



Modern Dünyanın Vazgeçilmez Bitkisi Mısır: Genetiği Değiştirilmiş (Transgenik) Mısırın Tarımsal Üretim Katkısı

Sebahattin ÖZCAN

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

* Sorumlu Yazar

e-posta: ozcan@agri.ankara.edu.tr

Özet

Dünyada en fazla üretilen (785 milyon ton) tahıl olan mısırın birim alan verimi buğday ve arpanın iki katıdır. Türkiye’de yıllık ortalama 550 bin hektarlık alanda 3,5 milyon ton mısır üretilmekte olup, bu üretimin yaklaşık yarısı Akdeniz Bölgesinde yapılmaktadır. Akdeniz Bölgesindeki üretimde ise ikinci ürün mısırın payı oldukça yüksektir. Çukurova bölgesinde 2005 yılında %65 oranında ikinci ürün mısır üretimi yapılırken, bu gün bu oranın büyük ölçüde mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis*) ve koçan kurdu (*Sesamia nonagrioides*) zararı nedeniyle önemli miktarda düştüğü ifade edilmektedir. Akdeniz Bölgesinde mısır kurdu 2–3 döl verirken, mısır koçan kurdu 4–5 döl verebilmekte ve kimyasal ilaçlama yapılmadığı takdirde ürün kaybı geç ekim ve ikinci üründe %100’e çıkabilmektedir. Bu zararlılara karşı 2–3 defa koruyucu ilaç uygulaması önerilirken, yoğun böcek salgınlarının yaşandığı yıllarda ilaçlama sayısı 4-5’e çıkabilmekte ve ilaçlamaya rağmen yine de %30’a varan verim kayıpları yaşanabilmektedir. Öte yandan, biyoteknolojik yöntemlerle elde edilen böceklere dayanıklı genetiği değiştirilmiş (GD) mısır çeşitleri sayesinde bu böceklere karşı kimyasal ilaçlama yapılmaksızın, ürün elde edilebilmekte ve verimde de %30 oranında artışlar sağlanabilmektedir. Böceklere dayanıklı GD mısır çeşitleri günümüzde 7’si AB ülkesi olmak üzere toplam 17 ülkede yaklaşık 37 milyon hektarlık bir alanda üretilmekte ve 54 ülkede de gıda ve yem amaçlı kullanılmaktadır.

Yapılan yoğun risk analizleri ve dünya genelinde 13 yıllık üretim sonuçları GD mısır çeşitlerinin insan ve hayvan sağlığı ile çevre üzerine önemli bir risk oluşturmadığını ortaya koymuştur. Çevre ve tarım sistemine olası etkileri konusunda iyi bir risk yönetimi uygulayan ülkeler bu bitkileri üretmekte ve çiftçiler gelir artışı başta olmak üzere önemli kazanımlar elde edebilmektedirler. Ülkemizde GD mısır çeşitlerinin Akdeniz ve GAP bölgesinde ikinci ürün olarak üretilmesi bölge çiftçisine önemli katkılar sağlayabileceği gibi mısır üretimimizde de önemli artışlara yol açabilecektir. Bu sayede ABD başta olmak üzere büyük oranda GD mısır çeşitlerinin üretiminin yapıldığı ülkelerden yıllık ortalama bir milyon ton mısır ithal eden ülkemiz kendi ihtiyacını kendisi karşılamış olacak ve yurtdışına ödenen döviz kendi çiftçimize gelir olarak dönebilecektir.

Anahtar Kelimeler Transgenik mısır üretimi, mısır zararlıları, *Bacillus thuringiensis*, böceklere dayanıklılık,

Corn, Indispensable Crop of the Modern World: Contribution of Genetically Modified (Transgenic) Corn on Agricultural Production

Abstract

Corn is the largest grown (785 million tons) cereal in the world with doubled grain yield per unit area compared to wheat and barley. In Turkey, corn is produced on approximately 550 thousand hectares with annual production of 3,5 million tons, of which nearly half is produced in the Mediterranean region. The share of corn production as second crop in the Mediterranean region is very high. Although, corn as second crop had 65% share in production during 2005 in Çukurova region, today this ratio has sharp drop due to infestation of European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) and Mediterranean corn borer (*Sesamia nonagrioides*). European corn borer fertilise 2-3 times per year in the Mediterranean region and Mediterranean corn borer fertilise 4-5 times a year and if insecticides are not applied the losses could rise to 100% in late and second crop production. Application of chemicals against these harmful insects is recommended 2-3 times. However, yield losses could rise up to 30% during years with severe insect outbreaks even after 4-5 application of these insecticides. On the other hand, without using insecticides it is possible to get 30% increase in yield by production of insect-resistant genetically modified (GM) corn varieties using biotechnological approaches. Insect-resistant GM corn varieties are currently grown in 17 countries including 7 EU countries on approximately 37 million hectares and are used as food and feed in 54 countries.

Intensive risk analysis and the results of 13 years global production of GM corn cultivars showed no significant risks on environment, human and animal health. The countries who apply a good risk management for the unpredictable effects on environmental and agricultural systems produce GM crops and farmers can achieve important gains in their agricultural practices and in their income. Production of GM corn cultivars as second crop in Mediterranean and GAP regions of Turkey will lead to important contributions to the farmers’ income and result in significant increase in corn production. Moreover, the foreign currency that is paid to purchase on the average one million tons of corn every year from GM corn producing countries such as USA will return to our own farmers as their income.

Key Words Transgenic maize production, corn insects, *Bacillus thuringiensis*, insect resistant

GİRİŞ

Son yıllarda mısır modern dünyanın gıda bitkisi ve çok yönlü kullanılan en önemli dane ürünü haline gelmiştir. İnsan beslenmesinde buğday ve çeltikten sonra en fazla kullanılan bitkilerin başında gelmektedir. En yüksek enerji stokuna sahip olan mısırın birim alan veriminde hibrit çeşitlerin ve modern tarım teknolojilerinin kullanılmasıyla da çok önemli artışlar olmuştur. Gelişme hızı ve verimi buğdaydan oldukça yüksektir.

Dört ay gibi kısa bir süre içerisinde 2,5–4,5 metre boya ulaşabilmekte ve tek bir bitkiden 600–1000 tohum elde edilebilmektedir. Buğday ise 7–8 aylık bir zaman diliminde 70–120 cm boya sahip olurken, bitki başına 50–100 tohum üretebilmektedir [1]. Bu yüksek dane ve yeşil aksam veriminden dolayı mısır bitkisinin önemi insan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanımının yanında biyo-yakıt olarak ta bütün gözleri kendisine çevirmiştir.

Buğdaygiller (*Poaceae=Gramineae*) familyasının bir üyesi olan Mısır (*Zea mays* L.)'in kökeni yıllar boyunca tartışma konusu olmakla birlikte, yabani teosinteden (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) köken aldığı görüşü geniş ölçüde kabul görmektedir. Günümüzde kültür mısır çeşitleri, Meksika'da ve Orta Amerika'da doğal olarak yetişen yıllık teosinte türleri ile aynı tür adı altında sınıflandırılmaktadır. Yerli Amerikan halkları mısır üzerinde 7000 yılı aşkın bir süre boyunca seleksiyon yaparak, yabani bir bitkiyi kendileri için hayati önem taşıyan bir kültür bitkisine dönüştürmüşlerdir. Amerika kıtasının keşfinden sonra (1493) mısır önce İspanya'ya getirilmiş, daha sonra da Afrika ve Asya'ya yayılmıştır. Mısırın ülkemize Mısır ve Suriye yoluyla girdiği görüşü hâkimdir.

Mısır Dünyada tahıllar içinde ekiliş alanı bakımından üçüncü, üretim açısından ilk sırada alan önemli bir tahıl cinsidir (Çizelge 1). Birim alan verimi buğday ve arpanın yaklaşık iki katıdır. Gelişmekte olan Asya ülkelerinde buğday ve çeltikten sonra yer alırken, özellikle Latin Amerika ve Afrika'da birinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde hayvan yemi ve insan gıdası olarak çok farklı alanlarda kullanılan mısır, ekim alanı ve üretim miktarı ile buğday ve arpadan sonra en fazla üretilen önemli bir bitkidir.

Çizelge 1. Dünyada önemli tahıl ekim alanları, üretim, verim ve ihracat/ithalat miktarları (2007)

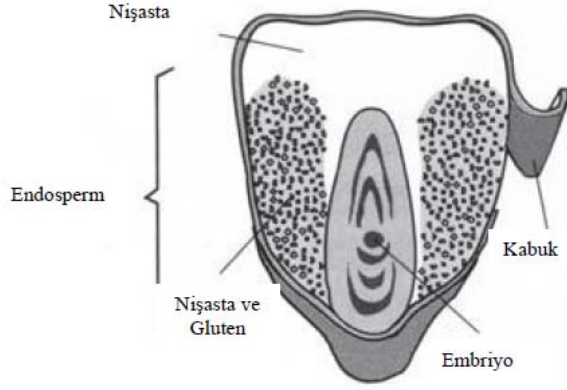
TAHILLAR	Ekim Alanı (bin ha)	Üretim (bin ton)	Verim (ton/ha)	İhracat/İthalat (bin ton)
Mısır	157.874	784.786	4,97	90.808
Buğday	217.432	607.045	2,79	110.300
Çeltik	156.952	651.742	4,15	29.220
Arpa	56.608	136.209	2.40	14.420

Kaynak: FAO

MISIR DANESİNİN FİZİKSEL VE KİMYASAL YAPISI

Mısır danesinin genel yapısı ve bileşiminde bulunan temel unsurlar Şekil 1'de danenin enine kesitinde verilmiştir [2]. Daneyi dış etmenlerden koruyan en dış katman (kabuk veya kepek) dane ağırlığının yaklaşık %6'sını oluşturmakta ve hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Danenin %11,5'ini oluşturan ve tek canlı kısım olan embriyo yağın önemli bir kısmını bulundurmaktadır. Embriyonun yaklaşık %25'i yağ olup, mısır yağı doymamış yağ asitlerince zengindir. Embriyo aynı zamanda tohumun çimlenmesi için gerekli olan enzimleri, vitaminleri ve mineral maddeleri de içermektedir. Danenin geri kalan kısmını (%82,5) ise endosperm oluşturmaktadır. Endosperm çimlenen tohum için enerji (nişasta) ve protein kaynağıdır. Unsu yapıdaki endosperm (şekilde beyaz ile gösterilen kısım) genellikle yumuşak nişasta olup, kolaylıkla ayrılabilir özelliktedir. Şekilde noktalı koyu renkle gösterilen kısım ise boynuz yapısındaki endosperm olup, içerisinde nişasta ve protein karışım halindedir. Bu kısmın ayrıştırılması için daha şiddetli uygulamalar gerekmektedir. Nişasta gıda sanayinde, biyo-etanol (yakıt), tatlandırıcı, biyoplastik ve diğer birçok ürünün elde edilmesinde kullanılan en önemli kısımdır.

Sarı renkli hibrit at dişi mısır danesinin kimyasal içeriği Çizelge 2'de verilmiştir [3]. Çizelge'de görüldüğü üzere mısır danesinde ortalama %16 su bulunmaktadır. Kuru madde ortalama %71,7 nişasta, %9,5 protein, %9,5 lif ve önemli miktarlarda şeker, yağ ve karoten içermektedir.



Şekil 1. Mısır Danesinin yapısı (2)

Çizelge 2. Mısır Danesinin kimyasal özellikleri

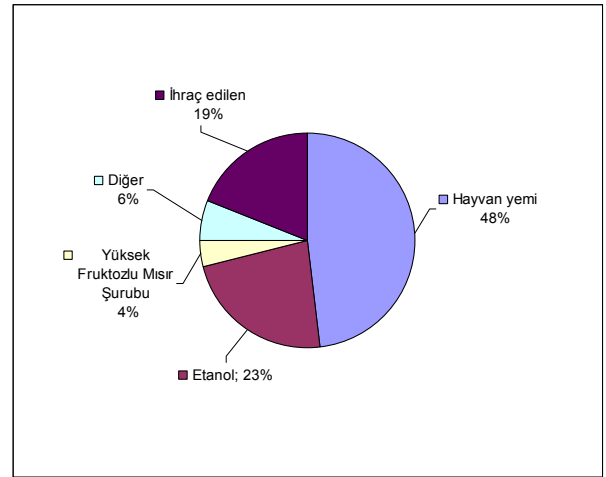
Özellikler (Kuru bazlı)	Miktarı /Değişimi (%)	Ortalama Miktarı (%)
Su (danede)	7 – 23	16,0
Nişasta	61 – 78	71,7
Protein	6 – 12	9,5
Yağ	3,1 – 5,7	4,3
Kül (mineral madde)	1,1 – 3,9	1,4
Pentozanlar (ksiloz olarak)	5,8 – 6,6	6,2
Lif	8,3 – 11,9	9,5
Selüloz + Lignin	3,3 – 4,3	3,3
Şekerler (glikoz olarak)	1,0 – 3,0	2,6
Toplam Karotenler (mg/kg)	12 – 36	26,0

Kaynak: White ve Johnson 2003 [3].

MISIRIN KULLANIM ALANLARI

Mısırın çok sayıda kullanım alanı olup, bitkisinin her parçası ayrı bir ekonomik değere sahiptir. Günümüzde mısırın doğrudan veya dolaylı olarak üretimine katıldığı 4.000 civarında farklı ürün mevcuttur. Mısırın başlıca kullanım alanları; taze olarak tüketim (haşlama ve közleme), konserve, mısır unu, nişasta, çips, çerez, daneleri ve yeşil aksamı hayvan yemi olarak, yağ, tatlandırıcı, şekerleme, çiklet, çikolata ürünleri, bebek mamaları, salata sosları, alkol, yüksek fruktozlu mısır şurubu, diş macunu, etanol (benzine katkı maddesi olarak) üretiminde ve otomotiv sanayi, temizlik malzemeleri, tekstil ve kozmetik sanayi olarak sayılabilir. Tahmini olarak dünya mısır üretiminin %60'ı hayvan yemi, %20'si insan gıdası (doğrudan tüketim), %10'u işlenmiş gıda ve %10'u diğer tüketimler ile tohumluk olarak kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde mısır insan gıdası olarak ön plana çıkarken,

gelişmiş ülkelerde hayvan yemi ve sanayi hammaddesi olarak kullanımı daha yüksektir. Dünyada en önemli mısır üreticisi olan ABD'de, 2007 yılında üretilen 332 milyon ton mısırın %48'i hayvan yemi, %23'ü etanol, %4'ü yüksek fruktozlu mısır şurubu ve %6'sı diğer (nişasta, tatlandırıcı, dane, alkol, tohumluk vb.) amaçlı kullanılırken, %19'u ihraç edilmektedir (Şekil 2). Öte yandan, 2002/03 yılında ABD'de üretilen mısırın %59'u hayvan yemi ve %11,5'i etanol üretiminde kullanılırken, %17'si ihraç edilmiştir. Bu rakamlardan da görüldüğü gibi, ABD'de mısırın sanayi hammaddesi olarak, özellikle de etanol üretiminde kullanımında önemli artışlar olmaktadır.



Şekil 2. ABD'de üretilen mısır danesinin kullanım oranları [4].

Doğrudan İnsan Gıdası

Günümüzde ekonomik önemi büyük ve enerji değeri yüksek olan mısırın, dünyada insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Mısır danesi yüksek oranlarda karbonhidrat (nişasta), protein, farklı şeker türevleri, lif ve yağ içeriği yanında (Çizelge 2), önemli miktarlarda demir, magnezyum, potasyum, A, B1, B3, B9 ve C vitamini içeriğine sahiptir. Besin değeri açısından, proteininde lizin ve triptofan amino asitleri bakımından bir miktar eksiklik söz konusudur. Bu amino asitlerin eksikliğini gidermek için yapılan ıslah çalışmaları ile her iki amino asidin de tohumdaki oranları yaklaşık 2 katına çıkarılmıştır. Ayrıca, biyoteknolojik çalışmalarla da temel amino asitlerin artırılmasına yönelik önemli sonuçlar elde edilmiştir. Mısırın insan beslenmesinde tüketilen günlük kalorinin %11'ini karşıladığı belirtilmektedir. Bu oran gelişmiş ülkelerde düşerken, Orta Amerika ülkelerinde %25-30'lara kadar yükselebilmektedir. Yaklaşık 100 kg mısır danesinden 57 kg nişasta, 60 kg tatlandırıcı, 42 litre etanol yakıtı veya 40 kg polimer elde

edilirken bunun yanında 24 kg yem glüten (%20 protein), 4,8 kg yemeklik glüten ve 2,8 kg mısır yağı elde edilmektedir [5].

Mısır Yağı

Mısır tohumunda depolanan yağın %85'i embriyoda bulunmaktadır. Geriye kalan yağ, endosperm ile kabuk katmanlarında bulunmakta ve genellikle hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Kuru embriyo %45–50 yağ içermektedir. Son 20 yılda mısır rafine (arıtma) endüstrisinin gelişmesiyle önemli miktarda mısır yağı üretilir hale gelmiştir. Modern mısır rafine işlemi sayesinde insan gıdası, nişasta, tatlandırıcı, alkol, yağ ve hayvan yemi gibi çok sayıda ürün elde edilebilmektedir.

Serbest yağ asitlerini ve posfolipitlerin ham yağdan rafine ile uzaklaştırılmasıyla son derece kaliteli mısır yağı elde edilebilmektedir. Kızartma kalitesi mükemmel olup, dumanlanma ve renk bozukluğuna dayanıklıdır. Ayrıca, lezzeti iyi olup, kötü tat oluşturmaz. Sindirilebilirliği yüksek ve yoğun bir enerji kaynağı olan mısır yağı, temel (linoleik) ve doymamış yağ asitleri ile Vitamin E bakımından oldukça zengindir. Tüm yağlarda olduğu gibi 1 gram mısır yağı 9 kcal enerji sağlamakta olup, bir çorba kaşığı mısır yağı (14 g) sağlıklı bir çocuk veya yetişkinin günlük temel yağ asidi ihtiyacını karşılamaktadır [2].

Yüksek oranda doymuş yağlar ve kolesterol içeren gıdalarla beslenme kalp-damar hastalıklarının oluşmasında önemli bir faktör olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Doymuş yağ asitleri kolesterolü yükseltmede, doymamış yağ asitlerin kolesterolü düşürmesinden yaklaşık iki kat daha güçlüdür. Yüksek oranda (%86) doymamış yağ asitleri içermesinden dolayı mısır yağı kalp damar ve kolesterol hastalarına önerilen yağların başında gelmektedir. Yapılan araştırmalar mısır yağının kolesterolü düzenleme ve düşürmede diğer bitkisel yağlardan çok daha etkili olduğunu göstermiştir.

En önemli bitkisel yağ üreticisi ülke olan ABD'de en fazla bitkisel yağ soyadan elde edilmektedir. Soya yağı üretimini 2. sırada 1.162.240 ton ile mısır yağı takip etmektedir (Çizelge 3).

Hayvan Yemi

Yüksek protein ve A vitamini içermesinden dolayı sarı renkli mısır daneleri özellikle sığır, domuz ve kümes hayvanlarının beslenmesinde vazgeçilmez hale gelmiştir. Hayvan ırklarına ve mısır çeşitlerinin enerji değerine göre

değişmekle birlikte, yem rasyonlarına %15–65 oranında mısır katılmaktadır [6]. Mısırın danesi hayvan beslemede tek mideli ve kümes hayvanları için iyi bir yem olmakla birlikte, son yıllarda silaj tekniklerinin gelişmesiyle geniş getiren hayvanlar için dünyada en önemli silaj bitkilerinden birisi haline gelmiştir. Silajlık mısırın; geniş adaptasyon yeteneğine sahip olması, yüksek enerji verimi, makineli tarıma uygun olması, hasadının ve saklanması kolay olması, yüksek sindirim oranına sahip olması, silajının kaliteli ve lezzetli olması, birim alandan yüksek verim alınabilmesi, herhangi bir katkı maddesine gerek duymadan silolanabilmesi gibi önemli özelliklere sahiptir [7]. Bu özelliklerinden dolayı silaj amaçlı mısır üretiminde önemli artışlar gözlenmektedir. Ülkemizde silajlık mısır yaygın olarak Ege ve Marmara bölgelerinde üretilmekle birlikte, son yıllarda tüm bölgelerimizde yaygınlaşmağa başlamıştır.

Çizelge 3. ABD'de Bitkisel Yağ Üretimi (2007)

Bitkisel Yağ	Miktarı (Ton)
Soya Yağı	9.622.530
Mısır yağı	1.162.240
Kanola Yağı	396.342
Pamuk Tohumu Yağı	385.900
Ayçiçeği Yağı	299.186

Kaynak: USDA (<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1290>)

Mısır danelerinin doğrudan hayvan yemi olarak kullanımı yanında, mısır rafine (yaş öğütme) işleminden sonra ortaya çıkan protein, lif, minareler ve vitaminler gibi yan ürünler sığır, balık, domuz ve kümes hayvanları için çok önemli bir protein ve enerji kaynağıdır. Rafine edilen mısırın yaklaşık %25-30'u yan ürün olarak hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır.

Yaş öğütme ile çalışan mısır rafinerileri nişasta, tatlandırıcı, etanol, mısır yağı, organik asitler, amino asitler ve yem katkı maddeleri gibi ürünler üretirken; kuru öğütme ile çalışan fabrikalar mısır gevreği, mısır unu ve gıdası; distile edici fabrikalar ise içecek ve sanayide kullanılan alkol üretmektedirler. Elde edilen bu asıl ürünlerden sonra kalan kısım ise hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Yaş öğütme rafineri sisteminden sonra 4 temel hayvan yemi ürünü ortaya çıkmaktadır [8].

Mısır glüten yemi: Mısır nişasta ve nişasta ürünleri elde eden yaş öğütme fabrikalarında, nişastanın, glütenin ve embriyonun önemli bir kısmı alındıktan sonra geriye kalan

artıklar ve kabuk mısır glüten yemi olarak değerlendirilir. Orta seviyede (%20) protein ve karbonhidrat içeren mısır glüten yemi, süt ve et sığırcılığında, kümes hayvanları ve domuz üretiminde mikro element kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Mısır yüksek glüten yemi: Yaş öğütme işleminin ilk ayırıştırma aşamasında yakalanamayan yüksek oranda protein (glüten) ve karbonhidrat içeren kısımdır. Genellikle %60 protein içeren bu ürün önemli bir metiyonin kaynağıdır. Özellikle, yüksek oranda ksantofil (sarı renk maddesi) içeriği yüksek glüten yemini kümes hayvanlarının beslenmesinde önemli kılmaktadır.

Mısır embriyosu: Mısır yağı alındıktan sonra kalan embriyo orta seviyede protein (%20) ve enerji maddeleri içermektedir. Embriyo mısır danesinin çok küçük bir kısmını oluşturduğu için yem için mısır embriyosu oldukça sınırlı miktarda üretilmektedir. Genellikle mısır glüten yemine katılmaktadır.

Mısır bekletme suyu: Mısır danelerinin su içerisinde bekletilmesi sonucunda suda çözünen yüksek oranda protein ve karbonhidrat içeren bir yan üründür. Mısır bekletme suyu tek başına veya diğer yemlerle beraber hayvan beslenmesinde kullanılır. B vitaminleri ve mineral maddelerce zengindir.

Kullanılan mısır çeşidine, coğrafik bölgeye, işleme tekniklerine ve depolama şartlarına göre değişmekle birlikte, yaş öğütme rafineri işleminden sonra ortaya çıkan 4 önemli yem ürününün genel besin içerikleri Çizelge 4, mineral madde içerikleri Çizelge 5 ve vitamin ve amino asit içerikleri ise Çizelge 6'da verilmiştir [8].

Çizelge 4. Yaş öğütme rafine işleminden sonra ortaya çıkan yem ürünlerinin içerikleri (%).

	Mısır Glüten yemi	Mısır Yüksek Glüten Yemi	Mısır Embriyo Yemi	Mısır Bekletme Suyu
Kuru Madde	87-90	90	90	50
Protein	18-22	60	20,5	23
Yağ	2-5	2,5	1	0
Lif	6-10	2,5	12	0
Lif (ADF)	13	5	14	0
Lif (NDF)	35	-	-	-
Kül	6,5-7,5	1,83	3,8	8

Kaynak: CRA 2006b (www.corn.org/Feed2006.pdf) [8]

Çizelge 5. Yaş öğütme rafine işleminden sonra ortaya çıkan yem ürünlerinin mineral madde içerikleri.

	Birim	Mısır Glüten yemi	Mısır Yüksek Glüten Yemi	Mısır Embriyo Yemi	Mısır Bekletme Suyu
K. Madde	%	90	90	90	50
Kalsiyum	%	0.05	0.07	0.04	0.14
Fosfor	%	1.00	0.48	0.30	1.80
Potasyum	%	1.50	0.20	0.34	2.40
Magnezyum	%	0.50	0.08	0.30	0.70
Sülfür	%	0.30	0.65	0.30	0.60
Sodyum	%	0.15	0.06	0.7	0.11
Demir	ppm	363	282	337	110
Çinko	ppm	250	31	92	70
Manganez	ppm	58	7	4	29
Bakır	ppm	13	24	4	15

Kaynak: CRA 2006b (www.corn.org/Feed2006.pdf) [8]

Çizelge 6. Yaş öğütme rafine işleminden sonra ortaya çıkan yem ürünlerinin vitamin ve amino asit içerikleri (%).

	Birim	Mısır Glüten yemi	Mısır Yüksek Glüten Yemi	Mısır Embriyo Yemi	Mısır Bekletme Suyu
K. Madde	%	90	90	90	50
<i>Vitaminler</i>					
Kholin	mg/lb	688	160	738	1550
Niasin	mg/lb	32	27	13	38
Riboflavin	mg/lb	0,9	0,9	1,8	2,7
Thiamin	mg/lb	0,9	0,1	2	1,3
Biotin	mg/lb	0,15	0,08	0,1	0,15
Karoten	mg/lb	3	7,27	0,9	0
<i>Amino Asitler</i>					
Arginin	%	0,78	2,08	1,30	1,00
Histidin	%	0,61	1,40	0,69	0,70
İzolösin	%	0,88	2,54	0,69	0,70
Lösin	%	2,20	10,23	1,79	2,0
Lisin	%	0,64	1,01	0,90	0,80
Metiyonin	%	0,37	1,78	0,58	0,50
Threonin	%	0,78	2,20	1,09	0,90
Triptofan	%	0,15	0,30	0,20	0,05

Kaynak: CRA 2006b (www.corn.org/Feed2006.pdf) [8]

Mısır Nişastası

Mısır bitkisi güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürün yüksek kapasiteli bir fabrika gibidir. Bu enerji mısır bitkisinde ve danede selüloz, yağ ve nişasta olarak depolanmıştır. Çok uzun bir karbonhidrat polimeri olan nişasta bitkide glikoz birimlerinin birbirine bağlanmasıyla oluşur. Nişasta daneleri büyüklük ve şekil bakımından bitki türleri arasında farklılık gösterir. İzole edilen nişasta kuru, yumuşak ve beyaz toz halinde olup; soğuk suda, alkolde, eterde ve birçok organik çözücüde çözünmez.

Mısır danesini %80'ini oluşturan enerji deposu

endosperm, %90 nişasta ve %7 glüten proteini ile düşük miktarda yağ ve mineral maddelerden oluşmaktadır. Mısır rafinesindeki son yıllardaki gelişmeler sayesinde saf ve çok kaliteli mısır nişastası bol miktarda üretilebilmektedir. Elde edilen nişasta çok fonksiyonlu bir karbonhidrat olup, özel istekler için fiziksel, kimyasal veya enzimatik yollarla modifiye edilebilmektedir. Ham ve işlenmiş nişasta ile nişastanın kuru şartlarda ısıtılmasıyla elde edilen dekstrinler giydiğimiz elbiseden yediğimiz yemeğe kadar, on binlerce işlenmiş üründe kullanılmaktadır. Bu ürünlerin bazıları Çizelge 7'de verilmiştir [9].

Çizelge 7. Ham ve işlenmiş nişasta ile dekstrinlerin kullanıldığı bazı ürünler

İÇECEKLER Meyve suları, protein ve enerji içecekleri, bira, likör, soda, vb.	EV ALETLERİ ve BAKIM ÜR. Piller, briket, temizleyiciler, tebeşir, kibrit, çöp torbaları, ip, kozmetik, deodorant, saç bakım ürünleri, vb.
PASTA ve EKMEK Kabartma tozu, bisküvi, ekmek, kek, pasta, kraker, börek, patates cipsi, toz şeker, baharat, maya, vb.	KAĞIT ve KAĞIT ÜRÜNLERİ Matbaacılık, tutkal, zarflar, etiketler, kağıt, parşömen kağıdı, kartuş, duvar kağıdı, vb.
KONSERVE Meyve, çorba, domates, sebze, vb.	TÜTÜN Tütün mamulleri
ÇEŞNİLER Mayonez, hardal, muhtelif soslar, turşu, salata sosu, sirke, vb.	HAYVAN YEMİ Kedi, sığır, köpek, balık ve domuz yemleri
ŞEKERLEME, RECEL ve SAKIZ Sakız, çikolata, şekerlemeler, meyan balı, lokum, reçel, marmelat, düşük kalorili tatlandırıcılar, vb.	KİMYASALLAR Asetik asit, tarım ilaçları, enzimler, fermantasyon işlemi, gıda asitleri, teknik alkol, organik çözücüler, vb.
KATI ve SIVI YAĞLAR Margarin ve Kızartma yağı	İLAÇ ENDÜSTRİSİ Antibiyotik, aspirin, ilaç kaplama, şuruplar, vb.
SÜT ÜRÜNLERİ Krem peynir, süt tozu, konsantre süt, dondurulmuş krema, yoğurt, dondurma, vb.	TEKSTİL ve İNŞAAT Parlaticı, boya, baskı, tekstil, perde Seramik, kaplama (ahşap, metal), fiberglas, cam, laminant, inşaat boyası, fayans, tavan, duvar malzemeleri, galvaniz, vb.
ET ÜRÜNLERİ Kahvaltılık etler, tavuk ürünleri, kurutulmuş etler, deniz ürünleri, kıyma, soslar, vb.	ENDÜSTRİ Patlayıcılar, filtreler, havai fişek, dericilik, yağlayıcılar, plastik, kauçuk, ayakkabı, taşıt lastiği, vb.

Kaynak: CRA 2006c (www.corn.org/Starch2006.pdf) [9].

Tatlandırıcılar

Glikoz polimeri olan nişastanın hidroliz sonucu D-glikoza

parçalanabilmesi nişasta türevli tatlandırıcı endüstrisinin doğmasına neden olmuştur. Nişastanın seyreltik asit ile ısıtılması sonucunda şekerli maddelere dönüşmesi 200 yıldır bilinmektedir. Nişasta zincirinde bulunan dekstroz (susuz glikoz birimleri) molekülleri arasında bulunan bağların asit veya enzim içeren su içerisinde kırılmasıyla basit bir şeker olan D-glikoz veya dekstroz elde edilmektedir. Mısır rafinerilerinde farklı yöntemler kullanılarak 3 temel tatlandırıcı olan *mısır şurubu*, *dekstroz* ve *früktoz* üretilmektedir [10].

Mısır şurubu nişastadan asit, asit-enzim veya çoklu enzim işlemi sonucunda elde edilir. Mısır şurubu dondurma ve dondurulmuş tatlılarda donmayı baskılayarak kristal oluşumunu engeller. Ayrıca, mısır şurubu salata soslarında ve sandviç türü yiyeceklerde iyi bir karışım için rahatlıkla kullanılabilir.

Dekstroz mısır şurubunun elde edildiği şekilde üretilir. Ancak, erken aşamada dekstroz elde etmek için işlem sonlandırılır. Daha sonra elde edilen eriyik kurutulur veya kristalizetörlerde kristal hale getirilir. Son derece besleyici olan Dekstroz saf ve standart bir şeker formu olduğundan dolayı kolaylıkla sindirilebilir ve insan ile hayvan kan dolaşım sisteminde kullanılabilir. Dekstroz ucuz bir karbonhidrat kaynağı olup, sakız gibi ürünleri hafif tatlandırır. Reçel, jel ve dondurma karışımlarında sukrozun yoğun tatlandırma özelliğini hafifletir ve nemi muhafaza ederek ürünün bayatlamasını engeller. Fermantasyon esnasında mayaların çoğalması için mükemmel bir besin olan dekstrozun en önemli kullanım alanlarından birisi de ilaç sanayinde C vitamini üretimi ve antibiyotik fermantasyonudur.

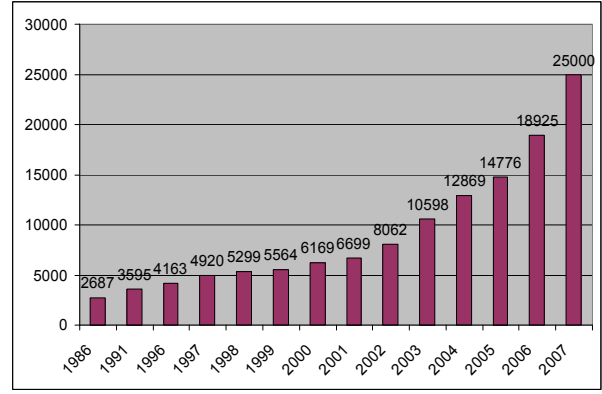
Yüksek *früktozlu* mısır tatlandırıcıları dekstrozun enzimler aracılığıyla izomerleştirilmesi sonucunda %42'lik früktoz şerbeti elde edilmesiyle başlar. Daha sonra bu şerbet früktozu tutan kolonlardan geçirilerek %90'lık yüksek früktozlu şerbet elde edilir ve tekrar %42'lik şerbette karıştırılarak %55'lik yüksek früktozlu mısır şerbeti elde edilir. Son olarak bu şerbetten kristalize früktoz üretilir. Doğal tadın korunmasının ve orta seviyede bir tatlandırmanın istendiği işlenmiş gıdalar ile konservelede %42'lik şerbetin; alkolsüz içecekler, dondurma ve dondurulmuş tatlılarda %55'lik şerbetin ve çok az bir tatlandırıcı ile yüksek şeker tadının istendiği doğal ve diyet (light) gıdalarda süper tatlandırıcı %90'lık früktoz şerbetinin kullanılması oldukça yaygındır.

Biyo-yakıt

Dünyada ve Türkiye’de mısırın önemi giderek artmaktadır. Çok sayıda kullanım alanı bulması, endüstrinin farklı kollarına ürün verebilmesi, insan ve özellikle hayvan beslenmesindeki önemi ve bunların yanında ıslah edilebilme potansiyeli (melez gücünden yararlanılarak) ile yeni ve üstün özelliklere sahip çeşitlerin geliştirebilmesi nedeni ile önemli bir türdür. Ayrıca, son yıllarda özellikle biyo-yakıt ve biyo-alkol (biyo-etanol) üretimi ile nişasta bazlı şeker üretiminde mısırın kullanılması önemini bir kat daha artırmıştır.

Yeryüzü güneşten, insanların 2050 yılında bir yılda kullanacağı enerjinin yaklaşık 4.000 katını almaktadır. Güneş enerjisini yakalayan ve depolayan bitkilerin geniş ölçekli üretimi biyo-yakıt için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Petrol ve kömür gibi doğal kaynaklar ve hatta nükleer yakıtlar ile karşılaştırıldığında, bitki gövdesinin (biyo-mass) en önemli özelliği yenilenebilir enerji kaynağı olmasıdır. ABD’de biyo-yakıt için üretilen bitkilerin başında mısır, soya ve dalı darı gelirken, Brezilya’da şeker kamışı, Avrupa’da şeker pancarı, Çin’de kassava ve sorgum, Güney Doğu Asya’da miscanthus (fil otu) ve palm yağı, Hindistan’da ise jatropa gelmektedir.

ABD’de kullanılan biyo-yakıtın temelini mısır danelerinden destilasyon ile elde edilen saf bir alkol olan etanol oluşturmaktadır. Günümüzün alternatif yakıtı olan etanol mısır nişastasından elde edilen şekerlerin fermantasyonu sonucunda elde edilmektedir. Mısır rafinerileri genellikle etanol yanında maliyeti azaltmak için nişasta ve tatlandırıcı, gibi diğer ürünleri de üretirler. Ayrıca, etanol üretimi yanında bu rafinerilerde mısır yağı ve mısır gluten yemi gibi çok değerli ürünler de üretilir. ABD genelinde mısır danesinden etanol üreten 140 rafineri bulunmakta ve bu rafineriler yılda 25 milyar litre etanol üretmektedir (Şekil 3). ABD alternatif enerji miktarını 2017 yılına kadar 130 milyar litreye çıkartmayı hedeflemektedir (www.sciencedaily.com/releases/2007) Bu hedefe ulaşmak için sadece danenin yeterli olmayacağı bunun yanında bitki gövdesinden elde edilen şekerin fermantasyonu ile elde edilen selülozik etanol üretiminin de artırılması gerekmektedir. Bitki gövdesi selüloz gibi polisakkaritlerden oluşmakta ve fermantasyonla bu polisakkaritler etanola dönüştürülmektedir. Yine selülozik etanol üretiminde fazla gövde (biyo-kütle) üreten mısırın önemi oldukça fazladır.



Şekil 3. ABD’de mısır danesinden etanol üretimi (Milyon litre; Kaynak: USDA [4]; NCGA 2007 [5].

Mısır danesinden üretilen etanol yakıtı yüksek performans gösterirken zehirli ekzost emisyonunu da azaltmakta ve hava kirliliğinin önüne geçmektedir. Ayrıca, fosil akaryakıtlarında oktan artırıcı olarak kullanılan ve suda çözünürlüğü yüksek ve çok düşük konsantrasyonlarda bile kanserojen etki gösteren MTBE (methyl tertiary-butyl eter)’in biyo-yakıtlarda kullanılmaması da yeraltı suyunun kirlenmesinin önüne geçmektedir. Su içermeyen Etanol fosil yakıtlarıyla farklı oranlarda karıştırılacağı gibi saf olarak ta kullanılabilir. Kullanılan yeni teknolojilerle 25 kg mısır danesinden 11 litre etanol üretilebilmekte ve mısır üretimi, hasadı, taşınması da dâhil olmak üzere etanol eldesine harcanan enerjiden sonuçta 1.67 kat fazla enerji üretilmektedir [5]. İlave olarak, etanol üretiminde yalnızca mısır danesinde bulunan nişasta kullanılmaktadır. Protein, yağ ve diğer besin elementleri hayvan rasyonlarında ve gıda maddesi içeriklerinde kullanılmaktadır.

MISIRIN EKONOMİK ÖNEMİ

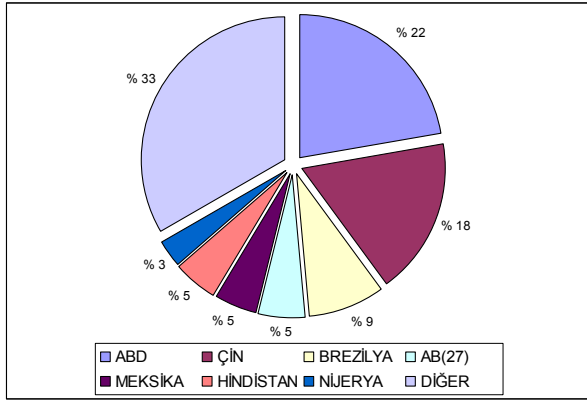
Dünyada Mısır Üretimi

Mısır hemen hemen dünyanın her ülkesinde yetiştirilmekte olan bir ürün olup, dünyada yaklaşık 158 milyon hektarlık alanda üretimi yapılmaktadır. Bu alanın 75–80 milyon hektarı gelişmekte olan ülkelerde bulunmakta ve dünyada ekim alanı itibariyle buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Sırasıyla ABD, Çin, Brezilya, 27 AB ülkesi, Meksika ve Hindistan en fazla üretim alanına sahip ülkeler olup, dünyada üretilen mısırın % 40’ı ekim alanı itibariyle Amerika ve Çin’de bulunmaktadır (Çizelge 8 ve Şekil 4). Orta Amerika’da toplam tahıl üretiminin % 75’ini mısır oluşturmaktadır.

Çizelge 8. Dünya mısır ekim alanları ve en fazla ekim alanı olan ülkeler (bin ha)

ÜLKELER	2003	2004	2005	2006	2007
ABD	28.710	29.797	30.399	28.590	35.022
ÇİN	24.092	25.467	26.379	27.073	28.074
BREZİLYA	12.965	12.410	11.549	12.613	13.828
AB(27)	9.735	10.058	8.990	8.599	8.021
MEKSİKA	7.520	7.687	6.606	7.295	7.800
HİNDİSTAN	7.343	7.430	7.588	7.856	7.770
NİJERYA	3.469	3.479	3.589	3.905	4.700
DİĞER	50.115	51.095	52.659	50.384	52.659
DÜNYA	143.949	147.423	147.759	146.315	157.874

Kaynak: FAO 2009 [11]

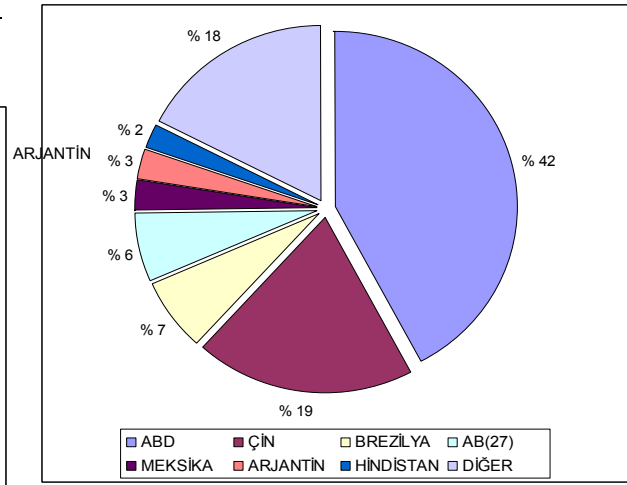
**Şekil 4.** Dünya mısır ekim alanlarının ülkelere göre dağılımı

Mısır bitkisi 2007 yılı itibarıyla 785 milyon ton üretimi ile dünya tahıl üretiminde birinci sıradadır. Uzun yıllar çeltiğin arkasında kalan mısır üretimi birinci sıraya yükselmiştir. Sırasıyla ABD, Çin, Brezilya, 27 AB Ülkesi, Meksika, Arjantin ve Hindistan en önemli üretici ülkelerdir (Çizelge 9; Şekil 5). Dünya mısır üretiminde son 5 yılda önemli gelişmeler olmuştur. Özellikle ABD ve Çin gibi üretici ülkelerde önemli verim artışları göze çarpmaktadır. ABD ve Çin dünya mısır üretiminin % 61'ini yapmaktadır.

Çizelge 9. Dünya mısır üretimi ve en fazla üreten ülkeler (bin ton)

ÜLKELER	2003	2004	2005	2006	2007
ABD	256.278	299.914	282.311	267.598	332.092
ÇİN	116.000	130.434	139.498	145.610	151.970
BREZİLYA	48.327	41.788	35.113	42.661	51.590
AB(27)	57.761	71.992	63.382	56.267	50.575
MEKSİKA	20.701	21.670	19.339	21.893	22.500
ARJANTİN	15.044	14.951	20.482	14.446	21.755
HİNDİSTAN	14.984	14.172	14.709	14.979	16.780
DİĞER	115.790	133.156	140.980	135.831	137.525
DÜNYA	644.885	728.077	715.814	699.285	784.787

Kaynak: FAO 2009 [11]

**Şekil 5.** Dünya mısır üretiminin ülkelere göre dağılımı

Gelişmiş ülkelerde ortalama mısır verimi 8–10 ton/ha iken, gelişmekte olan ülkelerde ise 0,3–0,5 ton/ha arasında değişmektedir. ABD, İtalya ve Fransa gibi ülkeler 9 ton/ha üzerindeki mısır verimi ile dünyada başı çeken ülkelerdir (Çizelge 10.). Türkiye birim alan verimi ise AB ülkeleri ve dünya ortalamasından daha yüksektir.

Çizelge 10. Dünyada en fazla mısır üreten ülkelerde mısır verimi (ton/ha)

ÜLKELER	2003	2004	2005	2006	2007
ABD	8,93	10,06	9,29	9,36	9,48
ARJANTİN	6,48	6,39	7,36	5,90	7,67
TÜRKİYE	5,00	5,50	7,00	7,11	7,04
AB (27)	5,42	7,16	7,05	6,54	6,30
ÇİN	4,81	5,12	5,28	5,38	5,41
BREZİLYA	3,72	3,37	3,04	3,38	3,73
MEKSİKA	2,75	2,82	2,93	3,00	2,88
HİNDİSTAN	2,04	1,91	1,94	1,91	2,16
DÜNYA	4,48	4,94	4,84	4,76	4,97

Kaynak: FAO 2009 [11]

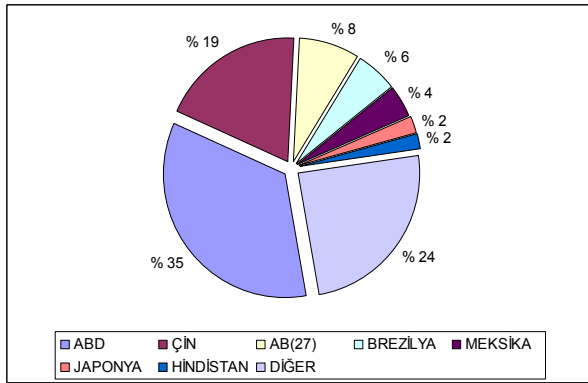
Dünyada Mısır Tüketimi ve Ticareti

Dünyada 2007 yılı verilerine göre mısır tüketimi 772 milyon ton olup, bunun yarısından fazlası (415 milyon ton) ABD ve Çin'de tüketilmektedir (Çizelge 11 ve Şekil 6). Bu ülkelerde mısırın sanayi hammaddesi olarak önemi gün geçtikçe artmaktadır. ABD tek başına dünyada üretilen mısırın %35'ünü tüketmektedir. Bu tüketimin yarısı hayvan yemi olarak kullanılırken, %23'ü biyo-etanol üretiminde yer almaktadır. Tüketimde ABD ve Çin'i Brezilya, Meksika, Japonya ve Hindistan gibi ülkeler takip etmektedir.

Çizelge 11. Dünya mısır tüketimi ve önemli tüketici ülkeler (bin ton)

ÜLKELER	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08*
ABD	211.640	224.650	231.580	230.790	266.840
ÇİN	128.400	131.000	137.000	143.000	148.000
AB(27)	46.810	51.700	48.900	61.100	61.600
BREZİLYA	36.300	38.500	39.000	41.000	42.500
MEKSİKA	26.400	27.900	27.900	30.300	33.300
JAPONYA	17.200	16.500	16.600	16.500	16.500
HİNDİSTAN	13.200	13.900	14.600	14.600	15.400
DİĞER	167.700	180.820	185.340	182.930	188.580
DÜNYA	647.650	684.970	700.920	720.220	772.720

Kaynak: TMO, 2007 hububat raporu [12]. *Tahmin Ocak 2008



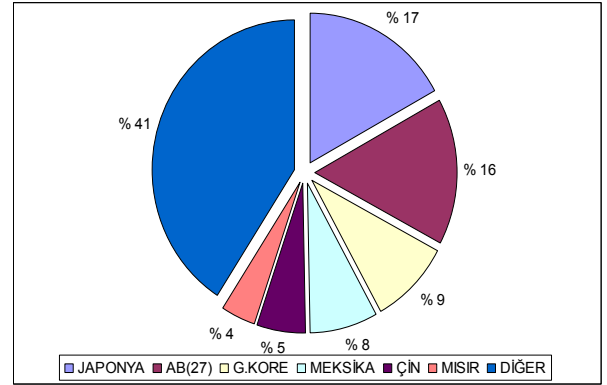
Şekil 6. Dünya mısır tüketiminin ülkelere göre dağılımı

Dünyada toplam 90 milyon ton civarında mısır ithalat ve ihracatı yapılmakta olup, en önemli mısır ithalatçısı ülkeler sırasıyla, Japonya, Güney Kore, Meksika, Mısır ve AB ülkeleridir (Çizelge 12). Dünya mısır ithalatının %17'sini tek başına Japonya gerçekleştirmekte olup, bunu sırasıyla 27 AB ülkesi, güney Kore, Çin ve Mısır takip etmektedir (Şekil 7). Son yıllarda biyo-etanol üretiminde mısır kullanımı artıkça özellikle gelişmiş ülkelerde mısıra olan talep yükselmektedir.

Çizelge 12. Dünya mısır ithalatı ve başlıca ithalatçı ülkeler (bin ton)

ÜLKELER	2002	2003	2004	2005	2006
JAPONYA	16.420	17.064	16.479	16.655	16.200
AB (27)	12.782	13.658	13.395	14.355	14.999
G.KORE	9.112	8.782	8.371	8.533	8.669
MEKSİKA	5.512	5.764	5.518	5.743	7.609
ÇİN	5.061	5.076	4.862	4.984	5.143
MISIR	4.720	4.052	2.429	5.094	3.769
DİĞER	50.423	35.261	31.842	32.690	38.898
DÜNYA	87.626	89.657	82.896	88.054	95.287

Kaynak: FAO 2009 [11]



Şekil 7. Dünya mısır ithalatının ülkelere göre dağılımı

Sahip oldukları mısır üretim potansiyelleri ile ABD, Arjantin ve Çin en önemli mısır ihracatçısı ülkeler olup, dünyada ticareti yapılan mısırın %61'i ABD tarafından ihraç edilmektedir. Bunu, dünya mısır üretiminde 6. sırada olan Arjantin izlemektedir (Çizelge 13; Şekil 8). ABD ve Arjantin'de mısır üretiminde ve ihracatındaki artışta son yıllarda üretim zincirine giren genetiği değiştirilmiş (GD) mısırın etkisinin önemli olduğu belirtilmektedir.

Çizelge 13. Dünya mısır ihracatı ve başlıca ihracatçı ülkeler (bin ton)

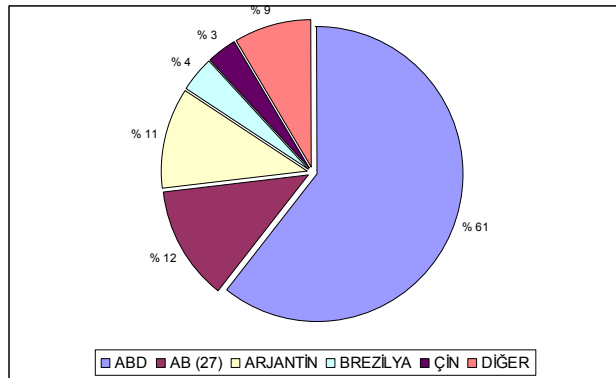
ÜLKELER	2002	2003	2004	2005	2006
ABD	47.685	43.411	48.741	45.369	57.884
AB (27)	12.374	10.641	10.067	12.619	11.901
ARJANTİN	9.483	11.912	10.692	14.643	10.400
BREZİLYA	2.746	3.566	5.030	1.070	3.937
ÇİN	11.673	16.399	2.318	8.611	3.070
DİĞER	3.509	4.780	6.327	8.107	8.202
DÜNYA	87.470	90.709	83.175	90.419	95.394

Kaynak: FAO 2009 [11]

Çizelge 14. ABD'nin mısır ihraç ettiği başlıca ülkeler (bin ton)

Ülke	2002	2003	2004	2005	2006
Japonya	14.383	14.611	15.510	15.950	15.108
Meksika	5.288	5.682	5.885	6.335	8.767
Tayvan	4.053	4.742	4.338	4.652	4.329
G. Kore	272	3.660	2.102	5.586	4.042
Mısır	2.685	3.198	3.853	4.045	3.376
Kolombiya	1.598	1.781	2.044	2.704	3.247
Kanada	3.945	2.028	2.374	1.881	2.049
Suriye	517	783	1.291	829	1.470
Dom. Cum.	937	809	988	1.034	1.202
Cezayir	897	1.269	1.072	1.234	854
İsrail	267	1.176	422	620	800
Guatemala	417	537	655	718	747
Fas	77	712	825	1.093	699
Kosta Riko	529	565	547	682	621
El Salvador	339	482	510	499	538
Küba	230	473	449	421	537
Venezüella	608	652	182	173	515
Tunus	122	618	209	394	458

Kaynak: ABD Ticaret Bakanlığı [4]

**Şekil 8.** Dünya mısır ihracatının ülkelere göre dağılımı

Dünya mısır ihracatının %61'ini gerçekleştiren ABD'nin en fazla mısır ihraç ettiği ülkelerin başında Japonya gelmektedir. Japonya ABD'den yıllık 15 milyon ton gibi çok yüksek miktarda mısır ithal etmektedir. Japonya hemen hemen ithal ettiği mısırın tamamını bu ülkeden karşılamaktadır. Japonya'yı Meksika, Tayvan, Güney Kore ve Mısır gibi ülkeler takip etmektedir (Çizelge 14).

Türkiye'de Mısır Üretimi

Mısır ülkemizde gerek ekim alanı gerekse üretim miktarı

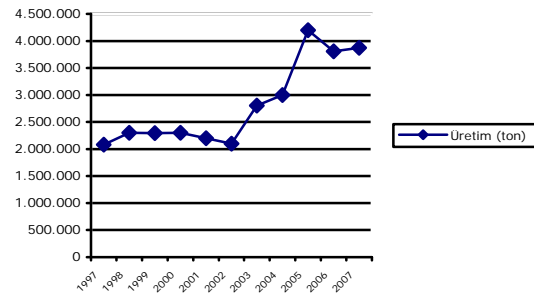
ile buğday ve arpadan sonra gelen önemli bir tahıl cinsidir. Yıllara göre Türkiye'de mısır ekim alanı, üretimi ve verimi Çizelge 15'te verilmiştir. Son yıllarda mısır ekim alanlarında bir artış olmadığı görülmektedir. Türkiye'de ortalama 550 bin ha alanda mısır üretimi yapılmaktadır. Mısır verimi ve buna bağlı olarak üretim miktarında son yıllarda önemli artışlar olmuştur (Şekil 9). 2007 yılında 3,87 milyon ton mısır üretimi yapılmıştır. Son 10 yılda mısırdaki iki katına yakın verim artışı göze çarpmaktadır. Bu artışta melez gücü yüksek hibrit çeşit kullanım oranının artması, modern mısır üretim tekniklerinin uygulanması ve mısır tarımının sulanan alanlara kaydırılması etkili olmuştur. Ülkemiz mısır birim alan verimi (7,11 ton/ha) dünya ortalamasının (4,74 ton/ha) çok üzerinde olmakla birlikte, ABD, Kanada, Arjantin ve bazı AB ülkelerinin (8–10 ton/ha) gerisinde kalmaktadır.

Ülkemizde mısır ikinci ürün olarak çok önemli bir potansiyele sahip olup, mısır üretiminin önemli bir kısmının ikinci üründen elde edildiği ifade edilmektedir [13]. Özellikle Çukurova ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde buğday ve arpa hasadından sonra boş bırakılan alanlar ikinci ürün mısır üretimiyle değerlendirilmekte ve çiftçi ile ülke ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır.

Çizelge 15. Türkiye'de mısır ekim alanı, üretim ve verimi

Yıllar	Ekim alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (ton/ha)	Yıllar	Ekim alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (ton/ha)
1930	378.501	470.744	1,24	1993	550.000	2.500.000	4,54
1935	409.361	456.333	1,12	1994	485.000	1.850.000	3,81
1940	509.990	757.309	1,49	1995	515.000	1.900.000	3,69
1945	510.071	294.736	0,58	1996	550.000	2.000.000	3,64
1950	593.161	627.987	1,06	1997	545.000	2.080.000	3,82
1955	706.000	855.000	1,21	1998	550.000	2.300.000	4,18
1960	695.000	1.090.000	1,57	1999	518.000	2.297.000	4,43
1965	650.000	945.000	1,45	2000	555.000	2.300.000	4,14
1970	648.000	1.040.000	1,60	2001	550.000	2.200.000	4,00
1975	600.000	1.200.000	2,00	2002	525.000	2.100.000	4,20
1980	583.000	1.240.000	2,13	2003	550.000	2.800.000	5,00
1985	567.000	1.900.000	3,35	2004	545.000	3.000.000	5,50
1990	515.000	2.100.000	4,08	2005	600.000	4.200.000	7,00
1991	518.000	2.180.000	4,21	2006	536.000	3.811.000	7,11
1992	525.000	2.225.000	4,24	2007	550.000	3.875.000	7,04

Kaynak: TMO [12], TÜİK, FAO 2009 [11]

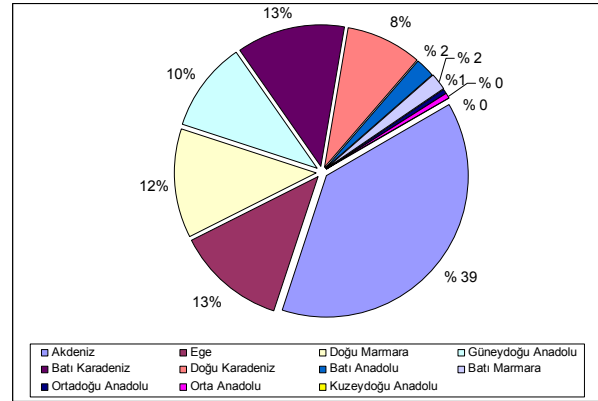
**Şekil 9.** Türkiye'de yıllara göre mısır üretimi

Türkiye’de mısır üretimi 1950’li yıllarda en fazla Karadeniz ve Marmara Bölgelerinde yapılırken, son yıllarda bu üretim büyük oranda Akdeniz Bölgesine kaymıştır [13] (Çizelge 16; Şekil 10-11). 2007 yılında ülkemizde üretilen mısırın neredeyse yarısı Akdeniz bölgesinden elde edilmiştir (Şekil 11). Üretim miktarı olarak Akdeniz bölgesini Ege, Doğu Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri takip etmektedir. Karadeniz bölgesinde mısır ekim alanı oldukça fazla iken (108.255 hektar), üretim miktarı (263.801 ton) son derece düşüktür. Bunun en büyük nedeni bu bölgemizde mısır birim alan veriminin son derece düşük olmasıdır. Aynı şekilde Kuzeydoğu Anadolu bölgemizde de birim alan verimi oldukça düşüktür. İklim verim düşüklüğünde başlıca etmen olurken; toprak yapısı, arazilerin parçalı oluşu ve hibrit çeşit kullanılmaması gibi nedenler de düşük verimin başlıca sebepleridir. En yüksek birim alan verimi ise Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinden elde edilmektedir. Bu bölgemizin birim alan verimi Karadeniz ve Kuzeydoğu Anadolu bölgemizdeki mısır veriminden yaklaşık 3,5 kat daha fazladır. Diğer bölgelerimizde de mısır birim alan verimi oldukça yüksektir.

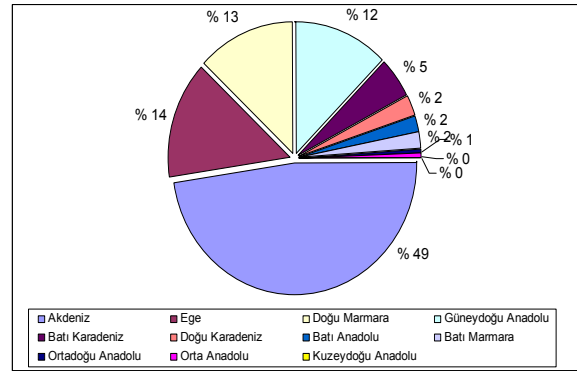
Çizelge 16. Türkiye’de bölgelere göre mısır ekim alanı, üretim ve verimi (2007)

Bölgeler	Ekim alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (ton/ha)
Akdeniz	197.867	1.681.714	8,50
Ege	65.582	511.900	7,81
Doğu Marmara	64.547	456.423	7,07
Güneydoğu Ana.	53.079	439.702	8,28
Batı Karadeniz	64.726	179.028	2,77
Doğu Karadeniz	43.529	84.773	1,95
Batı Anadolu	11.671	76.665	6,57
Batı Marmara	10.150	68.190	6,72
Ortadoğu Ana.	3.188	19.545	6,13
Orta Anadolu	2.119	15.592	7,36
Kuzeydoğu Anadolu	498	1.478	2,97

Kaynak: TÜİK [14]



Şekil 10. Türkiye’de bölgelere göre mısır ekim alanı oranları (2007).



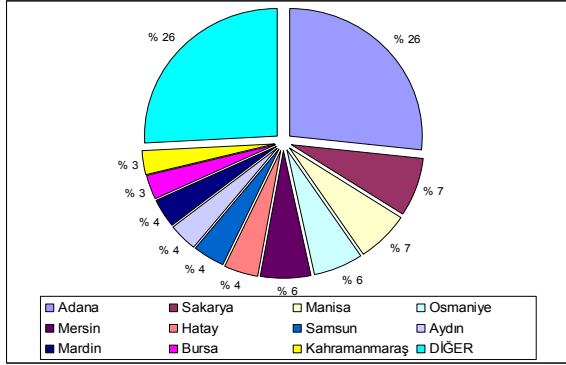
Şekil 11. Türkiye’de bölgelere göre mısır üretim oranları (2007).

Türkiye’nin hemen her ilinde mısır yetiştirilmektedir. Özellikle Adana ilimiz ekim alanı, üretim ve verim bakımından çok önemli bir yere sahiptir. Adana ülkemiz toplam mısır ekim alanlarının %20’sine sahipken, mısır üretiminin de %26’sı bu ilimizde gerçekleşmektedir (Çizelge 17 ve Şekil 12). Çukurova bölgesinde 2002 ve 2003 yıllarında %70 oranında ikinci ürün mısır üretimi yapılırken, bu gün bu oranının mısır kurdu ve koçan kurdu zararından dolayı %30’lara kadar gerilediği ifade edilmektedir. Birim alan verimi açısından Adana Türkiye ortalamasının çok üzerinde olup, ABD mısır veriminden de yüksektir. Mısır üretim miktarı yönüyle ülkemizde Adana ilimizi Sakarya, Manisa ve Osmaniye gibi illerimiz takip etmektedir. Birim alan başına en yüksek verim Ege Bölgesindeki illerimizde gerçekleşirken, bu illeri Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ndeki illerimiz takip etmektedir. En düşük birim alan verimi ise Karadeniz bölgesi’ndeki illerimizde gerçekleşmektedir (Çizelge 17).

Çizelge 17. Türkiye’de illere göre mısır üretimi (2006)

İller	Ekim Alanı (ha)	Üretim (Ton)	Verim (ton/ha)
Adana	109.876	1.014.235	9,66
Sakarya	42.170	283.465	6,72
Manisa	22.450	249.127	11,10
Osmaniye	29.517	234.947	7,96
Mersin	24.940	230.422	9,24
Hatay	18.727	157.923	8,43
Samsun	29.532	146.124	4,95
Aydın	14.022	140.910	10,05
Mardin	15.590	137.032	8,79
Bursa	14.270	119.917	8,40
Kahramanmaraş	12.192	116.455	9,62
Denizli	12.471	89.490	7,18
Şanlıurfa	10.876	88.013	8,09
Izmir	8.643	78.885	9,13
Antalya	8.931	65.616	7,35
Düzce	9.355	59.839	6,40
Trabzon	20.757	55.416	2,67
Konya	7.918	51.577	6,51
Diğer	5.041	44.014	8,73
Gaziantep	4.464	41.416	9,28
Kocaeli	6.030	37.995	6,30
Karaman	4.233	34.094	8,05
Zonguldak	15.770	29.938	1,90
Kırklareli	3.203	25.046	7,82
DİĞER	85.272	279.104	3,27
TOPLAM	536.000	3.811.000	7,11

Kaynak: TÜİK [14]

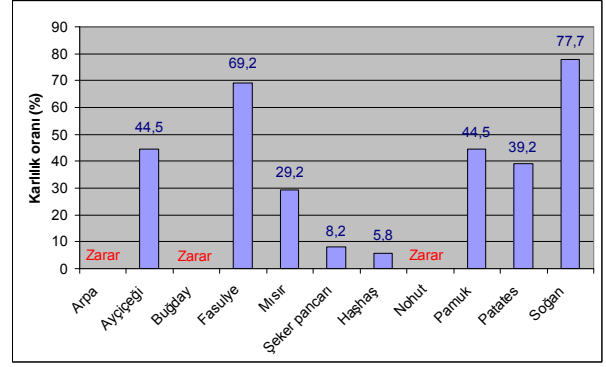
**Şekil 12.** Türkiye mısır üretiminin illere göre dağılımı

Son yıllarda Konya, Niğde ve Kayseri gibi illerde şeker pancarı üretim alanlarında mısır üretimi yaygınlaşmaya başlamış olup; arpa, buğday, şeker pancarı, haşhaş ve nohut tarımından daha karlı hale gelmiştir (Çizelge 18; Şekil 13). Bu alanlarda sağlamış olduğu bu karlılıkla mısır, daralan şeker pancarı ekim alanları ve ekim nöbeti için önemli bir alternatif bitki olabileceğini kanıtlamıştır.

Çizelge 18. Şeker pancarı üretim bölgelerinde mısırın diğer ürünlerle karşılaştırmalı maliyet-geri hesaplaması.

Bitki	Üretim Masrafı (TL/ha)	Verim (ton/ha)	Net Gelir (TL/ha)	Karlılık Oranı (%)
Arpa	1057	2,69	-1056	Zarar
Ayçiçeği	1430	2,00	636	44,5
Buğday	1410	3,04	-88	Zarar
Fasulye	2400	2,32	1660	69,2
Mısır	3220	9,79	941	29,2
Ş.pancarı	3760	40,92	307	8,2
Haşhaş	2277	0,74	132	5,8
Nohut	1436	0,56	-204	Zarar
Pamuk	4011	4,83	1786	44,5
Patates	5631	29,46	2205	39,2
Soğan	5564	46,41	4321	77,7

Kaynak: Türkiye Seker Fabrikaları A.S. Yıllık Raporu, 2007 (Arnoğlu, 2008 [13]’den alınmıştır).

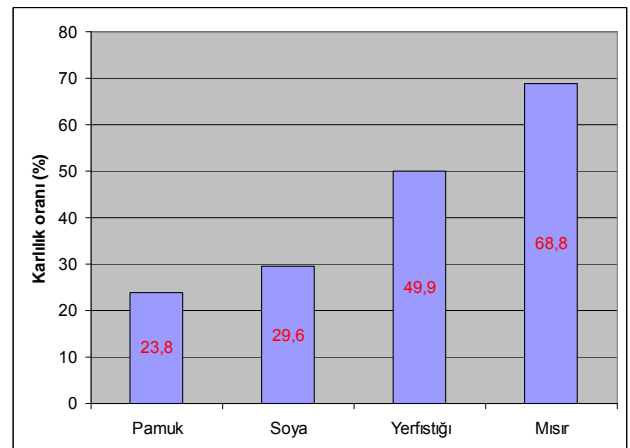
**Şekil 13.** Şeker pancarı üretim bölgelerinde mısırın diğer ürünlerle karşılaştırmalı karlılık oranı.

En fazla mısır üretimin yapıldığı Çukurova bölgesinde kendisine alternatif olabilecek bitkilerle karşılaştırıldığında en karlı bitki mısır olmuştur (Çizelge 19; Şekil 14). Yapılan ekonomik analizde mısır bitkisinin, bölgede en fazla üretilen pamuk başta olmak üzere soya ve yerfıstığından üreticiye daha fazla gelir sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca, ikinci ürün için de uygun olması bu bölge için önemini daha da artırmıştır.

Çizelge 19. Çukurova Bölgesinde mısırın diğer ürünlerle karşılaştırmalı maliyet-geri hesaplaması.

Bitki	Üretim Masrafı (TL/ha)	Verim (ton/ha)	Ürün Fiyatı (TL/kg)	Bürüt Gelir (TL/ha)	Karlılık Oranı (%)
Pamuk	3690	4810	0,95	4570	23,8
Soya	1890	3500	0,70	2450	29,6
Yerfıstığı	3350	3350	1,50	5020	49,9
Mısır	3041	11410	0,45	5134	68,8

Kaynak: Adana İl Tarım Müdürlüğü verileri, 2007 (Arnoğlu, 2008 [13]’den alınmıştır).

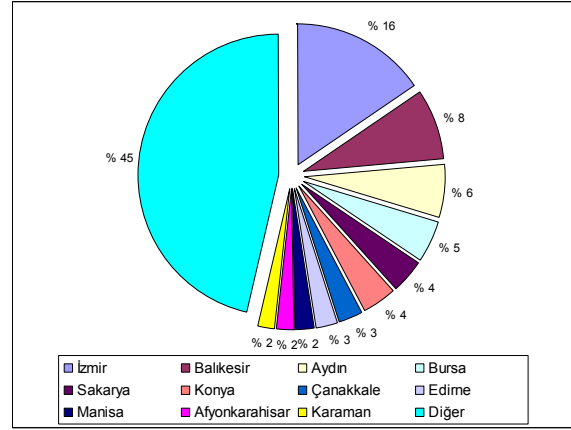
**Şekil 14.** Çukurova Bölgesinde mısırın diğer ürünlerle karşılaştırmalı karlılık oranı.

Mısır dane üretiminde olduğu gibi, ülkemizin hemen her ilinde silaj ve hasıl amaçlı mısır üretimi gerçekleştirilmektedir. Özellikle son yıllarda gelişen büyük baş besi hayvancılığı ile birlikte birim alan verimi oldukça yüksek olan silajlık ve hasıl mısır üretiminde çok önemli artışlar olmuştur. Bu amaçla en fazla mısır üretimi İzmir, Balıkesir ve Aydın gibi Ege Bölgesi illerinde gerçekleştirilmekte olup, bu bölgemizde son yıllarda hayvancılıkta da önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Ülkemizde silajlık mısırın %16'sı tek başına İzmir ilimizde üretilmektedir (Çizelge 20 ve Şekil 15). Ege bölgesindeki illerden sonra en fazla silajlık mısır üretimi Marmara Bölgesi'nde yoğunlaşmaktadır. Yine İç ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde de silaj ve hasıl amaçlı mısır üretiminde önemli gelişmeler olmaktadır.

Çizelge 20. Türkiye'de illere göre silaj/hasıl mısır üretimi (2006)

İller	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)
İzmir	34.171	1.641.785
Balıkesir	21.157	839.345
Aydın	13.849	629.602
Bursa	11.242	495.626
Sakarya	11.360	417.900
Konya	9870	401.126
Çanakkale	5.480	293.040
Edirne	5.727	265.895
Manisa	6.524	236.003
Afyonkarahisar	3.670	212.340
Karaman	5.057	201.395
Kütahya	3.772	175.480
Muğla	4.744	159.899
Antalya	3.375	158.625
Kırklareli	3.945	149.785
Tekirdağ	5.664	149.763
Tokat	3.411	149.327
Kayseri	3.122	135.632
Burdur	3219	132.420
Osmaniye	2944	128.276
Amasya	2623	128.479
Ankara	2.376	117.600
Adana	2.314	114.045
Elazığ	2.564	100.778
DİĞER	87.144	3.068.670
TOPLAM	259.324	10.502.836

Kaynak: TÜİK [14]



Şekil 15. Türkiye silaj/hasıl mısır üretiminin illere göre dağılımı

Türkiye'de Mısır Tüketimi ve Ticareti

Dünyada 2007 yılı verilerine göre mısır tüketimi 785 milyon ton olup, Türkiye'nin yıllık mısır tüketimi ise 4,6 milyon ton civarındadır. Bu tüketimin yaklaşık %65-70'i hayvan beslemede kullanılırken, %20'sinin şeker, nişasta ve yağ sanayinde, geri kalan kısmının ise gıda ve diğer amaçlar için kullanıldığı tahmin edilmektedir. Çizelge 21'da Türkiye'nin yıllar itibariyle mısır tüketim miktarları verilmiştir. Çizelge'de görüldüğü gibi ülkemiz mısır tüketimi son 10 yılda %50 oranında bir artış göstermiştir. Yıllara göre değişmekle birlikte Ülkemizin mısır üretim ve tüketim miktarları karşılaştırıldığında ortalama bir milyon tonluk bir açık gözlenmekte olup, bu açık ithalat ile karşılanmaktadır (Çizelge 22).

Çizelge 21. Türkiye'nin yıllar itibariyle mısır tüketimi (bin ton)

Yıllar	Talep	Yıllar	Talep	Yıllar	Talep
1993	2.551	1998	3.060	2003	3.340
1994	1.783	1999	3.130	2004	4.314
1995	2.521	2000	3.243	2005	4.000
1996	1.897	2001	2.750	2006	4.000
1997	2.925	2002	3.264	2007	4.600

Kaynak: TMO [12]

Çizelge 22. Türkiye'nin toplam mısır ithalatı ve değerleri

Yıllar	Miktar (ton)	Değer (bin dolar)	Ort. İthal fiyatı (\$/ton)
1995	623.660	91.477	146,7
1996	897.440	175.688	195,8
1997	853.809	130.393	152,7
1998	769.246	97.514	126,8
1999	839.095	98.176	117,0
2000	1.286.190	146.887	114,2
2001	537.481	65.635	122,1
2002	1.179.937	133.754	113,4
2003	1.818.458	276.182	151,9
2004	1.049.744	190.477	181,5
2005	218.058	47.335	217,1
2006	30.579	12.701	415,3
2007	1.128.455	269.337	238,7

Kaynak: DTM [15]

Türkiye'nin düşük miktarlarda da olsa zaman zaman mısır ihraç ettiği yıllar olmuştur. En fazla mısır ihracatı 2005 ve 2006 yıllarında sırasıyla 127 ve 176 bin ton civarında gerçekleşmiştir. Diğer yıllarda mısır ihracatımız 10 bin tonun altında kalmıştır. Yıllara göre değişmekle birlikte Türkiye'nin mısır ithal ettiği ülkelerin başında ABD ve Arjantin gelmektedir (Çizelge 23). Öte yandan ABD ve Arjantin'de üretilen mısırın sırasıyla %80 ve %65'i GD mısır çeşitlerinden oluşmaktadır. Özellikle son yıllarda Ülkemize Ukrayna, Macaristan, Romanya ve Bulgaristan'dan da önemli miktarda mısır ithal edilmektedir. Yine bu ülkelerden Romanya'da da GD mısır üretimi yapılmaktadır.

Çizelge 23. Türkiye'nin mısır ithal ettiği başlıca ülkeler ve miktarı (ton)

Ülke	2003	2004	2005	2006	2007
Fransa*	21.432	24.105	208	184	384
İtalya	25	585	311	389	113
İspanya*	213	4.517	399	212	84
Macaristan	163.621	45.361	32.043	34	131.064
Romanya*	40.227	27.451	78.214	5.802	97.338
Bulgaristan	37.508	14.329	6.437	0	93.262
Ukrayna	42.856	47.794	41.755	7.725	268.598
Moldova	2.407	2.597	7.835	4.820	8.068
Hırvatistan	7.809	95	145	11	5.997
Sırbistan	0	0	0	113	19.739
G. Afr. Cum.*	215	107	65	228	0
A.B.D.*	1.113.684	682.471	15.030	1.661	366.815
Brezilya*	31.352	0	0	0	0
Arjantin*	356.753	197.460	35.013	9.262	136.150

*GD mısır üreten ülkeler Kaynak: DTM [15]

Türkiye farklı ülkelerden tohumluk amaçlı önemli miktarlarda mısır ithal etmektedir. Yine tohumluk olarak mısır ithal ettiğimiz ülkelerin başında ABD gelmekte olup, bu ülkeden 2007 yılında 636 ton mısır tohumu ithal edilmiştir. ABD'den sonra sırasıyla en fazla tohumluk ithalatı Şili, Fransa ve Sırbistan'dan yapılmıştır (Çizelge 24).

Çizelge 24. Ülkelere göre ithal edilen tohumluk mısır miktarı (2007)

Ülke	Toplam ithalat Miktar (ton)	Diğer Miktar (ton)	Tohumluk Miktar (ton)
Fransa*	384	0.6	383
İtalya	113	0	113
İspanya*	84	0	84
Macaristan	131.064	130.953	111
Romanya*	97.338	97.271	67
Bulgaristan	93.262	93.262	0
Ukrayna	268.598	268.598	0
Moldova	8.068	8.068	0
Hırvatistan	5.997	5.984	13
Sırbistan	19.739	19.494	245
A.B.D.*	366.815	366.179	636
Şili*	619	0	619
Arjantin*	136.150	136.145	4

*GD mısır üreten ülkeler Kaynak: DTM [15]

TÜRKİYE'DE MISIR TARIMININ GENEL SORUNLARI

Ülkemizde diğer ürünlerde olduğu gibi mısır tarımında da önemli sorunlar bulunmaktadır. Belki de bunların en önemlileri girdi maliyetlerinin (özellikle de akaryakıt, ilaç, tohum ve gübre) çok yüksek olması ile mısır taban ve piyasa fiyatının çok düşük olmasıdır. Bundan dolayı üretici mısır ekimi yapmadan önce her zaman zarar etme endişesini taşımaktadır. Düşük kar ve zarar etme endişesi Türkiye'de mısır üretiminin gelişmesini büyük ölçüde engellemektedir.

Yüksek bir enerji stokuna sahip olan ve çok hızlı büyüyen mısır bitkisinden istenilen verimin alınabilmesi için yağışın yetersiz olduğu dönemlerde mutlaka sulanması gerekmektedir. Sıcak mevsimde yetişen ve suya fazla ihtiyaç duyan mısır bitkisi 1 kg dane üretimi için yaklaşık 750-900 kg su kullanmaktadır [1]. Tepe püskülü oluşumuna kadar nispeten kuraklığa tolerans gösteren mısır, tepe püskülü oluşumundan sonra meydana gelen kuraklık ve nem yetersizliği verimini önemli ölçüde düşürmektedir. Özellikle son yıllarda ülkemizde yaşanan kuraklık nedeniyle su kaynaklarındaki azalma mısır tarımını da etkiler hale

gelmiştir. Yine yüksek nispi neme sahip olan ve erken sonbahar yağışları alan bölgelerimizde de özellikle geççi ve yüksek verimli çeşitlerin hasadında ve hasat edilen danenin kurutulmasında problemler yaşanmaktadır. Bu bölgelerde yine drenaj yetersizliği de bir diğer sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mısır danelerinde olgunlaşma tamamlandığında danedeki nem oranı %30–35 civarındadır. Bu dönemde mısır elle hasat için uygun olmasına karşın, danelerin yumuşak olması nedeniyle makineli hasat için uygun değildir. Makineli hasat için danedeki en uygun nem oranı %25 olup, danedeki nem oranının düşmesini beklemek hasat kayıplarını artırmaktadır. Hasattan sonra uzun süreli depolama için mısır danesindeki nem oranının kurutma işleminden geçirilerek %13'e düşürülmesi gerekmektedir. Nem oranı düşürülmeden mısır uygun olmayan koşullarda depolandığı zaman mikotoksinlerin üretiminden dolayı önemli riskler ortaya çıkabilmektedir. Ülkemizde kurutma ve depolama mısırın maliyetini önemli ölçüde artırmakta ve bundan dolayı da ithal mısır çok daha ucuza mal olabilmektedir.

Yukarıda belirtilen sorunlar yanında mısır tarımında yabancı otlar ile hastalık ve zararlılar da önemli sorunlar oluşturmakta ve önlemler alınmadığı takdirde çok büyük verim kayıplarına neden olabilmektedir.

Yabancı Otlar

Yabancı otlar hem tohumla ve hem de vejetatif yollarla yüksek bir çoğalma hızına sahiptirler. Horozibiği ve sirken gibi yabancı otlar uygun şartlarda bitki başına yüz bin adet tohum üretebilmekte ve tohumlarında toprakta otuz yıla yakın canlı kalabilmektedir. Bundan dolayı tarım alanlarında uygun şartlar oluştuğunda her zaman çimlenmeye hazır korkunç sayıda yabancı ot tohumu bulmak mümkündür. Yabancı otlar kültür bitkileriyle su, ışık, besin maddeleri, karbondioksit ve yer açısından rekabet etmeleri yanında pek çok patojene de konukçuluk ederek kültür bitkilerinde verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır. Yabancı otların dünya genelinde neden olduğu ürün kaybı ortalama %15–20 dolayında olup, Türkiye'de bu oranın % 25–35 arasında değiştiği tahmin edilmektedir.

Uygun mücadele yapılmadığı takdirde mısır tarımında yabancı otlar, tohum ve yeşil aksam verimi ile ürün kalitesinin düşmesine ve hasadın güçleşmesine neden olmaktadır. Mısırın çıkış ve gelişme devresinde yabancı otlarla rekabeti çok zayıf olduğu için özellikle erken çimlenip gelişen yabancı otların mısırdaki ürün kayıplarını

önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Gelişkin bir mısırın güçlü bir yabancı ot direnci olmasına rağmen, erken dönemlerde bu rekabetten çok uzaktır. Ekimden itibaren ilk 2 aylık devre yabancı ot rekabetinin en fazla olduğu dönemdir. Yabancı otların mısır tarımında dolaylı zararları da söz konusudur. Yabancı otlar, mısır dane kalitesinin düşmesine, tohumluk değerinin azalmasına, teknolojik özelliklerinin bozulmasına, ürün içinde bulunan yabancı ot tohumlarının una karışarak undan yapılan maddelerin renk koku ve tadını bozulmasına ve bazen de zehirlenmelere yol açmaktadır. Ayrıca yabancı otların hasadı güçleştirmeleri, birçok mısır hastalık etmeni ve zararlıları için konukçuluk etmeleri yabancı otların diğer zararlarıdır. Mısırdaki yabancı ot kontrolü için geliştirilmiş mısıra özel çok sayıda herbisit bulunmaktadır. Bunlar, mekanik yöntemler ile kombine edildiğinde çok olumlu sonuçlar alınabilmektedir. Dünyada ve Türkiye mısır üretim bölgelerinde görülen yabancı ot türleri, Çizelge 25'te verilmiştir [1].

Çizelge 25. Mısır yetiştirilen alanlarda görülen başlıca yabancı ot türleri

<i>Abutilion theophrasti</i>	Güzel hatmi
<i>Agropyron repens</i> L.	Adi ayrık
<i>Amaranthus</i> spp.	Horozibiği
<i>Ambrosia</i> spp.	Kanarya otu
<i>Asclepias syriaca</i> L.	Çayır sütünotu
<i>Brassica kabera</i>	Yabancı hardal
<i>Chenopodium</i> spp.	Sirken, kazayağı
<i>Cirsium arvense</i> L.	Köygöçüren
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Tarla sarmaşığı
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Sarı topalak
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Topalak
<i>Digitaria ischaemum</i>	Tüysüz şeytan otu
<i>Digitaria</i> spp.	Su ayrığı, çata lotu
<i>Echinochloa collonum</i> L.	Benekli darıcan
<i>Echinochloa crusgalli</i> L.	Darıcan
<i>Helianthus annuus</i> L.	Yabancı ayçiçeği
<i>Ipomoea</i> spp.	Gecesefası, sarmaşık
<i>Panicum</i> spp.	Akdarı, darı
<i>Polygonum</i> spp.	Çobandeğneği
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Semizotu
<i>Prosopis stephaniana</i> kunt.	Çeti
<i>Seteria faberi</i> L.	Tilkikuyruğu
<i>Seteria foxtail</i> L.	Sarı tilkikuyruğu
<i>Seteria viridis</i> L.	Yeşil tilkikuyruğu
<i>Solanum nigrum</i> L.	Kepek üzümü
<i>Sorghum halepense</i> L.	Geliç, kanyaş
<i>Xanthium pensylvanicum</i>	Pıtrak
<i>Xanthium strumarium</i> L.	Pıtrak (Sırça otu)

Kaynak: Kırtok 1998 [1]

Hastalıklar

Dünya’da buğday, mısır, çeltik, pamuk ve soya gibi önemlik kültür bitkilerinde hastalık, zararlı ve yabancı otlardan dolayı ürün kaybı %67,15 olup, bunun %13,75’inin hastalıklardan kaynaklandığı bildirilmiştir [16]. Hastalıklara dayanıklı çeşitler geliştirilmesi, kültürel önlemler ve kimyasal mücadeleye rağmen dünyada ve Türkiye’de mısır üretim alanlarında görülen hastalıklar da, mısır verimini ve üretim alanlarını kısıtlamaktadır. Türkiye’de hastalıklardan dolayı mısırdaki yıllık verim kaybının %10–20 arasında değiştiği tahmin edilmektedir. Mısırdaki az veya çok etkili olan altmışın üzerinde hastalık bulunmaktadır. Bu hastalıkları bitkinin farklı gelişme dönemlerinde ve organlarında görülme durumlarına göre sınıflandırmak mümkündür. Tohum ve fide hastalıkları; tohum ve toprakla taşınmakta olup, tohumun çürümesine ve fidenin hastalanıp zarar görmesine neden olabilmektedir. Bu gruba giren en önemli hastalıklar fide solgunluğu (*Helminthosporium maydis*), tohum çürüklüğü (*Aspergillus* spp ve *Gibberella zea*) ve fide yanıklığı (*Penicillium oxalicum*)’dır. Yine, *Pythium* spp, *Nigrospora oryzae*, *Fusarium moniliforme* ve *Diplodia maydis* gibi fide patojenleri sap, koçan ve tane çürüklüklerine de neden olabilmektedir.

Sap ve Koçan çürüklüğü hastalıklarının önemli bir kısmı aynı etmenler tarafından oluşturulmaktadır. Mısır hastalıkları içerisinde en fazla ürün kaybına neden olan etmenlerdir. Dane olum döneminde bitki bu hastalıklara yakalanmışsa bitkilerde yatma gözlenmekte dane verim ve kalitesi düşmektedir. En fazla zarar yapan sap ve koçan hastalıkları yaprak antraknozu (*Colletotrichum graminicola*), sap çürüklükleri (*Gibberella zea*, *Fusarium graminearum* ve *Diplodia maydis*), mısır راستığı (*Ustilago zea*) ve koçan çürüklükleri (*Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Physalospora* ve *Rhizoctonia*)’dır.

Mısır yaprak hastalıkları yüksek sıcaklık ve nem ile yağışın bol olduğu mevsimlerde kendisini göstermektedir. Bitkide ve verimde oluşacak zarar hastalığın yoğunluğuna ve bitkinin gelişme dönemine bağlıdır. Bitki yaprak hastalıklarına erken dönemlerde yakalandığında yeşil yaprak alanının azalması neticesinde verim önemli ölçüde etkilenebilmektedir. Önemli yaprak hastalıklarını yaprak yanıklığı (*Helminthosporium turcicum* ve *Helminthosporium maydis*), yaprak lekesi (*Helminthosporium corbonum*), pas (*Puccinia*, *Physopelle zea*), külleme (*Sclerospora*, *Sclerophthora* ve *Pronosclerospora*) ve bakteriyel solgunluk

(*Erwinia stewarti*) şeklinde sıralamak mümkündür. Yukarıda belirtilen hastalıklar yanında zaman zaman viral hastalıklar ve nematodlar da mısır bitkisinde zarar yapabilmektedir.

Hastalıkla etkili bir mücadele için, ön koşul olarak hastalık etmeninin doğru teşhis edilmesi son derece önemlidir. Hastalıklarla mücadeleye başlamadan önce, hastalık ve zararlı etmeninin doğru teşhisi, zararın boyutunun ekonomik zarar eşiğine ulaşmış olup olmadığı, uygulanacak mücadelenin maliyeti, mücadele zamanı ve mücadele programının kombinasyonu konularına aşırı özen göstermek gerekmektedir. Mısır hastalık ve zararlılarıyla mücadelede çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Bunların en önemlisi dayanıklı çeşit ekimi ve ekim nöbeti gibi kültürel tedbirlerdir. Tohumdan bulaşan hastalıkların engellenmesi için tohuma ve tohumluk üretimi yapılan alanlarda koçan püskülü çıkmadan önce tarlaya fungusit uygulaması yaygın bir kimyasal mücadele yöntemidir.

Zararlı Böcekler

Daha önce de ifade edildiği gibi dünyada buğday, mısır, çeltik, pamuk, soya, gibi önemli kültür bitkilerinde hastalık, zararlı ve yabancı otlardan kaynaklanan ürün kaybının (%67.15) yarıya yakınına (%31.62) böcekler neden olmaktadır [16]. Mısır zararlıları bitkinin gelişme dönemleriyle ilgili olarak beş kısımda incelenebilir. İlk gelişme döneminde fidede beslenen zararlıların başlıcaları; tel kurtları (*Tenebroides* ve *Agroites* spp.), bozkurt veya kesici kurtlar (*Agrotis* spp.) ve mısır maymuncuğu (*Tanymecus dilaticollis* Gyll.)’dur. Yaprak ve yaprak helezonunda beslenen zararlılar içerisinde güz tırtılları (*Spodoptera frugiperda*), mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis* Hübner) ve mısır yeşil kurdu (*Heliothis armigera* Hbn) yer alırken, tepe ve koçan püskülünde beslenen zararlıların başlıcaları; mısır kök kurtları (*Diabrotica* spp), mısır yeşil kurdu (*Heliothis* spp.) ve mısır yaprak afiti (*Rhopalosiphum maidis* Fith)’dir. Koçanda beslenen zararlılar ise kokulu böcekler (*Nezara viridula*), mısır yeşil kurdu, güz tırtılları ve şark mısır kurdudur. Saptaki beslenen zararlılardan başlıcaları arasında şark mısır kurdu, mısır kök kurtları, sap kurdu (*Sesemia* spp.) ve güney batı mısır kurdu (*Diatraea grandiosella* Dyar.) sayılabilmektedir (Kırtok, 1998; <http://www.tarim.gov.tr/uretim/bitkisel/yetistircilik>). Mısır bitkisinin tarlada farklı organlarına zarar yapan böcekler yanında dikkatli olunmadığı takdirde depolama esnasında

dane kalitesi azaltan önemli sayıda depo zararlısı da bulunmaktadır.

Dünyada mısır bitkisinde az veya çok zarara neden olan 400 den fazla zararlı böcek türü bulunmasına rağmen, ülkemizde mısır tarımı ve üretimine en fazla zarar veren iki zararlı Lepidopter böcek türü **mısır kurdu** (*Ostrinia nubilalis* Hübner) ve **mısır koçan kurdu** (*Sesamia nonagrioides* Lefebvre)'dur. Bu iki zararlı mısırın kök sistemi dışında, bütün toprak üstü aksamında zarar yapmaktadır [17]. Mısır kurdu ABD, Avrupa ve Türkiye başta olmak üzere birçok ülkede etkili olurken, mısır koçan kurdu özellikle İspanya, Fransa, İtalya, Yunanistan ve Türkiye gibi Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde mısır üretimine önemli zararlar vermektedir [17-20]. Bundan dolayı mısır koçan kurdu "Akdeniz mısır kurdu" (Mediterran Corn Borer) olarak ta bilinmektedir.

Mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis*) ergini krem-sarı renkte olup, kanat genişliği 20–30 mm'dir. Nisan başında çıkan kelebekler yumurtalarını yaprakların alt yüzüne 20-25'lik kümeler halinde koymaktadır. Bir dişi genellikle 200 dolayında yumurta üretmekte ve yumurtadan larvalar nem ve sıcaklığa bağlı olarak 5–15 gün içerisinde çıkmaktadır. Yumurtadan çıkan genç larvaların bir kısmı ölümlü kalan kısmı çok sayıda bitkiye dağılır. İlk önce yaprak kınımlı delerek kıvrım halindeki genç yaprakların taban kısmıyla beslenmeye başlar. Daha sonra kın içerisindeki çiçek salkımı ile beslenir ve çiçeklenmeyle birlikte salkımı terk ederek yaprak koltuğu kısmından delerek gövdeye girer ve gövde, koçan ile erkek organda kendisine özgü galeriler açarlar. Oluşan bu galeriler nedeniyle zarar gören mısır bitkisi olgunlaşmadan tepe püskülü ve gövde kırılırken koçanlar da düşer. Orta şiddette bir zarar durumunda bile mısırdan dane kaybı %30'u bulabilmektedir. Hasatta bitki başına bir larvanın bulunması durumunda dahi çok önemli zararlar oluşabilir. Açılan galeriler ve yaralar fungal hastalıkların gelişmesine de önemli bir zemin hazırlar. Larva gelişme süresi yaklaşık olarak 30–35 gün dolayındadır. Olgun duruma gelen larvalar genellikle buldukları sap içinde pupa olurlar. Pupa süresi sıcaklık ve nemle ilgili olarak, genellikle 8–10 gün dolayında olabilmektedir. Akdeniz bölgesinde zararlı 3 döl verebilmektedir [17,20]. Mısır Kurdu Karadeniz, Marmara, Ege ve Güney bölgelerimizde yaygın durumdadır.

Mısır koçan kurdu (*Sesamia nonagrioides*) ergin

Kelebeklerin kanat açıklığı 30–40 mm arasında olup, renkleri genellikle sarımsı gri renktedir. Bir dişi bir kaç kez olmak üzere kümeler halinde ortalama 200'ün üstünde yumurta bırakabilir. Yumurtadan çıkan larvalar birkaç gün toplu halde buldukları yerde beslendikten sonra, gövde veya koçan içine girerler. Larvalar 6–7 gömlek değişiminden sonra olgun hale gelir ve beslenmeden kesilirler. Olgun larvalar buldukları sap ve koçan içinde meydana getirdikleri odacıklarda pupa evresine geçerler. Mısır koçan kurdu kışı daha çok gövde veya koçanlar içerisinde olgun larva döneminde geçirmekte ve ülkemizde 4–5 döl verebilmektedir [17,19,21]. Larvalar mısırın yapraklarında, saplarında ve koçanlarında çok büyük zarar yaparlar. Bitkilerinin genç dönemlerinde gövde içinde beslenen larvalar daha sonra gelişme konisinden çıkarak yapraklara zarar verirler. Yaprak kınımlı iç yüzeyinde yaklaşık iki gün beslenen larvalar buldukları yerden gövdeye girerek galeriler oluşturur ve beslenmelerini sürdürürler. Koçanları saran yaprak kınımlarının iç tarafına bırakılan yumurtalardan çıkan larvalar ise koçan içine girerek süt olum evresindeki daneleri yemek ve galeriler açmak suretiyle zarar verirler. Koçan üzerinde beslenen larvaların çıkardığı dışkı bakteri gelişimini de teşvik ederek tüm koçanın zarar görmesine neden olur. Mısır koçan kurdu ülkemizde Karadeniz, Ege, Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde bulunmaktadır.

Mısır kurdu ve koçan kurdu ile kimyasal mücadele yapılmadığı takdirde %100'e varan larva bulaşıklığı gözlenebilmekte olup, ürün kaybı birinci ürün mısırdan %10'a geç ekilen ve ikinci ürün mısırdan ise %100'e çıkabilmektedir [17,18,22,23]. Üç defa koruma amaçlı ilaçlı mücadele yapılmasına rağmen ikinci üründe bulaşıklık %90'lara ulaşabilmekte ve ilaçlı mücadeleye rağmen %30'lara varan dane kaybı yaşanabilmektedir [17]. Adana bölgesinde %65 oranında ikinci ürün mısır ekimi yapıldığı dikkate alındığında zararın ekonomik boyuta oldukça yüksektir [24]. Bu bölgede 1990'lı yıllarda mısır kurdu oranı mısır koçan kurduna göre daha yüksek iken, günümüzde koçan kurdunun oranı %70'e kadar çıkmıştır. Bunun nedeninin mısır kurdu doğal yumurta parazitoidinin üretilerek çiftçilere dağıtılmasıdır. Diğer taraftan mısır koçan kurdunun doğal parazitoidi henüz suni olarak üretilmemektedir.

Beslenmesini sap veya koçan içinde (endofitik) yapan

mısır kurdu ve koçan kurdu larvaları ile kimyasal mücadele oldukça zor olmakta ve zamam zaman etkisiz kalmaktadır. Buna rağmen ülkemizde bu zararlılara karşı asıl ve en etkili mücadele yöntemi insektisit kullanımınıdır. Günümüzde mısır kurtları ile mücadelede kullanılan 20 farklı etken maddeye sahip çok sayıda ruhsatlı insektisit bulunduğ u belirtilmektedir. Akdeniz bölgesinde ikinci ürün mısır üretiminde mısır kurdu ve koçan kurduna karşı en az 2-3 defa koruyucu ilaç uygulaması önerilmektedir [20]. İlaçlama yapılmadığı durumda larvalar bitki içerisine girmekte ve daha sonra kimyasal mücadele imkansız hale gelmektedir. Bu bölgemizde yoğun böcek popülasyonlarının olduğu yıllarda kimyasal ilaçlama sayısı 4-5'e çıkabilmekte ve mücadeleye rağmen önemli verim kayıpları yaşanabilmektedir. Yapılan bu ağır kimyasal mücadele ekonomik kayıplara ve çevre kirliliğine neden olduğu gibi doğal ekolojik dengeye de çok büyük zararlar verebilmektedir.

Mısır kurdu ve koçan kurdu ile mücadelede ekim nöbeti ve bitki artıklarının yakılması gibi kültürel tedbirler uygulansa dahi bu yöntemler çoğ u zaman etkisiz kalmaktadır. Bu Zararlılara karşı klasik ıslah yöntemleriyle dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi diğer bir yol olmakla birlikte, dayanıklı çeşit ıslahı yıllar alabilmekte ve sonuca ulaşma ihtimali de son derece düşük olmaktadır. İslah edilen bu çeşitlerin bazı tarımsal özelliklerinde kayıplar olabilmekte ve yeni geliştirilen verimli ve kaliteli çeşitlerle rekabet etme şansı düşük olmaktadır. Ayrıca, bu çeşitler kısa süre içerisinde gelişen yeni böcek ırklarına karşı dayanıksız hale gelebilmektedir. Öte yandan, *Bacillus thuringiensis* bakterisine ait kristal endotoksin protein genlerinin aktarıldığı genetiğ i değ iştirilmiş (GD/transgenik) mısır bitkileri hem mısır kurdu hem de koçan kurduna karşı tarla şartlarında tam dayanıklılık sergilemektedirler. GD mısır 1996 yılından itibaren 17 farklı ülkede 37 milyon hektarlık ekim alanı bulabilmiştir. Bu alanlarda verim artışı olduğu gibi işçilik ve kimyasal kullanımında da önemli tasarruflar sağlanabilmiştir.

Mikotoksinler

İnsan ve hayvanlar üzerinde potansiyel toksik ve kanserojen etkisi olduğu bilinen mikotoksinler önemli gıda ve yem ürünlerinde hasat öncesi ve hasat sonrasında yaygın olarak bulunabilmektedir. Mikotoksinlerin toksik etkisi alınan doza ve simtomlara bağı lı olarak akut ve kronik olmak üzere

iki kategoriye ayrılmıştır.

Mikotoksinler çok yüksek miktarlarda ağızdan alındığında hayvanlarda akut etki olarak karaciğ er nekrozuna neden olmaktadır. Mikotoksinler düşük veya orta dozlarda uzun süre alındığında ise kronik etkiye neden olmakta ve hayvanlarda ağırlık kaybı, yumurta ve süt üretiminde azalma, bağı şıklıkta düşüş ve karaciğ er zararlarına yol açmaktadır. Özellikle, Çin ve Afrika gibi gıdalarda mikotoksinlerin ve hepatit B oranının yüksek olduğu yerlerde mikotoksinler hepatit B ile etkileşime girerek önemli bir problem olan hepatit tümörlerinin oluşumuna neden olmaktadır. Bu risklerinden dolayı yüzden fazla ülke belirli mikotoksinlerin insan sağı lığı üzerine risklerini önlemek için düzenlemelerle limitler getirmiştir. Bu düzenlemeler bilimsel risk analizlerine dayandırılmakta ve limitin altındaki miktarların sağı lk açısından risk taşımadığı kabul edilmektedir [25]

Mısırd a en önemli mikotoksinler *Aspergillus flavus* ve *A. prasticus* tarafından üretilen "aflatoksin" ile *Fusarium verticillioides* ve *F. proliferatum* tarafından üretilen "fumonisin"dir [26]. Çukurova bölgesinde mısır üretim alanlarında en fazla rastlanan funguslar arasında ise *Ustilago maydis*, *Drechslera maydis*, *Phthium* sp., *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp. ve *Penicillium* sp. Sayılabilir. Mikotoksinleri üreten funguslardaki artış çoğ unlukla iklim şartlarıyla ilişkili olmakla birlikte, mikotoksinler en yüksek miktarlarda kırılan, çatlayan ve böcekler tarafından zarar gören danelerde oluşmaktadır [27,28]. Yapılan araştırmalarda mısır kurdu ile yaralanan danelerde mikotoksin üretimine neden olan fungusların enfeksiyonlarında önemli artışlar olduğu belirtilmektedir. Öte yandan, böceklere dayanıklı *Bt* mısır bitkilerinin koçanlarında böcek zararı az veya hiç olmadığından dolayı mikotoksin üreten fungus gelişiminin de çok daha az olduğu belirtilmektedir [26,29,30].

GENETİĞ İ DEĞ İŞ TİRİLMİŞ (GD) BİTKİLER VE TARIMSAL ÜRETİME KATKILARI

Bitkilerin insan ve hayvan beslenmesinde kullanımı amacıyla iyileştirilmesi çalışmalarında iki önemli dönem göze çarpmaktadır. Bunlardan ilki son 60 yılda gerçekleştirilen ve 'Yeş il Devrim' olarak adlandırılan, geleneksel bitki ıslahı ve ticari gübreler ile diğer agronomik tekniklerin gelişiminin etkili olduğu dönemdir.

Bu dönemde ürünlerin verim ve kalitesinde çok önemli

artışlar gözlenmiştir. Ancak, yüksek verim ve kaliteye sahip bitki çeşitleri çoğu zaman funguslar, bakteriler, nematodlar ve virüslerin neden olduğu hastalıklar ile böceklerle karşı dayanıksız olmuştur. Yabani bitki türlerine nazaran, kültür bitkilerinde böcek ve hastalıklara karşı görülen bu duyarlılık, genelde uygulanan ıslah metodlarından kaynaklanmaktadır. Islah programlarında seleksiyon yapılırken ürün kalitesi ve miktarı gibi bitkisel özellikler ön planda tutulduğundan, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık her zaman ikinci planda kalmıştır. Ayrıca, klâsik bitki ıslahında, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık başta olmak üzere bitkilerin diğer birçok tarımsal özelliklerini iyileştirmede önemli sınırlamalarla karşılaşmaktadır. Bunlardan, aralarında melezlemenin yapılabildiği tür sayısının azlığı; türler arasında yapılan bu melezlemelerde istenen karakterlerle birlikte istenmeyen özelliklerin de birlikte geçişinin önlenememesi; bu istenmeyen karakterlerin geri melezleme ıslahıyla elimine edilmesinin çok uzun zaman alması klâsik bitki ıslahının önemli dezavantajları arasındadır [31]. Ayrıca, klasik bitki ıslahı yöntemlerinden olan melezleme ve seleksiyon teknikleriyle sonuca ulaşmak oldukça yavaş olmakta; özellikle, meyve ağaçları gibi çok yıllık bitkilerde ıslah çalışmalarının tamamlanması yıllarca sürebilmektedir [32]. Klasik ıslah yöntemleriyle özellikle de mısır, buğday, çeltik ve patates gibi önemli bitkilerde hastalıklara ve zararlı böceklerle karşı dayanıklı çeşit geliştirilemediğinden dolayı yıllardan beri bitkiler bu etmenlere karşı kimyasal ilaçlar kullanılarak korunmaktadır. Dünya genelinde tarım ilaçlarına yıllık yaklaşık 26 milyar dolar harcanırken, Türkiye’de bu rakam 160 milyon dolardır. Ayrıca, her yıl Türkiye’de 30–35 bin ton tarım ilacının kullanıldığı tahmin edilmektedir. Öte yandan, bu kimyasal ilaçlar besin zincirinde ayrışmadan uzun süre kalabilmekte, çoğu kez insan ve hayvan sağlığı için tehlikeli olabilmektedir. Bu durum ise çevre sağlığı açısından giderek artan bir endişe kaynağı olmaktadır.

Bitkisel üretimde ikinci dönem ise ‘**Biyoteknoloji Devrimi**’dir. Biyoteknoloji devriminde geliştirilen çok etkili ve yeni teknikler sayesinde verimi ve kalitesi yüksek bitki çeşitlerine bir ya da bir kaç gen, yeni özellikler kazandırmak amacıyla kolayca aktarılabilmektedir.

Bu işlem sonucunda da bitki çeşitlerinin diğer özelliklerinde hiçbir değişiklik olmamaktadır. Bir başka deyişle, biyoteknolojik tekniklerinin kullanılmasıyla, ıslah

süresinin kısaltılmasının yanında; melezlemede karşılaşılan engeller, genetik bağlılık sorunları ve gen havuzlarından yararlanmadaki sınırlamalar kolayca ortadan kaldırılabilir [32].

Tek hücrelerden *in vitro* teknikler kullanarak yeni bitkilerin elde edilmesi ve bitkilerde kök boğazı uruna neden olan *Agrobacterium tumefaciens* bakterisinden bitki hücrelerine yapılan doğal gen aktarım mekanizmasının keşfedilmesi bitki biyoteknolojisinin ve dolayısıyla GD bitkilerin temelini oluşturmuştur [33]. Bu iki keşfin birlikte kullanılmasıyla son 25 yıl içerisinde hemen hemen tüm kültür bitki türlerine gen aktarımı yapılabilmektedir.

Tek bitki hücrelerinden laboratuvar şartlarında yeni bitkilerin elde edilmesi son 50 yıldır bilinmekte olup, *Agrobacterium tumefaciens* bakterisinin bitkilere gen aktarım yeteneği 1980’li yıllarda keşfedilmiştir. Bu keşiften sonra bitki biyoteknolojisinde çok önemli gelişmeler olmuş ve farklı kaynaklardan (bitki, bakteri, virüs ve hayvan gibi) kopyalanan genler *A. tumefaciens* aracılığıyla bitkilere kolaylıkla aktarılabilmektedir. *A. tumefaciens* bakterisi 1983 yılından beri bitkilere gen aktarımında en yaygın kullanılan araç haline gelmiştir. Bundan dolayı bu bakteri bitkilerin doğal genetik mühendisi olarak adlandırılmıştır [31].

***Agrobacterium tumefaciens* ile Bitkilere Gen Aktarımı**

Toprakta yaşayan bir bakteri olan *A. tumefaciens* kök boğazında yaralanan bölgelerden bitkiyi enfekte ettiği zaman enfekte olan hücrelerin aşırı ve düzensiz bölünmesiyle tümör (ur) oluşumuna neden olmaktadır [32]. Bu tümörlerin normal bitki hücrelerinden farklı olarak bazı hormonları ve opin’ler olarak bilinen şeker türevlerini sentezlediği belirlenmiştir. *A. tumefaciens* kromozomal DNA’sı yanında Ti plazmidini olarak adlandırılan küçük bir plazmid DNA’yı da içermektedir (Şekil 16). Yapılan araştırmalar enfeksiyon sonucunda plazmid DNA üzerinde bulunan ve T-DNA (transferred-DNA/aktarılan-DNA) bölgesi olarak adlandırılan bir DNA parçasının bakteriden bitki hücresine geçtiği ve bitki kromozomlarıyla birleştiğini ortaya koymuştur [34]. Bu birleşmeden sonra T-DNA bölgesinde bulunan oksin ve stokinin genleri ile opin genlerinin aktif hale gelmesiyle bitki hücresinde aşırı bir hormon üretimi gerçekleşmekte ve bitki hücresi hızlı ve düzensiz bölünmeyle tümöre dönüşmektedir [31,33]. Bu tümör aynı zamanda bakterinin enerji kaynağı olan opinler olarak bilinen şeker türevlerini de sentezlemektedir.

yöntemler de geliştirilmesine rağmen en etkili yöntem herbisitlerin toksik etkisini ortadan kaldıran bir genin bitkilere aktarılması olmuştur. Bu amaçla, *bar* ve *pat* genlerinin sırasıyla *Streptomyces hygroscopicus* ve *S. viridochromogenes* bakterilerinden izole edilerek (kopyalanarak) bitkilere aktarılmasıyla geniş spektrumlu fosfinotrisin (PPT) herbisitine karşı tam dayanıklı bitkiler elde edilebilmiş [32,38,39] ve geniş bir üretim alanı bulabilmiştir.

Zararlı böceklerle dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi

Herbisitlere dayanıklılıkta olduğu gibi biyoteknolojik yöntemlerle böceklerle dayanıklı GD bitkilerin elde edilmesinde de çok farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin hemen tamamında böcekler üzerine toksik (zehir) etki yapan proteinleri (insektisidal proteinler) kodlayan genler değişik organizmalardan izole edilerek bitkilere aktarılmıştır. Gram pozitif bir bakteri olan *Bacillus thuringiensis (Bt)*'e ait delta-endotoksin proteinlerinin sentezinden sorumlu olan *cry* (kristal) genlerinin bitkilere aktarılmasıyla (Şekil 16) zararlı böceklerle karşı tam dayanıklı GD çeşitler elde edilerek yaygın olarak üretim alanı bulabilmiştir. Zararlı böcekler GD bitkileri yediklerinde *cry* genlerin ürettiği *Bt* delta-endotoksinleri böceklerin orta bağırsağında aktif formlara dönüştükten sonra bağırsak epitel hücrelerinde bulunan reseptör bölgelerine bağlanarak hücrelerin patlamasına ve sonuçta böceklerin ölümüne neden olmaktadır [33,40,41]. *Cry* endotoksin proteinleri özellikle Lepidoptera, Coleoptera ve Diptera takımındaki zararlı böcekler üzerine ölümcül etki göstermektedirler [42,43].

GD Bitkilerin Küresel Üretimi

1980'li yıllardan sonra çok hızlı bir gelişme gösteren modern bitki biyoteknolojisi sonucunda elde edilen GD bitkiler ticari anlamda ilk defa 1996 yılında üretilmeye başlanmıştır. İlk üretildiği yıl 1,7 milyon hektar gibi geniş bir üretim alanı bulmuştur (Çizelge 26). Üretildikleri ilk dört yılda üretim artış hızları çok yüksekken, bu hız daha sonra düşüşe geçmiştir. Bu düşüşün en önemli nedenleri olarak geniş alanlarda üretimin gerçekleşmesi ve üretildiği ülkelerde en üst sınıra yaklaşması olarak sıralanabilir. Ayrıca, bu bitkilere karşı zamanla olumsuz düşüncelerin ortaya çıkması ve endişeler de üretim artış hızını yavaşlatmıştır.

GD bitkilerin 1996 yılında başlayan üretim serüveni 13 yıllık bir süre sonunda 2008 yılında 125 milyon hektar gibi çok büyük bir ekim alanına ulaşmıştır. Üretilen bu bitkilerin hemen hemen tamamını böceklerle ve otöldürücülere dayanıklı bitkilerden oluşmaktadır. Bu bitkilerin üretildiği alanlarda verim artışları sağlandığı gibi, kimyasal ilaçların kullanımı ve işçilikten de önemli ölçüde tasarruf edilmiştir. Bu önemli avantajlar hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki üreticilerde her yıl daha fazla GD bitki üretme arzusunun uyardırmasıdır. GD bitkiler gelişmiş ülkelerde daha fazla üretilirken gelişmekte olan ülkelerde de yaygın olarak üretim alanı bulabilmiştir (Çizelge 27; Şekil 17).

Çizelge 26. Genetiği değiştirilmiş bitkilerin küresel ekim alanları

Yıl	Ekim Alanı (milyon ha)	% Artış
1996	1.7	
1997	11.0	547
1998	27.8	153
1999	39.9	44
2000	44.2	11
2001	52.6	19
2002	58.7	12
2003	67.7	13
2004	81.0	16
2005	90.0	11
2006	102.0	13
2007	114.3	12
2008	125.0	9

Kaynak: James 2008 [44]

2008 yılında GD bitki üreten ülke sayısı 25'e ulaşmış olup, bu ülkelerin 11'i gelişmiş ve 14'si ise gelişmekte olan ülkelere oluşmuştur (Çizelge 27). Bu ülkeler ekim alanına göre ABD, Arjantin, Brezilya, Hindistan, Kanada, Çin, Paraguay, Güney Afrika, Uruguay, Bolivya, Filipinler, Avustralya, İspanya, Meksika, Şili, Kolombiya, Honduras, Burkina Faso, Çek Cumhuriyeti, Romanya, Portekiz, Almanya, Polonya, Slovakya ve Mısır'dır. 2008 yılında özellikle farklı kıtalarda GD bitkilerin üretiminde çok önemli artışlar olmuştur. Honduras, Burkina Faso ve Mısır 2008 yılında ilk defa GD bitki üretimine başlamıştır [44]. GD bitkiler gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ve büyük çiftçiler tarafından hızla benimsenmiş olup; kayda değer ekonomik, çevresel, sağlık ve sosyal kazanımlar elde etmişlerdir. Bu kazanımlar sonucunda GD bitkiler üreten çiftçilerin sayısı 2008 yılında 13 milyonu aşmıştır. Yine 2007 yılında ABD, Arjantin, Brezilya, Kanada, Hindistan ve Çin GD bitkilerin üretiminde öncülük etmeye devam

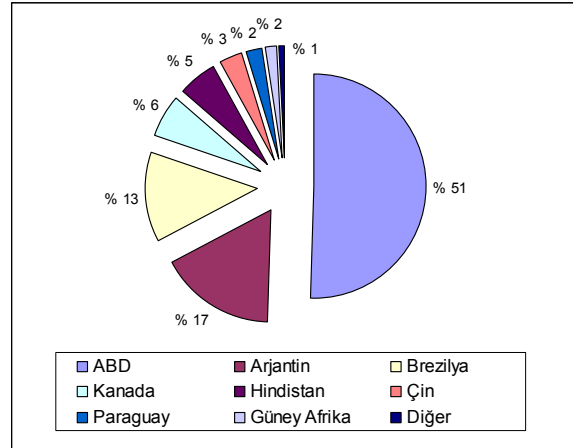
etmiştir (Çizelge 27).

Çizelge 27. GD bitkilerin üretildiği ülkeler ve ekim alanları (2008)

Ülke	Ekim Alanı (Milyon Hektar)	GD Bitkiler ve Toplam Üretim Oranları
ABD	62.5	Soya (%94), Mısır (%80), Pamuk (%86), Kanola, Papaya, Yonca, Şeker Pancarı (%59)
Arjantin	21.0	Soya (%99), Mısır (%65), Pamuk (%60)
Brezilya	15.8	Soya (%60), Mısır, Pamuk
Hindistan	7.6	Pamuk (%81)
Kanada	7.6	Kanola (%95), Mısır (%60), Soya (%65), Şeker Pancarı
Çin	3.8	Pamuk (%69), Domates, Kavak, Petunya, Papaya, Biber
Paraguay	2.7	Soya (%93)
Güney Afrika	1.8	Mısır (%30), Soya (%65), Pamuk (%95)
Uruguay	0.7	Soya (%100), Mısır
Bolivya	0.6	Soya
Filipinler	0.4	Mısır
Avustralya	0.2	Pamuk
İspanya	0.1	Mısır
Meksika	0.1	Pamuk, Soya
Şili	<0.1	Mısır, Soya, Kanola
Kolombiya	<0.1	Pamuk, Karanfil
Honduras	<0.1	Mısır
Burkina Faso	<0.1	Pamuk
Çek Cum.	<0.1	Mısır
Romanya	<0.1	Mısır
Portekiz	<0.1	Mısır
Almanya	<0.1	Mısır
Polonya	<0.1	Mısır
Slovakya	<0.1	Mısır
Mısır	<0.1	Mısır

Kaynak: James 2008 [44]; USDA [4]

Dünya genelinde 2007 yılında üretilen GD bitkilerin yarısı 62,5 milyon hektarla ABD’de üretilmiştir (Çizelge 27 ve Şekil 17). ABD’de GD pamuk ve soyanın ekim alanında az bir düşüş olurken, etanol pazarının büyümesinden dolayı GD mısır üretiminde %40’lık bir artış olmuştur. 2008 verilerine göre ABD üretilen toplam ekimi yapılan soyanın %94’ü, pamuğun %86’sı ve mısırın %80’i GD ürünlerden oluşmaktadır (Çizelge 28). Özellikle son yıllarda her iki özelliği de (böceklere ve herbisitlere dayanıklılık) taşıyan GD mısır ve pamuk ekim alanlarında çok önemli artışlar gözlenmiştir. ABD dışında bu tür GD bitkiler Kanada, Filipinler, Avusturya, Meksika, Güney Afrika, Honduras, Şili, Kolombiya ve Arjantin’de de üretilmeye başlanmıştır.



Şekil 17. GD bitkisel üretimin ülkelere göre dağılımı (2007)

Çizelge 28. ABD’de GD değiştirilmiş bitkilerin ekiliş oranları (%)

GD Bitkiler	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Toplam GD (HD) Soya	43	60	68	84	92	92	92	92	94
Sadece BD Pamuk	15	13	13	14	16	18	18	17	18
Sadece HD Pamuk	26	32	36	32	30	27	26	28	23
BD ve HD Pamuk	20	24	22	27	30	34	39	42	45
Toplam GD Pamuk	61	69	71	73	76	79	83	87	86
Sadece BD Mısır	18	18	22	25	27	26	25	21	17
Sadece HD Mısır	6	7	9	11	13	17	21	24	23
BD ve HD Mısır	1	1	2	4	5	9	15	28	40
Toplam GD Mısır	25	26	34	40	45	52	61	73	80

Kaynak: ABD Tarım Bakanlığı Ekonomik Araştırmalar Servisi (www.ers.usda.gov/Data/BiotechCrops) [4]

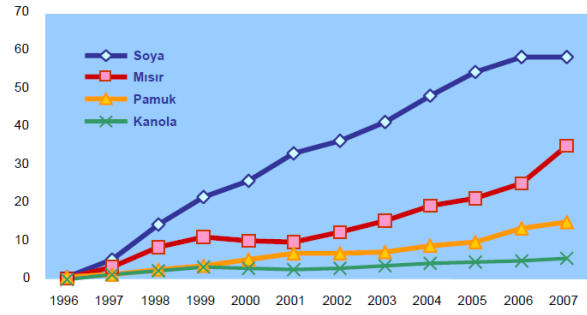
Dünyada en fazla pamuk ekim alanına sahip ülke olan Hindistan’da 2002 yılında 54.000 çiftçi, 50.000 hektarlık alanda böceklere dayanıklı GD pamuk üretirken, 6 yıl sonra 2008 yılında 5 milyon küçük çiftçi 7,6 milyon hektarlık alanda GD pamuk üretimi yapmıştır. Toplam 9,4 milyon hektar pamuk ekim alanına sahip Hindistan’da ekimi yapılan pamuğun %81’ini böceklere dayanıklı GD pamuk oluşturmaktadır. GD pamuk üretimiyle Hindistan’da pamuk veriminde %31’lik bir artış sağlanırken, böcek öldürücü kimyasalların (insektisit) kullanımında da %39 oranında bir azalma sağlanmış olup, karlılık %88 oranında artmıştır [44]. Geçmişte dünyanın en düşük pamuk verimine sahip Hindistan şu anda önemli miktarda pamuk ihraç eder duruma gelmiştir.

Dünya’nın en büyük pamuk üreticisi olan Çin’de ise böceklere dayanıklı GD pamuk ekim alanı 2008 yılında 3,8 milyon hektara ulaşarak 5,5 milyon hektarlık toplam pamuk ekim alanının %69’unu oluşturmuştur. Ayrıca, bu ülkede GD pamuktan faydalanan çiftçilerin sayısı da 7,1 milyona ulaşmıştır. Yapılan araştırmalara göre GD pamuk veriminde %9,6’lık bir artış sağlanırken insektisit kullanımı da %60

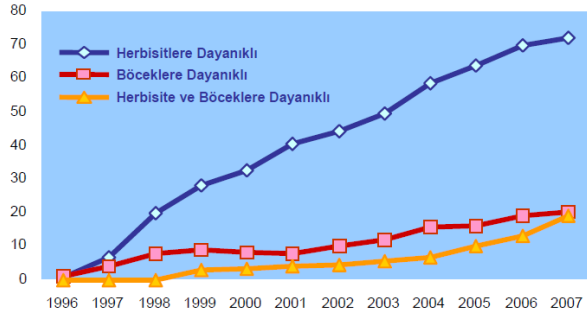
oranında azalmıştır. İlave olarak hektar başına gelirdede 220 USD'lık bir artış gözlenmiştir. GD pamuk yanında Çin'de virüslere dayanıklı GD kavak, papaya ve tatlı biber ile olgunlaşması ertelenmiş domates de üretime girmiştir. Öte yandan, Çin dünyanın en büyük biyoteknolojik çeltik programına sahip olup, böceklerle ve hastalılarla dayanıklı GD çeltik çeşitleri onaylanmayı beklemektedir. 2010 yılına kadar, böceklerle dayanıklı GD pamuk ve çeltiğin birlikte Çin ekonomisine yıllık 5 milyar dolar katkıda bulunacağı öngörülmektedir [44]. Çin genelinde binlerce araştırmacı bitki biyoteknolojisi üzerine çalışmakta olup; onlarca GD çeltik, mısır, buğday, pamuk, patates, domates, soya, lahana, yerfıstığı, kavun, papaya, tatlı biber, acı biber ve tütün çeşidinin tarla denemeleri devam etmektedir.

İlk defa 1996 yılında herbisitlere dayanıklı GD soyayı fasulyesini ticarileştiren Arjantin, 2008 yılında 21 milyon hektar üretimle dünyanın ikinci büyük GD değiştirilmiş bitki üreticisidir. Bu ülkede üretilen soyanın %99'u, mısırın %65'i ve pamuğun %60'ı GD bitkilerden oluşmaktadır. Güney Afrika, Afrika kıtasında GD bitkilerin tek üretildiği ülke olup, 1,8 milyon hektarla dünyada en fazla GD bitki üretimine sahip 8. ülkedir. 1998 de ilk ekimlerin yapıldığından beri GD mısır, pamuk ve soyanın ekim alanında her yıl önemli artışlar gözlenmiştir. GD pamuk üretimiyle hektar başına verim 3 balyadan, 8 balyaya çıkarken, insektisit kullanımı sezon başına 10 kullanımdan 2 kullanıma kadar düşmüştür. Böceklerle dayanıklı GD mısır üretimiyle de hektar başına verim 1,5 tondan 3,5 tona çıkmıştır [44]. 2008 yılında 27 AB ülkesinden 7'inde (İspanya, Çek cumhuriyeti, Romanya, Portekiz, Almanya, Polonya ve Slovakya) GD *Bt* mısır üretimi gerçekleştirilmiştir.

Dünyada 2007 yılında ekimi yapılan toplam 114,3 milyon hektarlık GD bitkisel üretimin %51'inde (58,6 milyon ha) tek başına herbisitlere dayanıklı soya üretimi yapılmıştır (Şekil 18). Soya üretimini %31'le mısır (35,4 milyon ha) ve %5 ile Kanola takip etmiştir. Ayrıca, herbisitlere dayanıklılık özelliğinin kazandırdığı soya, mısır, pamuk ve yonca 72,2 milyon hektarla dünya toplam GD bitki ekim alanının %63'ünü oluşturmuştur (Şekil 19). 2007 yılında ilk defa 2 veya 3 özelliğın kazandırdığı bitkilerin üretimi (21,8 milyon hektar ve dünya GD bitki ekim alanının %19'u) böceklerle dayanıklı GD bitkilerden (20,3 milyon hektar ve dünya GD bitki ekim alanının %18'u) daha fazla olmuştur.

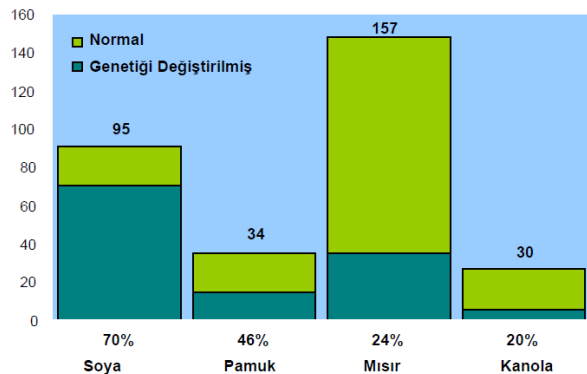


Şekil 18. Ürün bazında GD bitkilerin küresel ekim alanları (milyon hektar) [44]



Şekil 19. Kazandırılan özellik bakımından GD bitkilerin küresel ekim alanları (milyon hektar) [44].

GD bitkilerin toplam üretimdeki paylarına bakıldığında, dünya genelinde üretilen toplam 95 milyon hektarlık alanda yapılan soya üretiminin %70'i, 34 milyon hektarlık alanda yapılan pamuk üretiminin %46'sı GD ürünlerden oluşmaktadır. İlave olarak, oranları düşük de olsa 157 milyon hektarlık dünya mısır üretiminin %24'ü ve 30 milyon hektarlık toplam kanola üretiminin ise %20'si GD bitkilerden oluşmaktadır (Şekil 20). 2008 yılında yalnızca 25 ülke GD bitki üretimi yaparken, 29 ek ülke de (toplamda 54 ülke) GD bitkisel ürünlerin yiyecek ve yem için ithalatına 1996 yılından beri izin vermiştir. Üretmeyen ancak tüketim için izin veren ülkelerin başında Japonya, Güney Kore, Yeni Zelanda ve bazı AB ülkeleri gelmektedir.



Şekil 20. Dünyada GD bitkilerin geleneksel bitkilere oranı (milyon hektar) [44]

Dünyada 2007 yılında 114,3 milyon hektarlık alanda yapılan GD bitkilerin %9'unun (11,2 milyon hektar) biyoyakıt üretiminde kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu üretimin %90'ı ABD'de gerçekleşmekte olup, bu ülkede 7 milyon hektarlık alanda üretilen GD mısır etanol, 3,4 milyon hektarlık alanda üretilen soya ve 10 bin hektarlık alanda üretilen kanola biyo-dizel üretiminde kullanılmaktadır. İlave olarak Brezilya'da 750 bin hektarlık GD soya ve Kanada'da 45 bin hektarlık kanola biyo-dizel üretimine ayrılmıştır.

GD Ürünlerin Bitkisel Üretime Katkıları

Çiftçiler genellikle yeni teknolojileri ve uygulamaları onlardan fayda sağlayacaklarını düşündükleri için kabul ederler. Bu fayda çoğunlukla kazanacakları parayla ilgili olmakla birlikte; uygulama kolaylığı, zamandan tasarruf, az kimyasal ve girdi kullanımı ile diğer bazı faktörler de önemli olmaktadır. GD bitkilerin 1996 yılından günümüze kadar olan hızlı üretim artışları onların çiftçilere önemli faydalar sağladığını ve çiftçiler tarafından da yüksek oranda benimsendiğini göstermektedir. GD bitkiler tarımsal üretimi kolaylaştırırken, birim alanda verim artışı sağlamakta ve pestisit (böcek öldürücü kimyasal) kullanımını azaltarak sürdürülebilir tarıma önemli katkıda bulunmaktadır.

Herbisitlere dayanıklı GD bitkiler

Yabancı otlar son derece yayılıcı ve mücadelesi zor olan zararlılardır. Özellikle pamuk, şeker pancarı, soya ve mısır gibi verimli alanlarda yetişen ve yoğun tarımın uygulandığı tarlalarda yabancı otlarla mücadele son derece zor olmakta ve verimde önemli düşmelere neden olmaktadır. Bu alanlarda ekimden hemen sonra herbisit uygulaması yapılmasına rağmen yine de yabancı otları kontrol altına almak son derece güçleşmektedir.

Yabancı otlarla mücadelede kimyasal kullanımı yanında kültürel tedbirler, çapalama ve elle yolma gibi yöntemler de kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntemler yoğun iş gücü gerektirmekte olup, her zaman başarılı olmamaktadır. Yabancı otlar kültür bitkilerinin ışık, su ve besin maddelerine ortak olarak önemli verim düşüşlerine neden olmaktadır. Özellikle yabancı ot mücadelesinin yapılmadığı alanlarda bu zarar %60-70 seviyelerine ulaşabilmektedir. Ayrıca, yabancı ot tohumları dane ürünlerine karışarak kaliteyi de etkilemektedirler. Yabancı otlarla mücadele yapılmasına rağmen, tarım alanlarında yabancı otlar verimi %15 oranında düşürmektedir.

Hali hazırda tarım alanlarında yabancı otlarla mücadelede en yaygın kullanılan yöntemlerin başında kimyasal ilaçların kullanılması gelmektedir. Bu ilaçlar ya ekimden hemen sonra veya bitkiler toprak yüzeyine çıktıktan sonra uygulanmaktadır. Ekimden hemen sonra uygulanan herbisitler yabancı ot popülasyonunu az da olsa düşürmesine karşın, bu alanlarda yabancı ot mücadelesi büyük oranda çapalama veya elle yolma şeklinde olmakta ve çok büyük işgücü gerektirmektedir. Kültür bitkileri toprak yüzeyine çıktıktan sonra uygulanan seçici herbisitler ise genellikle buğdaygiller gibi dar yapraklı kültür bitkilerinde yabancı ot kontrolü için kullanılmaktadır. Ancak, bu bitkiler içerisinde gelişen özellikle dar yapraklı yabancı bitki türleri çoğu zaman önemli zararlara neden olabilmektedir. Son yıllarda bazı geniş yapraklı bitki türlerinde herbisitlere dayanıklı kültür çeşitleri geliştirilmesine karşın, sadece belirli türlerle sınırlı kalmış olup, yaygın üretim alanı bulamamıştır. Ayrıca, ekimden hemen sonra veya çıkıştan sonra kullanılan bu herbisitlerle tam bir yabancı ot mücadelesi yapılamadığı gibi bu tür herbisitler toprakta uzun süre parçalanmadan kalabilmekte ve çevre ile insan sağlığını tehdit edilebilmektedir. Öte yandan, son yıllarda geliştirilen glifosat ve fosfotrisin gibi geniş spektrumlu total herbisitler toprakta daha hızlı parçalanarak çevre ve insan sağlığı için daha az risk oluşturmaktadırlar.

Streptomyces hygroscopicus bakterisinde kopyalanan tek bir gen (*bar*) kültür bitkilerine aktarıldığında elde edilen bitkiler fosfotrisin-N-asetil transferaz (PAT) enzimini üretmekte ve bu enzimde geniş spektrumlu fosfotrisin (PPT) herbisitini parçalayarak herbisitlere tam dayanıklı bitkiler elde edilebilmektedir. Üstelik aktarılan *bar* geni ve üretmiş olduğu PAT enziminin insan ve hayvan sağlığı üzerine olumsuz bir etkisine de rastlanamamıştır.

Bu bitkilerin üretildiği alanlarda bitkiler toprak yüzeyine çıktıktan sonraki aşamalarda yabancı ot yoğunluğuna göre az bir herbisit uygulamasıyla %100 yabancı ot kontrolü yapılabilmektedir. GD bitkiler herbisite tam dayanıklı olduğundan dolayı gelişmelerinde de herhangi bir yavaşlama veya gerileme olmamakta ve herbisit uygulaması için geniş bir zaman aralığı da bulunabilmektedir. Etkili yabancı ot kontrolü sayesinde hasat masrafları azaltıldığı gibi daha temiz ve kaliteli ürün elde edilebilmektedir. Bu durumda işçilikten önemli tasarruf sağlanabildiği gibi yabancı ot kontrolünün tam yapılması sonucu verimde de önemli artışlar

gözlenmektedir. Ayrıca, toprak işleminin azaltılması sonucunda toprak mikro flora ve faunasının korunmasına yardımcı olunduğu gibi erozyonda azaltılabilmektedir.

Böceklerle dayanıklı GD bitkiler

Küresel ısınmanın da etkisiyle zararlı böcekler günümüzde bitkisel üretimi tehdit eden en büyük etmen haline gelişmiştir. Zararlı böceklerle mücadele yapılmadığında bazı bitkilerde oldukça yüksek sayılabilecek kayıplar oluşabilmektedir. Örneğin ülkemizde patates böceği ile kimyasal mücadele yapılmadığında patatete %50 ürün kaybı gözlenirken, bu oran buğdayda süne mücadelesi yapılmadığında %90 ve ikinci ürün mısırdaki mısır kurdu ve koçan kurdu ile mücadele yapılmadığı takdirde %100'e çıkabilmektedir. Benzer şekilde gerek dünya genelinde gerekse ülkemizde diğer tarla ve bahçe bitkilerinde de böcek yoğunluğu ile böceklerin bölgeler arasındaki hareketliliğinde de önemli artışlar gözlenmektedir. Zararlı böceklerle yapılan mücadelelere rağmen dünya genelinde böceklerden kaynaklanan ürün kayıplarının yaklaşık %15-20 civarında olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, böcekler birçok hastalığın yayılmasında ve gelişmesinde de önemli rol oynamaktadırlar.

Zararlı böceklerle mücadelede kültürel ve biyolojik savaş yöntemleri kullanılsa da, en etkili ve yaygın olanı kimyasal ilaç (insektisit) kullanımınıdır. Verimli kültür çeşitleri çoğunlukla zararlı böceklerle karşı dayanıksız olduklarından dolayı, uzun yıllardan beri insektisitler bitkiler üzerine püskürtülerek böcek mücadelesi yapılmaktadır. Günümüzde böcek öldürücü olarak binlerce kimyasal birçok ülkede ruhsatlandırılmıştır. Özellikle böcek salgınlarının yoğun olduğu yıllarda mısır ve pamuk üretiminde kimyasal ilaçlama sayısı 4-5'e çıkabilmekte ve mücadeleye rağmen önemli verim kayıpları yaşanabilmektedir. Ayrıca bitki kök, gövde ve meyvesi içerisinde gelişme gösteren böcek larvalarına karşı kimyasal mücadeleler çoğu zaman etkisiz kalabilmektedir. Bu yüzden kimyasal mücadelede böceklerin gelişme biyolojisinin bilinmesi çok büyük önem taşımaktadır. Öte yandan, tarım ilaçları içerisinde insektisitler çevre, insan ve hayvan sağlığını en fazla tehdit eden grup olarak değerlendirilmektedir. Insektisitler insanlar tarafından ilaçlama sırasında ve ürünlerde kalıntı şeklinde alındığında geri dönüşümü olmayan biyolojik ve genetik hasarlara neden olabilmektedir. Çok sayıda çiftçi ila

mücadele sırasında hayatını kaybetmektedir. Yapılan yoğun kimyasal mücadele yöntemleri büyük ekonomik kayıplar ile başta toprak ve su olmak üzere önemli bir çevre kirliliğine neden olduğu gibi doğal ekolojik dengeye de büyük zararlar verebilmektedir. Kimyasalların kullanılmasıyla ekolojik denge ve bitkisel üretim için gerekli olan faydalı böcekler de zarar görmektedirler. Ayrıca, insektisitlerin yaygın kullanımı sonucunda hedef böcekler kullanılan kimyasala karşı zamanla direnç kazanabilmekte ve direnç sonraki döllere de aktarılmaktadır [45]. Dolayısıyla dirençli böceklerle karşı daha etkili kimyasalların kullanımına gidilmektedir. Zararlı böceklerle karşı kullanılan insektisitlerin bütün bu olumsuz etkileri acil olarak böceklerle dayanıklı bitkilerin üretilmesi zorunluluğunu doğurmuştur.

İlk olarak 1902 yılında Japonya'da keşfedilen *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) bakterisinin sporulasyon esnasında belirli böcekler üzerine öldürücü etki yapan proteinler ürettikleri belirlenmiştir. Bu proteinler ileriki yıllarda *B. thuringiensis* bakterisine ürettirilerek Lepidoptera, Coleoptera ve Diptera takımındaki böceklerle karşı insektisit olarak kullanılmıştır. Halen kullanılmakta olan biyo-insektisitlerin %90'ını oluşturan *Bt* formülasyonları, toplam insektisit pazarının da %5'ini oluşturmaktadır. Modern bitki biyoteknolojisinin kullanımı sonucunda *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) bakterisinden kopyalanarak verimli kültür çeşitlerine aktarılan tek bir gen (*cry*) sayesinde zararlı böceklerle karşı dayanıklı GD bitkiler üretilebilmiştir. Yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda da bu bitkilerin insan ve hayvan sağlığı üzerine olumsuz bir etkisine de rastlanmamıştır. Böceklerle dayanıklı GD mısır ve pamuğun ABD, Çin, Hindistan, Brezilya, Arjantin ve Güney Afrika Cumhuriyeti gibi ülkelerde yaygın olarak üretimi sonucunda verimde %50'lere varan verim artışı sağlanırken insektisit kullanımında da çok önemli düşüşler gözlenmiştir. Çiftçiler dayanıklı çeşitler sayesinde insektisit ve ilaçlama için harcadıkları yakıt maliyetini en aza indirmişlerdir. GD bitkilerin kullanımı verim artışıyla birlikte ürün kalitesini de artırmıştır. Koçan ve kütlüde oluşan, kaliteyi doğrudan etkileyen böcek zararları ve buna bağlı olarak gerçekleşen mikotoksin üretimi engellenebilmiştir. Ayrıca, insektisit kullanılmaması sonucunda çiftçilerin sağlığında da önemli gelişmeler sağlanmıştır.

Son yıllarda hem herbisitlere ve hem de böceklerle dayanıklılık özelliğini taşıyan GD mısır ve pamuk

çeşitlerinin üretiminde çok önemli artışlar gözlenmektedir. Bu bitkilerin kullanılmasıyla daha az maliyetle birim alandan daha fazla ürün elde edilerek daha yüksek kazanç sağlanabilmektedir.

GD Bitkilerin Üretiminden Önce Yapılan Risk Analizleri

Modern biyoteknolojik yöntemlerle üretilen GD bitkiler gıda ve yem amaçlı üretilmeden önce insan ve hayvan sağlığı ile çevre açısından çok yönlü risk analizlerine tabi tutulmaktadır. GD bitkilerin insan ve hayvan sağlığı ile çevre açısından risk oluşturmadığına kanaat getirilirse ancak üretimlerini izin verilmektedir. Uygulanan risk analizleri ve biyogüvenlik yönetmelikleri ülkelere göre bazı değişiklikler göstermekle birlikte temel prensipler aynı kalmaktadır. Bu yönetmeliklerin gerekliliklerini şu şekilde sıralamak mümkündür. (1) GD bitkiler ve onlardan üretilen ürünlerin (gıda/yem) insan ve hayvan sağlığı ile çevreye yan etkisinin olmaması; (2) tüketicilerin ve kullanıcıların yanlış yönlendirilmemesi; (3) yerine geçeceği üründen besin değeri yönüyle düşük olmaması gerekmektedir [46,47].

Avrupa Birliğinde Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) GD organizmaların risk analizleri ve bağımsız bilimsel tavsiyelerde kilit rol oynarken; bu ürünlerin izni, denetlenmesi ve kontrolü için karar verme yetkisi üye ülkelerin ve Avrupa Komisyonunun sorumluluğundadır. EFSA her GD organizma başvurusunda ulusal yetkili otoriteye danışır ve üye ülkelerden risk analizleri sırasında ortaya çıkan endişeler konusunda izlenimleri alır. EFSA bilim kurulu GD bitkiler ile GD organizmalar ve onlardan üretilen gıda ve yem ürünleri için tüm risk analizlerini kapsayan rehber dokümanlar hazırlamıştır [46,48]. Risk analizleri özet olarak GD ürün bazında; (1) aktarılan yeni genin ve elde edilen GD bitkinin fenotipik stabilite analizlerini, (2) GD ve geleneksel yolla üretilen bitki çeşidi arasındaki farkı, (3) GD bitki çeşitlerinde değiştirilen özelliğin tarımsal açıdan değerlendirilmesini, (4) GD bitkiler ile hedef organizmalar arasındaki etkileşimi, (5) GD bitkiden diğer organizmalara muhtemel gen kaçışı ve (6) GD bitkilerden elde edilen gıda ve yemlerin toksik, alerjik ve diğer yan etkileri gibi çok sayıda alanı kapsamaktadır.

ABD'de ise GD bitkilerin yukarıda ifade edilen konulardaki risk analizleri ile üretim ve gıda/yem amaçlı tüketimleri yönünde karar verme sürecinde FDA (Gıda ve İlaç Yönetim Birimi/the Food and Drug Administration), EPA (Çevre Koruma Ajansı/Environmental Protection

Agency) ve APHIS (Hayvan ve Bitki Sağlığı Denetleme Servisi/the Animal and Plant Health Inspection Service) gibi kuruluşlar rol almaktadır. Tüm yönleriyle risk analizlerinden geçen GD bitkilerin gıda ve yem amaçlı üretimlerine izin verilmektedir.

GD Bitkilerin Oluşturduğu Endişeler ve Muhtemel Riskler

İklim değişirken, ekonomik kriz derinleşirken ve dünya nüfusu artmaya devam ederken tarımsal üretiminde verimliliğin artması mecburi hale gelmiştir. Bu bağlamda birçok bilim adamı GD bitkilerin tarım ürünlerinin artışına önemli katkılar sağlayacağına inanırken, bazı çevreler ise GD bitkiler hakkında önemli endişeler ve riskler dile getirmektedir. Bu endişe ve muhtemel riskleri sağlık, çevre ve tarım açısından üç ana grupta toplamak mümkündür.

Sağlık

GD bitkilerin tüketime girmesiyle sağlık açısından oluşan en önemli endişe alerjik ve toksik (zehir) etkilerinin olabileceği endişesidir. Yapılan araştırmalarda yaygın olarak üretilen böcek ve herbisitlere dayanıklı GD bitkilerin alerjik etkisine rastlanmamıştır. Alerji etki üzerine GD bitkilerle ilgili tek örnek metiyonin amino asidince zengin soya üretimidir. Soyada temel amino grup asitlerden metiyonin oranını artırmak ve dolayısıyla hayvan besleme kalitesini iyileştirmek için metiyonince zengin amino asit içeriğine sahip 2S albümin proteinini kodlayan gen Brezilya fındığından kopyalanarak soyaya aktarılmıştır. Öte yandan, Brezilya fındığına alerjik reaksiyon gösteren insanların geliştirilen bu GD soyaya karşı da alerji duyabilecekleri laboratuvar çalışmalarında kanıtlanmıştır [49]. Daha sonra soya üzerine yapılan bu çalışmalar ticarileşmeden durdurulmuştur.

GD bitkilerin toksik etkileri üzerine yine çok sayıda araştırma yürütülmüş olup, bu araştırmalar çoğunlukla hayvanlar üzerinde yapılmaktadır. EFSA 2008 yılında farklı AB üyesi ülkelere oluşturduğu 39 bilim adamına GD bitkiler ile onlardan elde edilen gıda ve yemlerin güvenliği ile ilgili bir rapor hazırlatmıştır [50]. Bu raporda herbisitlere ve böceklerle dayanıklı GD mısır patates, çeltik, soya ve domatesle beslenen rat ve farelerin besin tüketimi, kan kimyası, organ ağırlıkları, histopatolojik bulgular üzerine yapılan çok sayıda münferit araştırma irdelenmiştir. Bu çalışmaların büyük çoğunluğunda önemli klinik bulgular ile

organ ve dokularda anormalliklere rastlanmamıştır. Bazı durumlarda yan etkiler gözlenmiş olmakla birlikte, daha detaylı araştırmaların yapılması gerektiği ifade edilmiştir [51-54]. Ayrıca, GD bitkilerle beslenen koyun, domuz, tavuk, sığır ve balıklarda da GD olmayan bitkilerle beslenenlere göre önemli bir fark bulunmamıştır (EFSA 2008). Benzer sonuçlar son yıllarda yapılan araştırmalarda da teyit edilmiştir [55,56].

GD bitkilerin oluşturduğu diğer bir endişe ise antibiyotiğe dirençliliği sağlayan işaret genleridir. Gerek *Agrobacterium tumefaciens* ve gerekse doğrudan gen aktarım yöntemlerinde bitki hücrelerine gen aktarım frekansı son derece düşüktür. Ayrıca, gen aktarımı yapılan hücrelerden yeni bitkilerin elde edilme oranı da son derece azdır. Bundan dolayı gen aktarımı yapılan hücrelerin ve bu hücrelerden gelişen bitkiciklerin seçilebilmesi için işaret genleri kullanılmaktadır. Bu işaret genleri genellikle bakteriyel orijinli olup, bitki hücre ve dokularını antibiyotiğe dirençli hale getirmekte ve doku kültürü çalışmalarında besin ortamlarına antibiyotik veya herbisitler ilave edildiğinde gen aktarımı yapılan hücre ve bitkicikler kolaylıkla seçilebilmektedir. Antibiyotiğe direnç genlerinden en fazla kullanılanı ise neomycin fosfotransferaz II (NPT-II) genidir. Bu tür antibiyotiğe dirençliliği sağlayan genlerin alerjik etkilerinin olabileceği ve kültür bitkilerinden sindirim sistemimizdeki bakterilere geçerek onların da antibiyotiği dirençli hale gelebileceği yönünde endişeler bulunmaktadır. Ancak, yapılan araştırmalarda bu genlerin herhangi bir alerjik veya toksik etkisine rastlanmazken, sindirim sistemimizdeki bakterilere geçebileceği yönünde bulgulara da rastlanmamıştır [57]. Bu endişelerin giderilmesi amacıyla son yıllarda geliştirilen GD bitkilerde antibiyotiğe dirençli işaret genlerinin kullanılmasından da vazgeçilerek, herbisitlere direnç genleri kullanılabilir hale gelmiştir.

Çevre

GD bitkilerin oluşturduğu çevresel endişelerin başında GD değiştirilmiş bitkilerden diğer kültür çeşitleri ile yabanilerine gen kaçışı ve faydalı böcekler ile hedef dışı organizmaların zarar görmesidir. Yapılan araştırmalarda GD mısır, kolza ve şeker pancarından yabancı türlerine yabancı tozlanma ve döllenme sonucunda gen kaçabileceği yönünde önemli bulgular elde edilmiştir [58,59]. Öte yandan, buğday, patates ve arpa gibi bitkilerde ise yabancı türlere gen kaçışı son derece düşük bir ihtimaldir. Özellikle herbisitlere

dayanıklılık genini taşıyan GD bitkilerden yabancı türlerine gen geçmesi sonucunda o türlerin de herbisitlere dayanıklı hale gelmesi kaçınılmazdır. Bundan dolayı yabancı türlerinin bulunduğu ve gen geçişinin olabileceği endişesi ile Meksika’da GD mısır ve Avrupa’da GD kolza ve şekerpancarı üretimine geçilememiştir. Ancak, GD mısır ve kolza yabancı türlerinin bulunmadığı birçok ülkede yaygın olarak üretilmektedir. Türkiye mısır ve pamuğun gen merkezi olmadığından dolayı ülkemiz için böyle bir endişe söz konusu olamayacaktır.

Kelebek ve arılar gibi hedef dışı organizmaların böceklere dayanıklı GD bitkilerden olumsuz olarak etkilenebileceği yönünde endişeler bulunmaktadır. Laboratuvar şartlarında Bt genlerini taşıyan GD bitkilerin polenleriyle beslenen kelebek larvaları üzerine olumsuz etkiler gözlenmesine rağmen, doğal şartlarda bu yönde bir bulguya rastlanmamıştır. Laboratuvarda yapılan bir araştırmada böceklere dayanıklı GD mısır bitkisinden alınan polenler yoğun olarak ipek otu (*Asclepias curassavica*) yaprakları üzerine dökülmek suretiyle kral kelebek larvaları sadece bu yapraklarla beslenmeye zorlanmıştır. Sonuçta fazla miktarda polen yiyen larvaların ölüm oranında artışlar gözlenmiştir [60]. Ancak, daha sonra tarla şartlarında yapılan araştırmalarda Bt geni taşıyan GD mısır polenlerinden kelebek larvalarının etkilenmediği görülmüştür [61,62]. Bt geni taşıyan polenlerin kelebek larvalarına toksik etki gösterebilmesi için polen yoğunluğunun 1.000 polen/cm²’den fazla olması gerekmektedir. Öte yandan, yapılan farklı araştırmalarda mısır tarlaları içinde ve kenarında gelişen ipek kotu yapraklarında mısır polen yoğunluğunun 1–170 polen/cm² arasında değiştiğini (ortalama 50 polen/cm²) göstermiştir.

Son yıllarda özellikle ABD’de toplu arı ölümlerinin GD bitkilerden kaynaklandığına yönelik endişeler bulunmaktadır. Ancak, yapılan araştırmalarda GD bitkilerle bu ölümler arasında herhangi bir bilimsel ilişki kurulamamış ve toplu ölümlerin daha çok viral enfeksiyonlar ile “Koloni Çökme Bozukluğu” (Colony Collapse Disorder; CCD) hastalığından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Koloni çöme bozukluğunun nedeni bilinmemekle birlikte, birden fazla etmenin etkili olabileceği ifade edilmektedir [63].

Kelebekler ve arılardan başka özellikle Bt genlerini taşıyan GD bitkilerin, bu bitkiler üzerinde ve toprakta yaşayan birçok canlı organizmaya da zarar verebileceği endişeleri bulunmaktadır. Bu konularda da çok sayıda araştırma yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalarda genel olarak

Bt genlerini içeren GD bitkilerin kuşlar, akarlar, solucanlar, nematodlar, protozolar, parazitoid ve predatorlar ile topraktaki çok sayıda enzim üzerine etkisi ya olmamış veya düşük olmuştur [64-67]. Bu düşük etkinin ise *cry* proteinlerinden değil de coğrafya, sıcaklık, bitki çeşidi ve toprak tipi gibi etmenlerden kaynaklandığı belirtilmiştir [68].

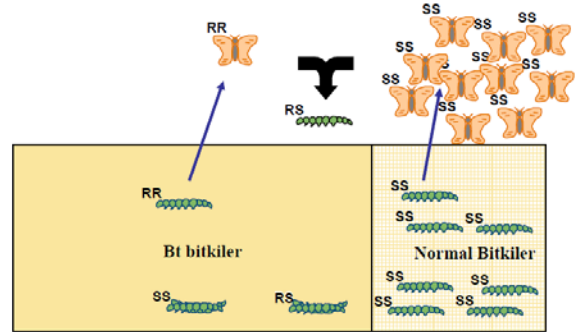
Tarım

Böceklerle ve herbisitlere dayanıklı GD bitkilerin yaygın olarak tarımda kullanılmasıyla hedef organizmaların dayanıklılık kazanması riski bulunmaktadır. Ayrıca, herbisitlere dayanıklı bitkilerin ekim nöbetinde ve geleneksel bitki üretimi ile organik tarım yapan çiftçilerle bu bitkileri üreten çiftçiler arasında da hukuki problemlerin olabileceği endişesi duyulmaktadır.

Böceklerle dayanıklı *Bt* geni taşıyan bitkilerin yaygın olarak üretiminin oluşturabileceği en önemli risk, zararlı böceklerin kimyasal ilaç kullanımında olduğu gibi bu bitkilere karşı zamanla genetik dayanıklılık kazanmasıdır. Eğer *Bt* geni içeren böceklerle dayanıklı GD bitkilerin üretildiği alanlarda bu bitkilere dayanıklı iki böcek (biri erkek diğeri dişi) oluşur ve birbirleriyle çiftleşirlerse, bunlardan gelişen tüm böcekler dayanıklı olacak ve hızla çoğalabileceklerdir.

Diğer taraftan bu dayanıklı iki böcek dayanıksız böceklerle çiftleşirlerse, gelişen döllere tek bir dayanıklılık geni taşıyacaklarından dolayı *Bt* bitkilerin yetiştirildiği alanlarda yaşayamayacaklardır. Oluşabilecek bu dayanıklılığı engellemenin veya yavaşlatmanın bir yolu dayanıksız böcek popülasyonlarının korunmasıdır. Bu amaçla böceklerle dayanıklı GD bitkilerin üretildiği alanlarda "barınak" (refuge) stratejisinin uygulanması zorunlu hale getirilmiştir (Şekil 21). Barınak stratejisinde *Bt* bitkilerin yanına veya içerisine şeritler halinde %5–20 oranında normal bitkilerin ekilmesi ve aşırı bir böcek yoğunluğu olmadığı sürece de ilaçlama yapılmaması önerilmektedir. Bu sayede *Bt* bitkileri içerisinde gelişen dayanıklı böceklerin normal bitkiler içerisinde gelişen *Bt*'ye dayanıksız böceklerle çiftleşmesi sağlanarak genetik olarak dayanıklı böceklerin gelişmesi geciktirilmiş olacaktır. Yapılan araştırmalarda da barınak stratejisinin başarılı olduğu ve yaygın olarak *Bt* bitkilerin üretildiği alanlarda dayanıklılığın geciktirildiği belirlenmiştir [69-71]. Ayrıca dayanıklı böceklerin gelişimi, çeşidin ticari olarak üretimde kalma

süresinden daha uzun bir süre alabilmekte ve önemli mısır zararlılarına karşı birden fazla gen kullanılabildiğinden dolayı böceklerin dayanıklılık kazanmasını engellemek için çiftçilere farklı genleri taşıyan mısır çeşitleriyle ekim nöbeti önerilebilmektedir.



Şekil 21. Barınak stratejisi ile *Bt* bitkilere dayanıklı böceklerin gelişiminin geciktirilmesi. Dr. Ruud A. de Maagd (Plant Research International, Hollanda)'ın VI. Ankara Biyoteknoloji Günleri sunusundan izin alınarak kullanılmıştır [43].

Ekim nöbetinin uygulandığı alanlarda birinci sene herbisitlere dayanıklı GD bitkilerden dökülen tohumların ikinci sene çimlenerek gelişmeleri sonucunda yabancı ot niteliği taşıyan bu bitkilerin herbisitlerle öldürülmesi mümkün olmayacaktır. Ancak, mısır ve soya gibi türlerde kendi gelen bitkiler kış şartlarına dayanamayacaklarından dolayı bu problemin ortaya çıkma durumu söz konusu olmayacaktır. GD bitkilerin üretiminde bir diğer önemli sorun ise mısır gibi yabancı döllenmiş bitkilerde GD bitki çeşitlerinden aynı türün normal çeşitlerine veya organik tarım üretimi yapılan alanlara muhtemel gen kaçışının önlenememesidir. Mısırdaki yapılan çalışmalarda optimum şartlarda yabancı döllenme oranı 17,5 metrede %0,9; 30 metrede %0,5 ve 100 metre mesafede %0,1'e düşmektedir [72]. AB yönetmeliklerine göre %0,9'dan daha az GD ürün içeren gıda ve yemler GD ürün kapsamında değerlendirilmemektedir.

GD Mısır Üretiminin Türk Tarımına Getirebileceği Katkıları

Türkiye'de her yıl ortalama 550 bin hektarlık alanda 3,5 milyon tondan fazla mısır üretimi gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda verimi yüksek hibrit çeşitlerin üretime girmesiyle de verimde çok büyük artışlar gerçekleşmiş olup, hektar başına 10 tona kadar yükselmiştir. Bu üretim ve verim artışının en fazla gerçekleştiği bölgelerin başında Akdeniz bölgesi gelmektedir. Özellikle Çukurova bölgesinde yıldan yıla değişimle birlikte çok önemli oranlarda ikinci ürün mısır üretimi gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde mısırdaki verim

artışıyla birlikte, önemli böcek zararları da ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu zararlıların başında **Mısır kurdu** (*Ostrinia nubilalis*) ve **Mısır koçan kurdu** (*Sesamia nonagrioides*) gelmektedir. Bu böceklerle kimyasal mücadele yapılmadığı takdirde %100'e varan larva bulaşıklığı gözlenebilmekte ve ürün kaybı birinci ürün mısırdaki %10'a geç ekilen ve ikinci ürün mısırdaki ise %100'e çıkabilmektedir. Çukurova bölgesinde önemli oranında ikinci ürün mısır ekimi yapıldığı dikkate alındığında zararın ekonomik boyuta daha fazla olmaktadır. İlaçlama geciktirildiği durumlarda larvalar bitki içerisine girmekte ve daha sonra kimyasal mücadele imkansız hale gelmektedir. Bu bölgemizde yoğun böcek popülasyonların olduğu yıllarda kimyasal ilaçlama sayısı 4-5'e çıkabilmekte ve mücadeleye rağmen önemli verim kayıpları yaşanabilmektedir. Ayrıca, koçanlarda oluşan böcek zararı mikotoksin üretimini de tetiklemektedir. Yapılan bu ağır kimyasal mücadele ekonomik kayıplara ve çevre kirliliğine neden olduğu gibi doğal ekolojik dengeye de çok büyük zararlar verebilmektedir. Özellikle kimyasal mücadelede seçicilik olmadığından dolayı arılar, kelebekler, toprak solucanları kuşlar, parasitoid ve predatorlar önemli boyutlarda zarar görmektedir. Ayrıca, yoğun baskısıyla zamanla zararlı böcekler kullanılan insektisitlere karşı genetik direnç kazanmakta ve daha etkili kimyasalların kullanımına gidilmektedir.

Ülkemizde özellikle de mısır kurdu ve koçan kurdu zararının çok yoğun yaşandığı bölgelerde ve ikinci ürün üretiminde böceklere dayanıklı GD hibrit mısır çeşitlerinin üretimi çiftçilerimize çok önemli avantajlar getirebilecektir. Bu çeşitlerin üretime girmesiyle hem çevreye hem de insan ve hayvan sağlığına çok büyük yararları olan zehirli insektisitlerin kullanımında çok önemli düşüşler olacaktır. Ayrıca, insektisit ve mısır tarımında uygulanması oldukça zor olan ilaçlama maliyetlerinin önüne geçilerek mısır ürünü daha ucuza mal edilebilecektir. Çiftçiler yoğun insektisit kullanımından kaynaklanan olumsuz sağlık problemlerinden daha az etkilenirken, zamandan da önemli ölçüde tasarruf edebileceklerdir. Tam böcek kontrolü yapıldığından dolayı %30'lara yaklaşan verim artışıyla birlikte yaralı mısır danelerinden kaynaklanan mikotoksin üretimi de engellenmiş olacaktır.

Adana koşullarında 1999–2002 ve 2004–2005 yılları arasında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Adana Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü'nce yürütülen ikinci ürün *Bt* mısır alan

denemelerinde GD mısır çeşitleri mısır kurdu ve mısır koçan kurduna karşı çok yüksek oranda dayanıklılık sergilemiştir [17,73,74]. 2004–2005 yıllarında yapılan denemelerde Pioneer 33P67 *Bt* (MON 810), bu çeşidin izogenik hattı Pioneer 33P66 (*Bt*'siz) ve yerli TTM–815 çeşitleri bitki gelişimi, verim, böcek gelişimi ve zararı ile hedef olmayan zararlı böcekler ile predatörlere karşı etkileri yönleriyle karşılaştırılmıştır. Mısır gelişme döneminde 3 defa yapılan kimyasal mücadeleden sonra 33P67 *Bt* mısır çeşidinden 11,39 ton/ha ve 33P66 çeşidinden ise 8,04 ton/ha verim alınmıştır. İlaçlama yapılmaksızın yürütülen denemelerde ise 33P67 *Bt* mısır çeşidi 11,28 ton/ha verim verirken, 33P66 çeşidinin birim alan verimi ise 4,86 ton/ha olarak bulunmuştur (Çizelge 29) [17]. Bu sonuçlar böceklere dayanıklı *Bt* mısır çeşidinin ilaçlama yapılmadığı durumda bile mısır kurdu ve mısır koçan kurduna tam bir dayanıklılık sergilediğini göstermiştir. İlaçlama yapılmadan üretilen *Bt* mısır 3 defa ilaçlama yapılan geleneksel çeşitten %30 daha fazla verim vermiştir. Ayrıca entomolojik çalışmalarda *Bt* mısır çeşidi ile geleneksel mısır çeşitleri karşılaştırıldığında, 33P67 *Bt* çeşidinde mısır kurdu ve mısır koçan kurdu ile bulaşıklık oranı, gövdedeki delik sayısı ve bitkide canlı larva + pupa sayısı ya çok düşük olmuş veya tespit edilememiştir. Aynı çalışmalarda hedef olmayan Zararlı böcekler, predator böcekler ve örümcekler de *Bt* mısır çeşitlerinden negatif olarak etkilenmemiştir [17,74]. Yine, bölgede mısır dane ürününde yaygın olarak (%69) bulunan *Fusarium moniliforme*'nin neden olduğu kanserojen mikotoksin fumonisin üretimi DK–626 *Bt* mısır çeşidinde, klasik mısır çeşitlerine göre 2001 yılında 6–7 kat ve 2002 yılında ise 15–20 kat daha düşük bulunmuştur [30].

Çizelge 29. Adana koşullarında 2004–2005 yıllarında yürütülen denemelerde *Bt* mısır ve geleneksel çeşitlerin birim alan verimleri.

Çeşit	Dane verimi (ton/ha)	
	İlaçlı	İlaçsız
33P67 <i>Bt</i>	11,39	11,28
33P66	8,04	4,86
TTM 815	7,82	4,42

Cerit 2006 [17]'dan alınmıştır

Yapılan ekonomik analizlerde Çukurova bölgesinde *Bt* mısır çeşitlerinin üretilmesiyle verimin geleneksel hibrit çeşitlerine göre %30 daha fazla olması ve zirai mücadele maliyetlerinin de önemli ölçüde azalması neticesinde üretici

brüt karının %71,4 oranında daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir. Bunun sonucunda ikinci ürün mısır üreticilerinin kg başına ilave olarak net %22,2 daha fazla kazanç sağlayabilecekleri ifade edilmektedir. Ayrıca, Çukurova bölgesinde muhtemel *Bt* mısır üretimiyle kısa dönemde ikinci ürün mısır ekim alanlarının %37,5; buğday ekim alanlarının da %5,4 oranında artmasıyla bölge ekonomisine 29 milyon dolar ilave gelir sağlanabileceği belirtilmektedir [75-77].

Son yıllarda hem böceklerle hem de herbisitlere dayanıklı GD bitkiler tercih edilir hale gelmiş olup, en önemli kullanım alanını mısır üretiminde bulmuştur. Bu tür GD mısır çeşitlerinin üretimiyle her iki özelliğin getirmiş olduğu avantajlar tek çeşitte toplanmış olmaktadır. Herbisitlere dayanıklı mısır üretimiyle özellikle sulanan ve verimli alanlarda ortaya çıkan ve mücadelesi son derece zor olan yabancı otlar az bir herbisit uygulamasıyla tamamen kontrol altına alınabilecektir. Bunun sonucunda verim artışıyla birlikte işçilikten de önemli ölçüde tasarruf sağlanabilecektir. Ayrıca, çift özelliği taşıyan bu bitkilerde işaret geni olarak herbisitlere direnç geni kullanılmasıyla dolaylı, antibiyotiklere dirençli işaret genlerinin kullanımı da engellenmiş olmaktadır.

SONUÇ

Dünyada üretim olarak birinci sıraya yerleşen mısır, insan beslenmesinde buğday ve çeltikten sonra en fazla kullanılan bitkilerin başında gelmektedir. Yüksek bir gelişme hızına sahip olan ve modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi haline gelen mısırın birim alan verimi buğday ve arpanın yaklaşık iki katıdır. Günümüzde insan ve hayvan beslenmesinde vazgeçilmez hale gelen mısırın doğrudan veya dolaylı olarak üretimine katıldığı 4.000 civarında farklı ürün mevcuttur. Danesi yüksek oranlarda bulunan nişasta, protein, farklı şeker türleri, lif, yağ demir, magnezyum, potasyum, A, B1, B3, B9 ve C vitamini içeriğinden dolayı önemli bir insan gıdasıdır. Sindirilebilirliği yüksek mısır yağı, temel (linoleik) ve doymamış yağ asitleri ile vitamin E bakımından oldukça zengindir. Yapılan araştırmalar yüksek oranda (%86) doymamış yağ asitleri içeren mısır yağının kolesterolü düzenleme ve düşürmede diğer bitkisel yağlardan çok daha etkili olduğunu göstermiştir.

Yüksek protein ve A vitamini içermesinden dolayı sarı renkli mısır daneleri tüm çiftlik hayvanlarının vazgeçilmez yem kaynağı haline gelmiştir. Mısır danelerinin doğrudan hayvan yemi olarak kullanımı yanında, mısır rafine

işleminde sonra ortaya çıkan protein, lif, minareler ve vitaminlerce zengin yan ürünler (%25-30) de çiftlik hayvanları için önemli bir yem kaynağıdır. Yine yüksek verimi, kalitesi ve lezzeti sayesinde silajlık mısır üretimi de büyükbaş hayvan beslemesinde vazgeçilemez hale gelmiştir.

Güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştüren yüksek kapasiteli bir fabrikaya benzeyen mısırdaki enerji nişasta, yağ ve selüloz olarak depolanmıştır. Çok fonksiyonlu bir karbonhidrat olan nişasta fiziksel, kimyasal ve enzimatik yollarla değiştirilerek giydiğimiz elbiseden yediğimiz yemeğe kadar binlerce işlenmiş üründe kullanılmaktadır. Yine mısır nişastasından bol miktarda ve düşük maliyetle elde edilen mısır şurubu, dekstroz ve früktoz gibi doğal tatlandırıcılar birçok olumlu yönleri yanında son derece besleyicidirler.

Mısır gibi güneş enerjisini yakalayan ve depolayan bitkiler önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Son yıllarda mısırın biyo-yakıt (biyo-etanol) üretiminde kullanılan bitkilerin başında gelmesi önemini bir kat daha artırmıştır. Mısır nişastasından rafinerilerde şekerlerin fermantasyonu sonucunda elde edilen etanol biyo-yakıt olarak yüksek performans gösterirken zehirli ekzost emisyonunu da azaltmaktadır. Etanol üretimine ilave olarak bu rafinerilerde mısır yağı ve mısır glüten yemi gibi çok değerli ürünler de elde edilmektedir.

Dünya genelinde yaklaşık 150 milyon hektar gibi büyük bir ekim alanına sahip mısırın üretimi ise 785 milyon tondur. Bu yüksek üretim miktarı mısırın insan ve hayvan beslemesine yapmış olduğu katkının büyüklüğünü ortaya açık olarak koymaktadır. Dünyada üretilen toplam mısırın yaklaşık 1/3'ünün üretildiği ABD'de çok önemli bir mısır endüstrisi de oluşmuştur. Dünyada ihracatı yapılan yaklaşık 96 milyon tonluk mısırın 62 milyon tonu (%65) da ABD tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de ise 550 bin hektarlık alanda yıllık ortalama 3,5 milyon ton mısır üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu üretimin önemli bir kısmı Akdeniz bölgesinde olup, ikinci ürün mısırın payı da oldukça yüksektir. Türkiye mısır üretimi için önemli potansiyele sahip olmasına rağmen, mısır üretimi istenen seviyelere ulaşamamıştır. Halen ülkemiz yıllık ortalama bir milyon ton civarında mısır ithal etmektedir. Bu ithalatın önemli bir kısmı da ABD, Ukrayna, Arjantin ve Romanya gibi ülkelerden yapılmaktadır.

Ülkemizde mısır üretiminin istenen seviyeye gelememesinin önündeki en büyük engel girdi maliyetlerinin

yüksek ve piyasa fiyatının da düşük olmasıdır. Düşük kar ve zarar etme endişesi Türkiye’de mısır üretiminin artmasını büyük ölçüde engellemektedir. Ayrıca mısır işleme sanayisinin yeterince oluşmaması, her bölgede kurutma tesislerinin olmaması ve tesis işletme maliyetlerinin de yüksek olması mısır tarımının gelişmesinde önemli bir engel olarak görülmektedir.

Ülkemizde mısır verim ve kalitesi ile karlılığını azaltan en önemli üretim sorunlarının başında da zararlı böcekler gelmektedir. Diğer birçok ülkede olduğu gibi **Mısır kurdu** (*Ostrinia nubilalis*) ve **mısır koçan kurdu** (*Sesamia nonagrioides*) ülkemizde hemen hemen tüm üretim alanlarında zarar yaparken, en önemli zararını Akdeniz bölgesinde ikinci ürün mısır üretiminde yapmaktadır. İkinci üründe ilaçlama yapılmadığı takdirde bu zarar %100’e ulaşabilmekte ve özellikle önemli miktarda ikinci ürün mısır üreten Çukurova bölgesinde ekonomik kayıplar daha da fazla olabilmektedir. Böcek popülasyonlarının yoğun olduğu yıllarda bu bölgemizde kimyasal ilaçlama sayısı 4-5’e çıkabilmektedir. Ayrıca, beslenmesini sap veya koçan içinde yapan larvaları ile kimyasal mücadele zaman zaman etkisiz kalabilmektedir. Yoğun kimyasal uygulaması ikinci ürün mısırdaki karlılığı azaltırken çok büyük bir çevre kirliliğine de neden olmaktadır. Öte yandan, son yıllarda biyoteknolojik yöntemlerle geliştirilen böceklere dayanıklı GD bitkiler zararlı böcek sorununu aşmada çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bugün en önemli mısır üreticisi olan ülkelere ABD’de üretilen mısırın %80’i GD çeşitlerinden oluşmaktadır. Günümüzde 7 AB ülkesinin de içerisinde bulunduğu toplam 17 ülkede GD mısır üretimi gerçekleştirilmektedir. İlave olarak, toplam 54 ülke GD mısırın gıda ve yem amaçlı ithalatına izin vermiş durumdadır. Aynı şekilde ülkemizin ithal ettiği mısırın önemli bir kısmı da ABD başta olmak üzere GD mısır üreten ülkelere yapılmaktadır. Böceklere dayanıklı GD mısır üretiminin yapıldığı alanlarda insektisit kullanımı önemli oranda azalırken, verim ve kalitede de önemli artışlar gözlenmektedir. Benzer sonuçlar 1999–2001 ve 2004–2005 yıllarında Adana’da yapılan böceklere dayanıklı mısır çeşitlerinin alan denemeleri sonucunda da elde edilmiş olup, GD ikinci ürün mısır üretiminin Akdeniz bölgesinde karlılık ve ekim alanını önemli oranda artırabileceğini göstermiştir. Ayrıca, böceklere dayanıklılıkla birlikte herbisitlere dayanıklılık özelliğini birlikte taşıyan çeşitlerin üretimiyle yabancı ot mücadelesi daha da kolaylaşacak ve yabancı

otlardan kaynaklanan verim kayıplarının önüne geçilebilecektir.

Mısır bitkisi ülkemizin birçok bölgesinde olduğu gibi GAP bölgesinin sulanabilen alanlarında da ana ve ikinci ürün olarak ekim nöbetine girebilecek önemli bitkilerin başında gelmektedir. Akdeniz ve GAP bölgesinde mısır kışlık tahıllar ve baklagillerden sonra çok önemli bir ikinci ürün seçeneği oluşturmaktadır. Ancak, bu bölgelerimizde mısır kurdu ve koçan kurdu özellikle ikinci ürün mısır tarımını tehdit eder hale gelmiştir. Bu zararlılara karşı yapılan yoğun kimyasal mücadele ikinci ürün mısır tarımının getirdiği önemli avantajlara engel teşkil etmektedir. Bu bölgelerimizde özellikle böceklere dayanıklı GD mısır çeşitlerinin kullanılması ikinci ürün mısır tarımını karlı hale getirerek daha da yaygınlaşmasını sağlayacaktır. İlave olarak ülkemizde mısır işleme sanayinin geliştirilmesi ve uygun fiyat politikaları mısır üretiminin katlanmasına yol açabilecektir. Bu üretim artışı neticesinde petrolde dışa bağımlı olan ülkemizde biyo-yakıt endüstrisinin de önüne açabilecektir.

Böcek ve herbisitlere dayanıklı GD mısır çeşitleri üzerine yapılan yoğun araştırmalar bu bitkilerin insan ve hayvan sağlığı üzerine önemli bir risk oluşturmadığı gibi hedef dışı organizmaları da tehdit etmediği belirlenmiştir. Ancak, bu bitkilerin tarım sistemine girmesiyle önlemler alınmazsa geleneksel yöntemlerle üretimin yapıldığı alanlara gen kaçışının olabileceği, zamanla zararlıların bu bitkilere karşı genetik dirençlilik kazanacağı gibi riskler mevcuttur. GD mısır üretiminin yapıldığı ülkelerdeki benzer risk yönetimleri uygulandığı takdirde muhtemel risklerin önüne geçilebileceği gibi, bu çeşitlerin getirmiş olduğu avantajlardan ülkemiz çiftçisi de yararlanmış olacaktır. Belki de başlangıçta GD mısırın kontrollü olarak sadece Akdeniz ve GAP bölgesinde ikinci ürünle sınırlı tutulması oluşabilecek muhtemel risklerin yönetimini daha da kolaylaştıracaktır. GD mısırın ülkemizde üretimine karar verirken geleneksel ikinci ürün mısır üretiminde 4–5 defa uygulanan böcek öldürücü kimyasalların çevre, insan ve hayvan sağlığına yapmış olduğu tahribatın derecesinin de araştırılarak dikkate alınması faydalı olacaktır. Üstelik bu kimyasalların önemli bir kısmının oluşturduğu risklerden dolayı son yıllarda yasaklandığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Ürün verimini artırmak için zararlı böcekler, hastalıklar ve yabancı otlarla mücadelede kullanılan kimyasal ilaçların

ekolojik denge ile insan ve hayvan sağlığına verdiği zararlar gibi, GD bitkilerin üretime girmesiyle dikkatli olunmadığında bazı risklerin oluşması da muhtemeldir. Bilimsel temeli olmayan nedenlerle bu teknolojinin tamamen kullanımını engellemek yerine, ülkemizin kendi koşulları da dikkate alınarak bilimsel veriler ve yaygın olarak üretildiği ülkelerdeki sonuçların esas alınması gerekmektedir. GD bitkilerin üretimi ile gıda ve yem olarak tüketimi konusunda yasal düzenlemeler AB tarafından yapılmış olup, birçok AB ülkesinde GD bitkiler sınırlı da olsa üretilmeye başlanmıştır. AB'ne girme yönünde birçok alanda yasal düzenlemeler yapan Ülkemizin, GD bitkilerin üretim ve tüketimi konusunda da yasal düzenlemeler yapması kaçınılmaz hale gelmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Kırtok Y. 1998. Mısır Üretimi ve Kullanımı. s.1-445. Kocaelik Basın ve Yayınevi, İstanbul.
- [2] CRA 2006a Corn Refiners Association; Corn oil. 1701 Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, D.C. (www.corn.org/CornOil.pdf).
- [3] White PJ, Johns LA. 2003. Corn Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA
- [4] USDA: United States Department of Agriculture (www.usda.gov).
- [5] NCGA 2007. National Corn Growers Association; Energized, world of corn. 632 Cepi Drive, Chesterfield, MO 63005 (www.ncga.com/WorldOfCorn/main/WorldOfCorn2007.pdf)
- [6] Emeklier Y. 2002. Altın tanesi mısırın kimyası ve endüstride kullanımı. s. 100-125. Üretimden Tüketime Mısır Paneli Tebliği. T.C. Sakarya Valiliği .19 Aralık 2002. Sakarya.
- [7] Turgut İ. 2002. Silajlık mısır yetiştirme ve verimlilik. s. 45-62. Üretimden Tüketime Mısır Paneli Tebliği. T.C. Sakarya Valiliği .19 Aralık 2002. Sakarya.
- [8] CRA 2006b. Corn Refiners Association; Corn wet milled products. 1701 Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, D.C. (www.corn.org/Feed2006.pdf).
- [9] CRA 2006c. Corn Refiners Association; Corn starch. 1701 Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, D.C. (www.corn.org/Starch2006.pdf).
- [10] CRA 2006d. Corn Refiners Association; Nutritive Sweeteners from Corn. 1701 Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, D.C. (www.corn.org/NSFC2006.pdf).
- [11] FAO 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division.
- [12] TMO: Toprak Mahsulleri Ofisi 2007 Yılı Hububat Raporu (www.tmo.gov.tr).
- [13] Arıoğlu, H. 2008. Mısır üretiminin Türkiye tarımı açısından önemi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- [14] TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu tarımsal Yapı 2006.
- [15] DTM: TC Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı.
- [16] Derke EC, Dahwe HW, Schönbeck F, Weber A. 1994. Crop Production And Crop Protection. Elsevier, Amsterdam. 808 P.
- [17] Cerit i, Güllü M, Sarihan H, Kanat AD, Turkay MA, Uçak AB. 2006. Mısırkurdu (*Ostrinia nubilalis* Hübner) (Lepidoptera: Crambidae) ve mısır koçankurdu (*Sesamia nonagrioides* Lefebvre) (Lepidoptera: Noctuidae) 'na dayanıklı transgenik mısır çeşidi Pioneer 33P67 (MON 810) *Bt*' nin Alan Denemesi. Projesi sonuç raporu, Adana.
- [18] Tsitsipis JA. 1988. The corn Stalk borer, *Sesamia nonagrioides*: Forecasting, crop loss assesment and pest management. Integrated crop protection in cereals. Balkema, Rotherdam, Brookfield, 171-177.
- [19] Zeren O, Güllü M, and Şimşek N. 1988. Some Biological Investigations Relating To The Control of Stalk Borer (*Sesamia* spp.) And European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) on Corn in Mediterranean Region. Proceedings of a Symposium On Corn Borers And Control Measures, 1-3 November Adana, 1-19
- [20] Şimşek N, Güllü M. 1992. Akdeniz Bölgesi'nde Mısırdaki Zarar Yapan Mısır Koçankurdu (*Sesamia nonagrioides* Lef.) (Lepidoptera: Noctuidae) ve Mısırkurdu (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Mücadelesine Esas Olabilecek Biyolojik Kriterlerin Araştırılması. Türkiye II. Entomoloji Kongresi Bildirileri 28-31 Ocak 1992, Adana, pp. 501- 512
- [21] Kayapınar A, Kornoşor S. 1998. Çukurova Bölgesi'nde Mısır Koçankurdu'nun Mevsimsel Çıkışı ve Populasyon Gelişmesi. Proceedings Of a Symposium on Corn Borers And Control Measures, 1-3 November Adana, 87-91
- [22] Şimşek N, Güllü M, Zeren O. 1988. Studies on Effectiveness of Some Agrochemicals Against Stem Borers, *Sesamia nonagrioides* Lef., *S. cretica* Led. and European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. in Mediterranean Region of Turkey. Proceedings of a Symposium On Corn Borers And Control Measures, 1-3 November Adana, pp. 44-54.
- [23] Konak C. 1988. Planting of Maize At Different Times To Reduce Borer Damage in Eagen Region. Proceedings of a Symposium on Corn Borers And Control Measures, 1-3 November Adana, pp.21-24
- [24] TKB 2005. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Adana İl Müdürlüğü. Adana İli Tarımsal İstatistik Verileri, Cep Kitapçığı, Yayın No: 2, Adana.
- [25] FAO 2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003. FAO Food and Nutrition Paper No. 81. Rome.

- [26] Kendra DF, Dyer RB. 2007. Opportunities for biotechnology and policy regarding mycotoxin issues in international trade. *International Journal of Food Microbiology* 119 (2007) 147-151
- [27] Dowd PF. 1995. Sap beetles and mycotoxins in maize. *Food Additives and Contaminants* 12, 497-508.
- [28] Dowd PF. 2000. Indirect reduction of ear molds and associated mycotoxins in *Bacillus thuringiensis* corn under controlled and open field conditions: utility and limitations. *Journal of Economic Entomology* 93, 1669-1679.
- [29] Munkvold GP, Hellmich RL, Rice LG. 1999. Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. *Plant Disease* 83: 130-138.
- [30] Tatlı F, Güllü M, Özdemir F. 2004. Determination of fungi species, relationships between ear infection rates and fumonisin quantities in Bt maize. *GMOs in Integrated Production IOBC wprs Bulletin*. 27: 161-164.
- [31] Özcan S. 1995. *Agrobacterium*: Bitkilerin doğal genetik mühendisi. *Bilim-Teknik*, 332: 98-99.
- [32] Özcan S, Özgen M. 1996. Bitki Genetik Mühendisliği. *Kükem Dergisi*, 1: 69-95.
- [33] Özcan S, Sancak C. 2005. Modern Biyoteknoloji Uygulamaları: Modern biyoteknolojinin bitkisel üretimde kullanımı. TKB TAGEM, Yenimahalle, ANKARA.
- [34] Özcan S, Uranbey S, Sancak C, Parmaksız İ, Gürel E, Babaoğlu M. 2004. *Agrobacterium* Aracılığıyla Gen Aktarımı. Özcan S, Gürel E, Babaoğlu M (eds), Bitki Biyoteknolojisi II, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya, s. 113-159.
- [35] Wang K, Herrera-Estrella L, Van Montagu M, Zambryski P. 1984. Right 25 bp terminus sequence of nopaline T-DNA is essential for and determines direction of DNA transfer from *Agrobacterium* to the plant genome. *Cell*, 38: 455-462.
- [36] Özcan S, Firek S, Draper J. 1993. Selectable marker genes engineered for specific expression in target cells for plant transformation. *Bio/Technology*, 11: 218-221.
- [37] Fernandez-Cornejo J, Caswell M. 2006. The first decade of genetically engineered crops in the United States. *Economic Research Service Economic/USDA, EIB-11*.
- [38] Murakami T, Anzai H, Imai S, Satoh A, Nagaoka K, Thompson CJ. 1986. The bialaphos biosynthetic genes of *Streptomyces hygroscopicus*: molecular cloning and characterization of the gene cluster. *Mol. Gen. Genet.* 205: 42-50.
- [39] Öktem HA. 2004a. Herbitsitlere Dayanıklı Transgenik Bitkilerin Geliştirilmesi. Özcan S, Gürel E, Babaoğlu M (eds), Bitki Biyoteknolojisi II, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya, s. 190-207.
- [40] Grochulski P. 1995. *Bacillus thuringiensis* CryIA(a) insecticidal toxin-crystal structure and channel formation. *J. Mol. Biol.* 254: 447-464.
- [41] Knowles BH, Dow JAT. 1993. The crystal endotoxins of *Bacillus thuringiensis*-models for their mechanisms of action on the insect gut. *BioEssays*, 15: 469-476.
- [42] Öktem HA. 2004b. Böceklerle Dayanıklı Transgenik Bitkilerin Geliştirilmesi. Özcan S, Gürel E, Babaoğlu M (eds), Bitki Biyoteknolojisi II, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya, s. 208-238.
- [43] de Maagd, RA. 2007. The use of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins for insect control. VI. Biyoteknoloji Günleri, 15-17 Kasım 2007, Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü Yayınları: 47-61, Ankara
- [44] James C. 2007, 2008. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops (www.isaaa.org).
- [45] Çakır Ş, Yamanel Ş. 2005. Böceklerde İnsektisidlere Direnç. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi* 6: 21-29.
- [46] EFSA 2006a. European Food Safety Authority; Guidance document of the scientific panel on genetically modified organisms for the risk assessment of genetically modified microorganisms and their derived products intended for food and feed use. *The EFSA Journal* 99: 1-100.
- [47] Paoletti C, Flamm E, Yan W, Meek S, Renckens S, Fellous M, Kuiper H. 2008. GMO risk assessment around the world: Some examples. *Trends in Food Science & technology* 19: 70-78.
- [48] EFSA 2006b. European Food Safety Authority; Guidance document of the scientific panel on genetically modified organisms for the risk assessment of genetically modified microorganisms and their derived products intended for food and feed use. *The EFSA Journal* 374: 1-115.
- [49] Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. 1996. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *New England Journal of Medicine* 334 : 688-692
- [50] EFSA 2008. European Food Safety Authority; Safety and nutritional assessment of GM plants and derived food and feed: the role of animal feeding trials. Report of the EFSA GMO Panel Working Group on Animal Feeding Trials. *Food and Chemical Toxicology* 46: 2-70
- [51] Velimirov A, Binter C, Zentek J. 2008. Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice.
- [52] Malatesta M, Boraldi F, Annovi G, Baldelli B, Battistelli S, Biggiogera M, Quaglino D. 2008. A long-term study on female mice fed on genetically modified soybean: effects on liver ageing. *Histochem Cell. Biol.* 130: 967-977
- [53] Krohnsbo S, Madsen C, Poulsen M, Schroder M, Kvist PH, Taylor M, Gatehouse A, Shu Q, Knudsen I. 2008. Immunotoxicological studies of genetically modified rice expressing PHA-E lectin or Bt toxin in

- wistar rats. *Toxicology* 245: 24-34.
- [54] Finamore A, Roselli M, Britti S, Monastra G, Ambra R, Turrini A, Mengheri E. 2008. Intestinal and peripheral immune response to MON810 maize ingestion in weaning and old mice. *J.Agric.Food.Chem* 56: 11533-11539
- [55] Schröder M, Poulsen M, Wilcks A, Kroghsbo S, Miller A, Frenzel T, Danier J, Rychlik M, Emami K, Gatehouse A, Shu Q, Engel KH, Altosaar I, Knudsen, IB. 2007. A 90-day safety study of genetically modified rice expressing Cry1Ab protein (*Bacillus thuringiensis* toxin) in Wistar rats. *Food and Chemical Toxicology* 45: 339-349
- [56] Kılıç A, Akay MT. 2008. A three generation study with genetically modified Bt corn in rats: Biochemical and histopathological investigation. *Food and Chemical Toxicology* 46: 1164-1170.
- [57] EFSA 2007. European Food Safety Authority; Statement of the scientific panel on genetically modified organisms on the safe use of the nptII antibiotic resistance marker gene in genetically modified plants. Parma: European Food Safety Authority.
- [58] Bartsch D, Cuguen J, Biancardi E, Sweet J. 2003. Environmental implications of gene flow from sugar beet to wild beet – current status and future research needs. *Environ. Biosafety Res.* 2 (2003) 105-115.
- [59] Jenczewski E, Ronfort J, Chevre A. 2003. Crop-to-wild gene flow, introgression and possible fitness effects of transgenes. *Environ. Biosafety Res.* 2: 9-24.
- [60] Losey JE, Rayor LS, Carter ME. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214.
- [61] Sears MK, Hellmich RL, Stanley-Horn DE, Oberhauser KS, Pleasants JM, Mattila HR, Siegfried BD, Dively GP. 2001. Impact of *Bt* corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98: 11937-11942.
- [62] Stanley-Horn DE, Dively GP, Hellmich RL, Mattila HR, Sears MK, Rose R, Jesse LCH, Losey JE, Obrycki JJ, Lewis L. 2001. Assessing the impact of Cry1Ab-expressing corn pollen on monarch butterfly larvae in field studies. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98: 11931-11936.
- [63] Calderone, N. 2007. Bee Colony Collapse Disorder: Could It Be Parasites, Pathogens Or Pesticides? *ScienceDaily* (May 12, 2007).
- [64] Vercesi, M.L., Krogh, P.H., Holmstrup, M. 2006. Can *Bacillus thuringiensis* (Bt) corn residues and Bt-corn plants affect life-history traits in the earthworm *Aporrectodea caliginosa*? *Applied Soil Ecology* 32: 180-187.
- [65] Zhang GF, Wan FH, Liu WX, Guo JY. 2006. Early instar response to plant-delivered Bt-toxin in a herbivore (*Spodoptera litura*) and a predator (*Propylaea japonica*). *Crop Protection* 25: 527-533.
- [66] Davidson MM, Butler RC, Wratten SD, Conner AJ. 2006. Impacts of insect-resistant transgenic potatoes on the survival and fecundity of a parasitoid and an insect predator. *Biological Control* 37: 224-230.
- [67] Sanders CJ, Pell JK, Poppy GM, Raybould A, Garcia-Alonso M, Schuler TH. 2007. Host-plant mediated effects of transgenic maize on the insect parasitoid *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Biological Control* 40: 362-369.
- [68] Icoz, I. ve Stotzky, G. 2008. Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 559-586.
- [69] Sivasupramaniam S, Head GP, English L, Li YJ, Vaughn TT. 2007. A global approach to resistance monitoring. *Journal of Invertebrate Pathology* 95: 224-226.
- [70] Huang F, Parker P, Leonard R, Yong Y, Liu J. 2008. Frequency of resistance alleles to *Bacillus thuringiensis*-corn in Texas populations of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Protection*, 1-7.
- [71] Tabashnik BE. 2008. Delaying insect resistance to transgenic crops. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105: 19029-19030.
- [72] Della Porta G, Ederle D, Bucchini L, Prandi M, Pozzi C, Verderio A. 2006. Gene flow between neighboring maize fields in the Po Valley. *Cedab, Viale Beatrice d'Este, 15, 20122 Milona, İtalya* (www.cedab.it).
- [73] Güllü M. 2002. Efficacy of Bt corn to target, non-target and beneficials organisms. *Bt. Maize Forum*, 26-27 September 2002, Peyrehorade, France.
- [74] Güllü M, Tatlı F, Kanat AD, İslamoğlu M. 2004. Population development of some predatory insects on Bt and non-Bt maize hybrids in Turkey. *GMOs in Integrated Production, IOBC wprs Bulletin Vol. 27* (3) 2004, pp 85-91.
- [75] Koç AA. 2003. "Türkiye'de Bt Mısır Tohumu Kullanımının Ekonomik Etkileri". XIII. Biyoteknoloji Kongresi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 25-29 Ağustos 2003, Çanakkale.
- [76] Aktaş E. 2006. Dünya Transgenik Üretimindeki Gelişmeler ve Çukurova Bölgesi Mısır Tarımında Olası Bt Tohum Kullanımının Ekonomik Etkileri. *Dünya Gıda Dergisi*. Sayı: 2006-09. İstanbul.
- [77] Aktaş E, Yurdakul O. 2005. Ç.Ü. Destekleme ve Teknoloji Politikalarının Çukurova Bölgesinde Mısır Tarımı Üzerine Etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*. Adana.