başka canlıdan alınarak, özellikleri değiştirilmek istenen bitkiye aktarılıyor. Bu gen, bambaşka bir canlıdan, bir balık ya da bir bakteriden bile alınmış olabilir.

fiyolojisi ve moleküler biyoloji alanlarındaki araştırmalara yapılan yatırımların artmasına bağlı olacak.

Gen Aktarımlı Ürünler İş Başında

1990'ların ortalarından bu yana, hem gelişmekte olan, hem de gelişmiş ülkelerde, tarımda biyoteknoloji uygulamaları büyük yararlar sağlamaya başladı. Gen aktarımı teknolojisinin tarımda kullanımı, belki de yeni bir dönem başlattı. Bugün birçok ülkede gen aktarımı teknolojisiyle yeni özellikler kazandırılmış tarım ürünleri yetiştiriliyor. En çok kullanılan ürünler gen aktarımlı soya fasulyesi, pamuk ve mısır. Gelişmekte olan ülkelerde gen aktarımlı ürünler en büyük etkisini Arjantin, Brezilya, Çin ve Güney Afrika'da göstermiş. Bugün bu ülkelerde 5,5 milyon çiftçi, gen aktarımı teknolojisinden doğrudan yarar sağlıyor. Ancak, gelişmiş ülkelerde-

ki bütün çiftçiler bu ürünlere erişemiyor; çünkü, bu ürünlerin hemen hepsi, ılımlı bölgelere uygun bitkiler ve çok azı besin olarak kullanılabilir. Ticari olarak yetiştirilen gen aktarımlı ürünlerin neredeyse tümü, ABD'deki büyük ve çok uluslu bir biyoteknoloji şirketi olan Monsanto tarafından piyasaya sürülmüş. Birçok ülkede, hem bu ürünlerin hem de yeni geliştirilen ürünlerin alan denemeleri yürütülüyor. Araştırma kuruluşlarınca yürütülen alan denemelerinde, deneme amaçlı olarak kullanılan tarlalarda, bu ürünlerin istenen özellikleri taşıyıp taşımadıkları kontrol ediliyor. Önceden belirlenmiş süreçlere uygun olarak, doğal çevreye zarar verip vermediği, insan sağlığı ve başka canlıların sağlığı açısından tehlike taşıyıp taşımadığı, besin içeriği bakımından öteki ürünlere eşdeğer olup olmadığı test ediliyor. Gen aktarımlı yeni ürün çeşitleri, ancak bu testlerden geçtikten sonra çiftçilerce ekilmeye başlayabiliyor.

Ülkemizde ekimi yapılan herhangi bir gen aktarımlı ürün yok. Gen aktarımlı ürünlerin ülkeye giriş ve çıkışı yasak. 1998 yılından bu yana, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'na bağlı tarımsal araştırma enstitülerince pamuk, mısır ve patates bitkilerinin alan denemeleri yürütülüyor. Alan denemesi yapılan bu gen aktarımlı bitkiler, zararlı bitkilere karşı kullanılan ilaçlara ve zararlı böceklerle dayanıklılık kazandırılmış çeşitlerden oluşuyor. Ancak, ülkemizde bu ürünlerin tescili, üretime sokulması ve besin zincirinde kullanılmasıyla ilgili yasal düzenlemeler henüz yok. Bunlar ve gen aktarımlı ürünlerin biyogüvenliğiyle ilgili düzenlemeler tamamlanmadan, bu ürünlerin ekimi yapılamayacak. Türkiye'nin, imzalamış olduğu Birleşmiş Milletler Biyoçeşitlilik Sözleşmesi kapsamında da, gen aktarımlı ürünlerden kaynaklanabilecek riskleri kontrol altına almak için yasal, idari ve kurumsal mekanizmaları oluşturma ve sürdürme yükümlülüğü var.

Gen Aktarımlı Ürünlerin İyisi, Kötüsü...

Olumsuz çevre koşullarına dayanıklı tarım ürünleri

Gen aktarımı teknolojisi, don, aşırı sıcaklık ve kuraklık gibi olumsuz çevre koşullarına daha iyi dayanabilen bitki çeşitlerinin elde edilmesinde kullanılabilir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar, belli bir zehirin üretilmesi gibi tek bir özellikli ilgili tek bir genin, bir canlıdan alınıp bir başkasına aktarılmasını kapsıyor. Çevresel koşullara dayanıklılık özellikleri, çok sayıda genin karmaşık etkileşimleri sonucu ortaya çıkıyor olabilir. Bu nedenle araştırmacıların işi zor görünüyor.

Yiyecek hammaddesi olarak kullanılan tarım ürünlerinin besin değerini artırmak

Gen aktarımıyla, pirinç ve buğday gibi tarım ürünlerinin besin değerleri artırılabilir. Geçtiğimiz yıllarda araştırmacılar, provitamin A üretmeden sorumlu genleri pirinç bitkisine aktarmayı başardılar. Pirinç, dünya nüfusunun yarısından fazlasının beslenmesinde birinci sırayı aldığı için bu, gelişmekte olan ülkelerde ciddi bir sorun olan A vitamini eksikliğini azaltmaya yarayabilir. Araştırmacılar, besin içerikleri zenginleştirilmiş başka ürünler üzerinde de çalışıyorlar.

Daha az alandan daha fazla yiyecek

Gen aktarımlı ürünler tarımda verimi artırması, bu yüzyılda tarım alanlarının daha fazla genişletilmesini gerektirmeyecek. Yeryüzünde çöl, tundra, kayalık ya da buzla kaplı olmayan tüm alanlar tarım açısından "kullanılabilir" alanlar olarak adlandırılıyor. Bugün bu alanların yaklaşık yarısında tarım yapılıyor. Tarım etkinlikleri zaten toprak, su ve öteki doğal kaynaklara geri dönülmez zararlar vermiş durumda.

Gen aktarımlı ürünler, yiyecek üretiminin çevre-

ye verdiği zarar azaltılabilir

Gen aktarımıyla zararlı böceklerle ve hastalıklara direnç kazandırılmış ürünler, tarımda kimyasal ilaç kullanımını azaltılabilir. Aslında bu şimdiden gerçekleşmiş durumda. Örneğin, zararlı böceklerle karşı kendi zehirini üreten mısır ve pamuk çeşitleri, en yaygın kullanılan gen aktarımlı ürünler. "Bt mısır" ya da "Bt pamuk" olarak adlandırılan bu bitkilerin polenlerinde, böcekleri öldüren bir madde üretilmesine neden olan bir gen bulunuyor. Bu gen, toprakta ya-



şayan bir bakteri türü olan *Bacillus thuringiensis* (Bt) adlı bir bakteriden alınarak bitkilere aktarılıyor. Gen aktarımıyla zararlı bitkilerle savaşımında kullanılan ilaçlara karşı dayanıklı hale getirilmiş soya fasulyesi, mısır ve pamuk bitkileri de var. Bu ürünler, çiftçilerin, mahsullerine zarar verme riski olmadan bu ilaçları kullanmalarına olanak sağlıyor. Bu uygulamalar yalnızca tarımın çevreye olumsuz etkisini azaltmakla kalmıyor, tarım çalışanlarının sağlıklarına da olumlu etki yapıyor. Tarım ilaçlarından zehirlenme, tarım işçilerinin en önemli sağlık sorunlarından biri.

Zarar görmüş tarım alanlarına uygun bitki çeşitleri

Gelişmekte olan ülkelerde, tarımda kullanılan alanların çok büyük bir bölümü, sürdürülebilir olmayan sulama uygulamaları nedeniyle tuzlulaşıyor. Gen aktarımı yoluyla tuzluluğa dayanıklı bitki çeşitleri geliştirilebilir. Tuzluluğa dayanıklılık özelliği de karmaşık gen etkileşimlerine dayandığı için, bu ürünlerin geliştirilmesi de zaman alabilir.

Daha uzun raf ömrüne sahip ürünler

Gen aktarımı teknolojisi, sebze ve meyvelerin depolanma ya da taşıma sırasında bozulmalarını engelleyebilir. Bu, ticaret olanaklarını da olumlu etkileyecek; taşıma ve depolama sırasında israf önlenecek.

Yeni ilaçlar, yeni aşılar

Araştırmacılar gen aktarımı yöntemini, bitkilerin aşılar, çeşitli proteinler ve başka farmakolojik maddeler üretimini sağlamak üzere de kullanmayı düşünüyorlar. Bugün muz, domates, patates, pirinç ve soya fasulyesi gibi bitkilerle bu tür çalışmalar yürütülüyor.

Gen aktarımıyla bitkilere kazandırılan özellikler başka canlılara geçebilir

Gen aktarımlı ürünlerin üretimi sırasında bu genler, tarlada bu ürünlere komşu bitkilere de geçebilir. Aslında bu durum, geleneksel ıslah yöntemleriyle elde edilen bitkiler için de, başkaları için de geçerli. Ancak, sözgelimi zararlı bitkilere karşı dayanıklılık geninin zararlı bitkilere geçmesi sorun yaratabilir. Bu konuyu açıklığa kavuşturmak için yapılan araştırmalarda kesin bir sonuca varılmadı.

Genler, aktarıldıkları canlıların genetik yapısını olumsuz etkileyebilir

Gen aktarımının bir canlının genetik yapısı üze-

Hangi Özellikler Aktarıyor?

Tüm dünyada, gen aktarımlı ürün araştırmalarıyla ilgili yatırımlar, sınırlı sayıda özelliğe ve çeşide odaklanmış durumda. Gen aktarımı teknolojisi tarımsal üretimde verimi artırma ve olumsuz çevre koşullarının hüküm sürdüğü bölgelerde bu durumu tersine çevirme konusunda büyük potansiyele sahip olsa da, şimdilik bu alanlardaki ilerleme çok sınırlı. Örneğin, gelişmiş ülkelerde alan denemeleri sürdürülen çeşitlerin yarısı, zararlı böceklerle dirençli ya da zararlı bitki ilaçlarına dayanıklı ya da her iki özelliği de taşıyan ürünler. Gelişmekte olan ülkelerdeki alan denemelerindeyse ürünlerin üçte ikiden fazlası, bu özellikleri taşıyor. Öte yandan, bu yeni teknolojinin kullanımı, ürünleri geliştiren kuruluşlara melez tohumları satma ya da zararlı bitki ilaçlarına dayanıklı ürün çeşitleriyle kullanılması gereken tarım

ilaçlarını satma olanağı sağladığı için, gelişmiş ülkelerde daha yaygın. Gen aktarımlı ürünlerin, işçilik kullanımının daha az, kapitalin daha az kısıtlı olduğu bu ülkelerdeki kullanımı, gelişmekte olan ülkelere göre % 300 daha fazla.

Araştırmalar, gen aktarımlı ürün teknolojilerini benimseyen çiftçilerin, zamandan tasarruf ederek, kimyasal ilaç kullanımının azalmasıyla ve kimi bölgelerde verimin artması yollarıyla yararlar sağlamaya başladıklarını gösteriyor. Örneğin, Arjantin'de zararlı bitkiler için kullanılan ilaçlara dayanıklı soya fasulyelerinin, ilaç kullanımını azalttığı ve verimi artırdığı belirlenmiş. Çin'de, böceklerle dirençlilik özelliğine sahip gen aktarımlı pamuk eken çiftçilerin, zararlılara karşı ilaç kullanımının her yıl % 20-6 oranında azaldığı ve ürünlerinin maliyetinin % 28 oranında düştüğü gözlenmiş. Meksika'da ve Güney Afrika'daki rakamlar da gen aktarımlı pamuk kullanımının hem tarım giderlerini azalttığını, hem de verimi artırdığını gösteriyor.

Besin Değeri Artırılmış Ürünler

Temel enerji gereksinimlerini karşılamak açısından uzun bir yol katedilmiş olsa da, dünyanın birçok bölgesinde yetiştirilen tarım ürünleri, insanların gerektiği gibi beslenmelerine yetmiyor. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, vitamin ve mineral eksikliklerinden kaynaklanan çocuk ölümleri, anemi ve guatr gibi hastalıklar, önemli sağlık sorunlarından bazıları. Kimi bilimadamlarına göre, kaynaklar bakımından yoksul olanların beslenmelerini zenginleştirmenin belki de en etkin yolu, gen aktarımı teknolojisiyle, sık tüketilen tarım ürünlerinin besin değerlerini artırmak.

Son yıllarda bilimadamları, belli vitaminler ve yağlar bakımından zenginleştirilmiş gen aktarımlı tarım ürünleri geliştirmenin yollarını arıyorlar. Bunun en tanınmış örneği, beta karoten (provitamin A) üreten ve "altın pirinç" olarak

rinkteki etkisi, mutasyonlara yol açıp açmayacağı ya da aktarılan genin kuşaklar boyunca tutulup tutulmayacağı henüz bilinmiyor. Bu konudaki veriler tam değil.

Gen aktarımlı ürünlerin doğal türlerle ve yerli popülasyonlarla etkileşimi

Gen aktarımlı ürünler, doğal türlerle rekabet edebilir ya da üreyebilir. Ancak aynı durum ıslah yöntemleriyle elde edilmiş bitki cinsleri için de geçerli. Yine de gen aktarımlı ürünlerin önceden tahmin edilemeyen ve istenmeyen etkileri olabilir. Gen aktarımlı ürünlerin kuşlar, arılar, mikroorganizmalar gibi canlılar üzerindeki etkisiyle ilgili kaygılar davar. 1999 yılındaysa, araştırmacılar, Bt mısırın polenlerindeki zehirin, zararsız bir tür olan kral kelebeklerini öldürebileceğini bulmuşlardı. Laboratuvar ortamında, keleklerin beslendiği bitkilerin üzerine Bt mısırın polenleri döküldüğünde, keleklerin yarısının öldüğü gözlenmişti. Ancak daha sonradan yapılan araştırmalar, kral keleklerinin doğada kendilerine zarar verecek kadar Bt mısır poleni yemedikleri görüldü.

Zararlıların bağışıklık kazanması

Bt zehir taşıyan gen aktarımlı bitkilerin, zararlı böceklerin bu zehire bağışıklık kazanmasına neden olacağından korkanlar da var. Böcekler mücadelede kullanılan kimyasal ilaçlara karşı da bağışıklık kazanabiliyorlar. Ancak, söz konusu gen aktarımlı ürünler sürekli olarak zehir ürettikleri için, böceklerin direnç kazanma süreci hızlanabilir. Bu nedenle biyoteknoloji şirketleri, bitkilere aktardıkları zehir genlerini düzenli olarak yeniliyorlar.

Gen aktarımlı ürünler ve insan sağlığı

Araştırmalar, gen aktarımlı ürünlerin insan sağlığı açısından zararlı olmadığını gösteriyor. Bu ürünler tüketime yönelik olarak üretilmeden önce kapsamlı testlerden geçiriliyor ve bu yönü de kontrol ediliyor. 2002 yılında İngiltere'de, bir grup bilim

adamınca gen aktarımlı ürünlerin besin eksikliğine yol açabileceği kaygısı dile getirildi.

Alerjik genlerin aktarılma riski

Gen aktarımlı ürünlerde, insanlar için alerjik özelliklerin de bitkiye taşınması mümkün. 1997 yılında, gen aktarımlı bir soya fasulyesi çeşidine alerjik bir kabuklu yemişi gen aktarılmıştı. Bitkinin, üretime sunulmadan önceki test aşamasında bu durum ortaya çıkmış ve o proje sonlandırılmıştı. Aslında bu durum, gen aktarımlı besinlerin başka ürünlerden çok daha güvenilir olduğunu gösteriyor. Çünkü bu ürünler çok sıkı testlerden geçirildikten sonra üretilip üretilmeyeceklerine karar veriliyor.

Gen aktarımlı ürünlerin besin zincirine istemsiz



olarak girmesi

Geçmiş yıllarda, bu tür durumlara rastlanmıştır. Örneğin, Starlink adlı bir firmanın yalnızca hayvanlar için ürettiği gen aktarımlı bir mısır cinsinin, insanların tüketimi için hazırlanan ürünlerde yanlışlıkla kullanıldığı anlaşılmıştı. Bugün Avrupa ülkelerinde gen aktarımlı ürünlerle hazırlanmış yiyeceklerin paketlerinde bunun açıkça belirtilmesi zorunluluğu var.

Çiftçilerin kontrolünün azalması

Biyoteknoloji araştırmaları ağırlıklı olarak özel sektör tarafından yürütülüyor. Birkaç güçlü şirketin gen aktarımlı ürünler pazarındaki baskın rolü kay-

gı uyandırıyor. Biyoteknoloji şirketleri, açık soruna çözüm getirmek değil, en çok kâr getiren alanlarda yatırım yapmayı hedefliyorlar. Bu durum, tüm dünyadaki küçük ölçekli üretim yapan çiftçileri olumsuz etkileyecek. Kimilerine göre, Dünya Ticaret Örgütü sözleşmesi de bu durumu güçlendiriyor. Geleneksel tarımda, mahsülün bir bölümü gelecek yıla saklanarak yeniden ekiliyor. Biyoteknoloji şirketleri, çiftçileri her ekimde yeni tohumlar satın almaya zorluyorlar. Kanada'daki bazı çiftçilere, gen aktarımlı ürünlerin tohumlarını sakladıkları için bu nedenle dava açıldı. Bu durum, çiftçileri şirketlere bağımlı hale getiriyor.

Gen patentleri araştırmaları yavaşlatabilir

Genlerin patentlenebilir olması, kamu sektöründe çalışan araştırmacıların çalışmaları açısından engel olarak görülüyor. Birçok insan, etik olmadığı ya da bu genler hakkında araştırma yapmak isteyen araştırmacılara engel olduğu için, genlerin patentlenmesine karşı çıkıyor. Örneğin ABD'de, her türlü tarım ürününün ve genlerin patentlenmesi mümkün. Patent yasalarıyla ilgili düzenlemelerin eksik olması, gelişmekte olan ülkeler açısından sorunlar doğurabilir. 1997 yılında, ABD'deki RiceTek adlı bir biyoteknoloji şirketi, Hindistan ve Pakistan'da yüzyıllardan beri yetişen, oraya özgü bir cins olan "basmati" pirincinin patentini almıştı.

"Terminatör" teknolojilerinin etkisi

Terminatör teknolojisi, biyoteknoloji şirketlerinin, çiftçilerin ürünlerinin tohumlarını saklamalarını engellemek üzere geliştirdikleri "kısır" bitki çeşitlerine verilen ad. Henüz ticarileştirilmedi, ancak bu teknolojilerin uygulanması, tarım ürünlerinin tohumlarının toplanarak, bir sonraki sezon yeniden üretilmelerine engel olacak. Kimileri bu teknolojinin, üremelerine engel olacağı için gen aktarımlı ürünlerin genlerinin komşu bitkilere geçme riskini ortadan kaldıracağına inanıyorlar.

Gen Aktarımlı Ürünlerin Tarihçesi

1970'lerde, Stanford Üniversitesi'nden araştırmacılar, iki farklı canlıın DNA'sını birleştirmenin yolunu buldular ve ilk "rekombinant DNA molekülü"nü yarattılar. Birçok araştırmacı, yeni genetik araştırmaların güvenliğini ve etik yönünü sorgulamaya başladı. 1975 yılında, genetik araştırmaları açısından bir başka dönüm noktası yaşandı. California'da düzenlenen bir konferansta, kimi araştırmacılar bu yeni teknolojinin güvenilirliği sağlanana kadar genetik araştırmalarının dondurulmasını önerdiler. Ancak, konferansta, genetik araştırmalarının sürdürülmesine ve bütün rekombinant DNA'ların ve genetik mühendisliği yöntemlerinin uygulandığı canlıların, laboratuvarlarda güvence altında tutulmasına karar verildi.

Bu yeni teknolojinin yeni ve yüksek kâr getiren pazarlar yaratacağı açıktı. Genetik mühendisliği yöntemleri tarım bitkileri üzerinde kullanılabilirse, tarımda kullanılan kimyasal maddelere daha az gereksinim duyan gen aktarımlı bitki çeşitleri yaratılabilir, yeşil devrimle çevreye verilen zararın bir bölümü telafi edilebilirdi.

1981 yılında, tarımda zararlılara karşı kullanılan ilaçların üreticilerinden biri olan Monsanto adlı şirket, kendi biyoteknoloji bölümünü kurdu. Bundan iki yıl

sonra da, Monsanto için çalışan araştırmacılar, gen aktarımlı ilk bitkiyi yarattılar. Bu, "kanamisin" adlı bir antibiyotik maddeye karşı direnç kazandırılmış bir tütün bitkisiydi.

1986 yılında, genetik özellikleri değiştirilmiş canlıların tarımda kullanımıyla ilgili ilk tarla denemesi başlatıldı. Bu, genetik özellikleri değiştirilmiş bir bakteri çe-



şidi içeren bir spreydi. "Frostban" adlı bu sprey, çilek bitkilerinin dondan korunmasını sağlamak amacıyla geliştirilmişti. Buz oluşumunu hızlandıran başka bakterilerin gelişimini engelliyordu. Spreyin tarla denemeleri, California'da bir bölgede yapıyordu. ABD'de, genakta-

rımının tarımda kullanılmasına karşı çıkışlar kısa süreli oldu ve geniş katılım bulmadı. 1993 yılında ABD Gıda ve İlaç Yönetimi (US Food and Drug Administration), gen aktarımlı ürünlerin zararlı olmadığını açıkladı. Böylece, biyoteknoloji şirketlerinin, genetik özellikleri değiştirilmiş ürünler pazarlamalarının önü açılmış oldu. 1994 yılında, gen aktarımlı ilk ticari ürün, ABD'de raflardaki yerini alıyordu. "Flavr Savr" adlı domates, dalından koparıldıktan sonra tazeliğini uzun süre koruyabiliyordu. Bu, tüketiciler açısından büyük bir yenilikti ve ABD'li tüketicilerin gen aktarımlı besinleri kabullenmelerini sağladı. Bu gelişmeden sonra biyoteknoloji şirketleri, Avrupa'ya yöneldiler. Ancak, çevreci sivil toplum örgütlerinin yoğun kampanyaları sonucu kısa sürede gen aktarımlı ürünlere karşı olanların sayısı büyük artış gösterdi. Avrupa Birliği, gen aktarımlı besin içeren malların etiketlerinde bunun açıkça belirtilmesini zorunlu kıldı.

Bugün birçok ülkenin gen aktarımlı ürünlerle ilgili kendi yasal düzenlemeleri bulunuyor. 1990'ların ortalarından beri birçok ülkede gen aktarımlı soya fasulyesi, mısır, pamuk ve pirinç gibi ürünler yetiştiriliyor; birçok başka ürün de geliştirilme aşamasında.

andlandırılan pirinç cinsi. Bazı gelişmekte olan ülkelerde, A vitamini eksikliği her yıl 500.000 çocuğun kör olmasına ve birçoğunun sağlığının bozulmasına neden oluyor. Bu nedenle, provitamin

A eklenmiş gen aktarımlı pirinç çalışmaları büyük ilgi gördü. Altın pirinç, 1999 yılında geliştirildi. 2001 yılında, Uluslararası Pirinç Araştırmaları Enstitüsü, altın pirincin provitamin A üretme özelli-

ğini, geleneksel ıslah yöntemleriyle Asya'da üretilmeye uygun bir başka pirinç cinsine aktarmayı başardı. Pirincin güney ve güneydoğu Asya'da ne kadar çok tüketildiği göz önüne alınırsa, A vitamini pirincin insanların beslenmelerine ve sağlıklarına önmeli bir katkısının olabileceği açık. Ancak, pirincin tüketimi sırasında bu vitaminin insan bedenince ne ölçüde alınabildiği; ürünlerin depolanması ve hasattan sonra gördüğü işlemler sırasında ve pişirilirken vitamin değerini ne kadar koruduğu konusunda sorular ortaya çıktı. Gen aktarımı teknolojisi, Bangladeş ve Hindistan gibi dünyanın birçok bölgesinde tohumlarının yağından yararlanmak üzere yetiştirilen hardal bitkisinin provitamin A içeriğini artırmak için de işbaşında. Geliştirilen ürünün, bu ülkelerdeki A vitamini eksikliğine çare olabileceği düşünülüyor. Bunun yanı sıra, besinlerdeki hastalık önleyici maddelerin miktarını artırmaya yönelik gen aktarımı çalışmaları da var. Bunun bir örneği, doymamış yağ asiti bakımından zenginleştirilmiş soya fasulyeleri.

Dünyada Gen Aktarımlı Ürünlerin Durumu

• 2000 yılında tüm dünyada yaklaşık 44 milyon hektarlık tarım alanında gen aktarımlı ürünler ekildiği belirlendi.

• En çok ekilen gen aktarımlı ürünler, soya fasulyesi, mısır, pamuk ve kanola.

• 2000 yılında, gen aktarımlı tarım ürünlerinin ekildiği alanların % 99'u, ABD, Arjantin, Kanada ve Çin'deydi. Gen aktarımlı ürünlerin ticari olarak yetiştirildiği öteki ülkelere Güney Afrika, Avustralya, Romanya, Meksika, Bulgaristan, İspanya, Almanya, Fransa ve Uruguay, Portekiz ve Ukrayna.

• Birçok ülkede de gen aktarımlı tarım ürünlerinin alan denemeleri gerçekleştiriliyor.

• 2000 yılında ekimi yapılan gen aktarımlı soya fasulyesi ve kanolanın neredeyse tamamı, zararlı bitkilerle mücadelede kullanılan ilaçlara karşı dayanıklılık özelliği taşıyordu. Mısır ve pamuğun bir bölümü zararlı bitkilerle mücadelede kullanılan ilaçlara karşı dayanıklılık özelliği, bir bölümü zararlı böceklerle karşı direnç, bir bölümü de her iki özelliği birden taşıyordu.

• Yaygın olmasa da, virüslere karşı dirençli, koparıldıktan sonra uzun süre taze kalma özelliğine sahip ya da besin değeri artırılmış patates, karpuz, domates, papaya ve kabak gibi bitkiler de 2000 yılının gen aktarımlı tarım ürünleri arasındaydı.

Çok Ekilen Bazı Gen Aktarımlı Ürünlerin Özellikleri:

Gen aktarımlı tür:	Kazandırılan özellik:	Aktarılan genin kaynağı:	Gen aktarımının amacı:	Birincil yarar sağlayanlar:
Mısır	Zararlı böceklerle karşı direnç	Bacillus thuringiensis	Böceklerin verdiği zararı azaltmak	Çiftçiler
Soya fasulyesi	Zararlı bitkiler için kullanılan ilaçlara dayanıklılık	Streptomyces spp.	Zararlı bitkileri daha iyi kontrol etmek	Çiftçiler
Pamuk	Zararlı böceklerle karşı direnç	Bacillus thuringiensis	Böceklerin verdiği zararı azaltmak	Çiftçiler
Mısır	Provitamin A bakımından zenginlik	Erwinia (zerrin bitkisi)	A vitamini kaynaklarını artırmak	Tüketiciler

Tarım Araştırmalarının Geleceği

Bilimsel gelişmenin sınırı yok. Ancak, gen aktarımı teknolojisinin geleceğiyle ilgili fikir edinebilmek için, bilim adamlarının öngörülerine başvuruyo-

Bitkilere Gen Aktarımı Nasıl Yapılıyor?

Bitkilerde gen aktarımı farklı yollarla yapılabilir. Sözelimi, böcekler dirençli bir mısır çeşidi şöyle elde ediliyor:

1. Böcekler karşı dirençli gen aktarımlı bitkiler, *Bacillus thuringiensis* adlı bir bakteriyeye ait bir gen taşıyorlar. Bu gen, bitkinin hücrelerine, bazı böcekler için zehirli olan ancak başka canlılara zarar vermeyen bir madde üretmesini emrini veriyor.

2. *Bacillus thuringiensis* bakterisinden, belli böcekler için zehirli bir proteinin üretilmesinden sorumlu gen alınıyor. Bu gen, mısır bitkisine ait bir hücreye aktarılacak. Bitkiye aktarılmak istenen genle birlikte, bir de "işaret" geni bitkinin hücrelerine sokulmaya çalışılıyor. İşaretçi genin de sokulma amacı, asıl aktarılmak istenen genin hücreye girip girmediğini kontrol etmek. Bu işaret geni genellikle, hücrelerde antibiyotiklere karşı direnç sağlayan bir gen oluyor.

3. Gen aktarımının hangi hücrelerde başarılı olduğunu deneme aşaması. Bu hücrelere antibiyotik verilerek yapılıyor. Aktarımın başarılı olduğu hücreler, antibiyotik direnç genini de aldıkları için ölmüyorlar. Aktarımın başarısız olduğu hücrelerse, antibiyotik verilince ölüyorlar.

4. Gen aktarımlı hücreler laboratuvar ortamında geliştiriliyor ve gen aktarımlı bitkiler elde ediliyor. Bu bitkiler ve onların tohumlarından çıkan yeni bitkiler, hücrelerinde *Bt* bakterisinin zehirini üretiyorlar. Bu zehir, bitkiye zararlı böcekler üzerinde öldürücü etki yapıyor.



ruz. Bugün, geleneksel ıslah yöntemlerinin gelecekte verimin artırılmasına katkıda bulunup bulunamayacağını ve çiftçilere tarım girdilerini azaltacak yeni yollar sağlama konusunda yeterli olup olmayacağı tartışmalı. Son yıllarda dikkatler bitki biyoteknolojisinin tarımsal üretime katkısına yönelmiş olsa da, geleneksel ıslah yöntemlerinin verimi artırmadaki katkısının biyoteknolojiden

çok daha fazla olduğu da ortada. Büyük umutlar vaat etmesine karşın, biyoteknoloji uygulamaları az sayıda özellik ve az sayıda tarım bitkisiyle sınırlı. Yalnızca birkaç çokuluslu özel biyoteknoloji şirketi, yeni genetik teknolojilerini pazara sunmuş durumda. Ancak, hem gelişmekte olan, hem de gelişmiş ülkelerden birçok bilimadamı, bitki biyoteknolojisindeki son başarıların ve bugün geli-

nen noktanın, buzdüğünün yalnızca suyun üzerinde görünen bölümü olduğuna inanıyorlar.

Bugün birçok bilimadamı, var olan bitki çeşitlerinin potansiyelinin azalmakta olduğu, tarım zararlılarının kontrolünün gittikçe güçleştiği ve doğal kaynakların kıtlığı konularında hemfikir. Ancak, geçmişte olduğu gibi bugün de teknolojik gelişme ve ilerleme, bu sorunların üstesinden gelmek ve 21. yüzyılın besin gereksinimini karşılamak için çözümler bulma potansiyeline sahip. Gelecekte, hem ıslah yöntemlerinde, hem de genetik mühendisliği alanında önemli atılımlar yapılacak. Bitki biyoteknolojisi ve ıslah yöntemlerinin birlikte kullanımı, yeni kuşak bir teknoloji doğuracak. Bilim adamlarının yeni hedefi, kuraklık gibi olumsuz çevre koşullarına dayanıklı, çevreye ve insan sağlığına zararlı tarım girdilerini azaltan, besin değerleri artırılmış, verimli ürünler geliştirmek.

Aslı Zülâl

Biyoteknoloji'nin Ülkemizdeki Adresi:

TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Araştırma Enstitüsü

Bitki biyoteknolojisi alanında ülkemizde başı çeken kuruluş, TÜBİTAK'a bağlı Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Araştırma Enstitüsü. TÜBİTAK'ın Gebze'deki Marmara Araştırma Merkezi kampüsünde yer alan enstitü, Türkiye'nin gen mühendisliği ve biyoteknoloji alanında uluslararası ilişkilerini kuran ve sürdüren başlıca kuruluşu. Burada, İ.Ü. Biyoloji Bölümü'nün katkısıyla kurulan Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarı'nda, 1992 yılından bu yana araştırmacılar, ülkemizdeki tütün, buğday, arpa, patates, nohut, kavak, ayçiçeği ve pamuk bitki çeşitlerinin doku kültürü sistemlerinin kurulması ve bu bitkilere gen aktarımı yöntemlerinin geliştirilmesi amacıyla çalışmalar yürütüyorlar. Bu projelerden bazıları, uluslararası düzeyde destekleniyor. Üniversitelerin ve TÜBİTAK'ın araştırma fonlarının yanı sıra, endüstriyel kuruluşlarca desteklenen projeler de var. Bunun bir örneği, gen aktarımıyla kavak ağaçlarındaki lignin maddesinin kolay çözünmesi sağlanarak, kavakların kâğıt üretiminde kullanıma daha uygun hale getirilmesi. Bu proje, Türki-

ye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları Genel Müdürlüğü'nce (SEKA) destekleniyor. "Mozaik virüsü"ne karşı dirençli tütün bitkileri elde edilmesi, patates bitkisinde erken kararmayı önlemek, pamuk bitkisine mantar hastalıklarına karşı dayanıklılık kazandırmak amacıyla da gen aktarımı çalışmaları yapılıyor.

Ülkemiz, olumsuz çevre koşullarına uyum sağlamış bitki çeşitleri bakımından çok zengin. Enstitüde, önemli özellikler taşıyan endemik (yalnızca belli bir bölgeye özgü) türleri belirleyip patent çalışmalarını gerçekleştirerek bu zenginliğe sahip çıkmak amacıyla yürütülen çalışmalar da var. Bitki Moleküler Genetiği Araştırma Laboratuvarı'nda, buğday, pamuk, tütün bitkilerinin ve yeşil alglerin çeşitli moleküler özelliklerinin ve bu özelliklerle ilgili genlerin belirlenmesi çalış-

maları yapılıyor. Güneydoğu Anadolu'da metal kirliliğine dayanıklı bitkilerin belirlenmesine yönelik bir proje de var. Araştırmacılar, bu bitkilerin metalleri toplama özelliğinden, çevre kirliliğinin temizlenmesinde yararlanmayı düşünüyorlar.



Kaynaklar

- Hails, R. S. "Assessing the risks associated with new agricultural practices". Nature, Vol. 418, 685-688.
Huang ve ark. "Enhancing the crops to feed the poor". Nature, Vol. 418, 678-685.
Knight, J. "A dying breed". Nature, Vol.421, 568-570.
Tilman ve ark. "Agricultural sustainability and intensive production practices". Nature, Vol. 418 671-677.
Trewavas A. "Malthus foiled again and again". Nature, Vol. 418, 668-670.
<http://www.fao.org>
<http://www.scidiv.net> "GM crops dossier"