|  |
| --- |
| **T.C.**  **SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**  **ZİRAAT FAKÜLTESİ**  **TARLA BİTKİLERİ** |
| **GDO’LU ÜRÜN GELİŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN MİKROORGANİZMALAR** |
| 248_genetik_gdo |
|  |
| **AYHAN AYDOĞDU** |
| **01.04.2011** |

**İÇİNDEKİLER**

1.Giriş 2

2. Gen Transferi Tekniklerİ 5

2.1. Agrobacterium-aracılığıyla gen transferi 5

2.2.Gen tabancası tekniği (The ``gene-gun'' technique) 5

3. Doğrudan DNA transferi teknikleri 6

3.1. Biyolistik Gen Transferi (Partikül Tabancası ile Gen Aktarımı) 6

3.2. Protoplastlara Direk Gen transferi 6

3.3. Mikro enjeksiyon 6

4. Diğer gen transferi teknikleri 7

4.1. Sonikasyon 7

4.2. Lazer mikro ışınlarıyla transformasyon 7

4.3. Silikon Karbit Fiberleri ile transformasyon 7

4.4. Desikasyon 7

4.5. Üreme hücrelerine DNA enjeksiyon 7

5. Hedef Molekülün Modifikasyonu 11

6. Hedef Molekülün Fazla Üretimi 12

7. Aktarılan Genlerin Özellikleri 12

7.1. Agrobacterium tumefaciens 12

7.2. Flavr Savr 12

7.3. Bacillus thuringiensis spp. 13

7.4. Streptomyces hygroscopicus 13

7.5. Bitkilere Aktarılan Diğer Genler 13

8. KAYNAKLAR 15

**1. Giriş**

Bitkilerde ve diğer canlılarda genler belirli uzunlukta DNA sekanslarından oluşmakta ve diğer canlılardan ayrı olarak bitkilerde kloroplast (cpDNA) ve mitokondrilerde (mtDNA) olmak üzere 2 ayrı yerde daha genom (kalıtım materyali topluluğu) bulunmaktadır. Ayrıca politen kromozomları hariç bir kromozom çok uzun, çift şeritli bir DNA molekülü ve çeşitli histon proteinlerinin düzgün bir şekilde sıralanarak oluşturduğu kromatin denilen yapılardan oluşmaktadır.

Genlerin tezahürü için DNA-mRNA-polipeptid-protein veya proteinler (enzim), veya DNA-transkripsiyon-translasyon-proteinler-ekspresyon zincirinin oluşması ve çalışması gerekir. Bir bitkide ister çekirdek içinde bulunsun, isterse diğer genomlarda bulunsun genetik materyalin temeli olan DNA üzerine dışarıdan belirli uzunlukta bir DNA sekansının yerleştirilmesi ve yerleştirilen bu parçanın entegrasyonu sonucu aktif hale geçerek kendi özelliğini yukarıdaki yolla dışarıya vurması (ekspresyon) ve yeni nesillere aktarılması işlemine gen transferi denilmektedir.

Genetik biliminin temeli olarak gösterilen Gregor Mendel’in 1865 yılında yayınlanan araştırma sonuçlarından bazıları olan dolgun (düz) taneli bezelyeler (RR) ile kırışık taneli (rr) bezelyelerin kalıtımı şimdiye kadar bir çok genetik kitabında okutulmuştur. Bu bezelyeler de dolgun taneliliğin ilgili genin homozigot dominant (RR, R: round) veya heterozigot (Rr) olması halinde, kırışık taneliliğin ise sadece genin her iki lokusta da homozigot resesif (rr, r: wrinkled) olması durumunda ortaya çıktığı bildirilmiş fakat genin işleyiş mekanizması ve bu karakteri ortaya çıkarma şekli ancak 1990’lı yıllarda yapılan biyoteknolojik analizler sonucu açıklığa kavuşturulmuştur. Dolgun olmayı sağlayan enzimin Nişasta-Dallandırma Enzimi I İzoformu (SBEI, gen ürünü) olduğu belirlenmiş ve düzgün amiloz zincirlerini dallı amilopetkin polimerlerine çevirdiği tespit edilmiştir. Dolgun tanelerde ilk gelişim devresinde bu gen aktif hale geçmekte fakat kırışık tanelilerde bulunmamaktadır. RR ve Rr genotipindeki tanelerde yüksek oranda amilopektin 1 ile birlikte fazla miktarda nişasta bulunmakta, rr genotipindeki tanelerde ise daha az nişata ve amilopektin fakat daha fazla sakkaroz bulunmaktadır. Sakkaroz ozmotik olarak aktif olduğundan kırışık taneli bezelyeler daha fazla su absorbe etmekte ve tane olgunlaşmaya başladığında ortaya çıkan su kaybı nedeniyle büzülmekte ve kırışıklılık ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan nişasta ozmotik olarak aktif olmadığından bu tür taneler daha az su almakta ve neticede kuruduklarında daha az su kaybetmektedirler (Moore vd., 1995).

Bu durum genlerin nasıl işlediğini ve fenotipi nasıl etkilediklerini gösteren iyi bir örnektir. Fakat yukarıdaki durumda ilgili karakter tek bir gen çifti tarafından idare edilmektedir. Özellikle tarımsal açıdan önemli bazı karakterler (Örnek: verim) birden fazla gen çifti tarafından kontrol edilmekte ve genetik olarak bitkilerin manipülasyonunu zorlaştırmaktadır.

Bir bitkiye gen transferi yapılabilmesi için en önemli temel ihtiyaçlardan birisi, in vitro şartlarda o bitkinin tek bir hücresinden tekrarlanabilir bir şekilde yeni bitkilerin meydana gelebilmesidir. Bu olaya totipotensi denilmektedir. Başka bir ifadeyle, gen transferi yapılacak bitki hücresine ilgili DNA parçasını (gen) transfer etmek ve daha sonra uygun doku kültür teknikleri ile bu hücreyi önce çoğaltıp (kallus devresi) veya direkt olarak bu hücreden (somatik embryogenesis) yeni bir bitki oluşturulması gerekir (regenerasyon). Bunun nedeni ve amacı, transferi yapılan genin, mitoz bölünme ile tüm bitki hücrelerinde stabil olarak bulunmasının temin edilmesidir. Ayrıca bu genin nesilden nesile tohumla aktarılması gerekir. Aksi durumda kimerik bir organizma ortaya çıkar ve etkili bir gen transferi yapılmış sayılamaz. Bitkilerde gen transferi klasik bitki ıslahı çalışmalarına yardımcı olmak ve genetik varyasyonu genişletmek açılarından faydalı olabilmektedir. Ayrıca klasik ıslah çalışmaları uzun zaman almaktadır. Bitkilere gen transferinin diğer amaçları arasında kuraklık, don, yüksek asitlilik ve tuzluluk, bakteriyal, viral ve fungal hastalıklarla, herbisitlere dayanıklılık kazandırmak, besin değerini (protein, nişasta, yağ, sakkaroz vb.) artırmak ve iyileştirmek sayılabilir.

Bitkilere gen aktarımında yabancı DNA'nın kabul edilip edilmediğinin anlaşılması ve seleksiyonun daha kolay yapılabilmesi için aktarılan DNA parçası üzerinde istenilen genle birlikte genellikle markör (işaret) ve raportör genler de bulunur. En yaygın kullanılan markör genler nptll (neomisin fosfotransferaz) ve hpt (higromisin fosfotransferaz) genleridir. NptII geni kanamisin (Km), genetisin (G418), hpt geni higromisin gibi antibiyotiklere karşı dayanıklılığı sağlar. Ayrıca çoğu transformasyon çalışmalarında yine raportör genler kullanılır. Bu genler yapılan basit testlerle kısa zamanda fenotipik olarak kendini ifade ederler ve transformasyonun başarılı olup olmadığı, eğer olduysa hangi doku/hücrelerin transforme olduğunun anlaşılmasını sağlarlar. En yaygın olarak kullanılan raportör genleri gus (β-glukuronidaz), cat (kloramfenikol asetil transferaz) ve bar (phosphinothricin asetil transferaz) genleridir.

Bitki genetik mühendisliğinin son yıllardaki başarılı uygulamalarıyla, ana bitkinin istenen karakterlerini hiç değiştirmeden bir veya birden fazla gen, bazı özelliklerini iyileştirmek için bitkilere kolayca aktarılabilmektedir. İlk transgenik bitki (tütün) 1984 yılında elde edilmiştir. 1997 yılına kadar 35 familyadan 120’nin üzerinde türde transformasyon başarılmıştır ve bunlardan ticari olarak ekimine izin verilen varyeteler Tablo 1.’de verilmiştir (Birch, 1997).

Bitkilere gen aktarımında değişik yöntemler geliştirilmiş olmakla birlikte, en yaygın olarak kullanılanı, tabi genetik mühendisi olarak adlandırılan Agrobacterium tumefaciens bakterisidir. Bu bakteri aracılığıyla tarımsal öneme sahip birçok gen, dikotiledon bitkilere kolaylıkla aktarılabilmektedir. A. tumefaciens’e ilave olarak, birçok doğrudan gen aktarım teknikleri de geliştirilmiştir. Bunlar arasında partikül tabancası, protoplastların elektroporasyonu veya PEG (polietilen glikol)’le muamelesi ve mikroenjeksiyon en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerle hem tek çenekli, hem de iki çenekli bitkilerde başarılı sonuçlar alınmıştır. Gen transferlerinde protoplastların kullanılmasını gerektiren tekniklerden kaçınılması gerekmektedir. Çünkü protoplastlarla çalışmak stabil olmayan sonuçlar vermekte ve daha zor olmaktadır (Birch, 1997).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Geliştirilen Özellik** | **Varyete** | **Geliştiren Şirket** | **Tarih** |
| Kalite (raf ömrü) | Flavr Savr (Domates) | Calgene | 1994 |
| Yağ özelliği | Laurical (Kanola) | Zeneca | 1994 |
| Virüse dayanıklılık | Freedom (Kabak) | Asgro | 1995 |
| Böceğe dayanıklılık | Ballgard (Pamuk) | Monsanto | 1996-97 |
|  | New Leaf (Patates) |  |  |
|  | YieldGuard (Mısır) |  |  |
|  | Maximizer (Mısır) | Ciba Seeds | 1996 |
| Herbisite dayanıklılık | Roundup Ready (Soya) | Monsanto | 1995-96 |
|  | Reundup Ready (Kanola) |  |  |
|  | Roundup Ready (Soya) | Pionner | 1996-97 |

**2. Gen Transferi Teknikleri**

**2.1. Agrobacterium-aracılığıyla gen transferi**

Günümüzde en fazla uygulanan tekniktir. Agrobacterium, Rhizobiacea familyasından gram negatif bir toprak bakterisidir ve iki türü bitkilerde kök boğazı kanseri (A. tumefaciens) ve şaçak kök (A. rhizogenes) oluşumuna neden olmaktadır. Her iki türde dikotiledon bitkilerde oldukça etkili olup buğday ve mısır gibi monokotiledonlarda fazla başarılı olmamaktadır. Agrobacterium aracılığıyla gen transferi konusunda detaylı bilgiler Özcan ve Özgen (1996) tarafından bildirilmiştir.

Agrobacterium sisteminin, tahılların da içinde bulunduğu monokotil bitkilerde ve sıkı doku yapısına sahip meristemlerde kullanımının sınırlı kalması, Agrobacterium’un dokuya daha iyi işlemesini sağlayan sonikasyonla desteklenmesi ve DNA’nın doğrudan aktarımını sağlayabilecek yöntemlerin geliştirilmesi yolundaki çalışmaları hızlandırmıştır. SAAT (Sonication Assisted Agrobacterium-mediated Transfer: Sonikasyon destekli Agrobacterium aracılığıyla gen transferi) metodu bunlardan birisidir. Bu metotta bitki dokuları Agrobacterium’la birlikte çok kısa süreli ultrasonik ses dalgalarına (20 kHz) tabi tutulur. Bu işlem doku ve hücrelerde küçük boşluklar oluşturur ve bakterinin kolayca girmesini sağlar. Meristematik dokular ve embryogenik kallus bu yolla transforme edilebilmektedir. (Trick ve Finer, 1997, 1998).

Agrobacterium sistemi ile viral infeksiyonun bir kombinasyonu olan Agroinfeksiyonadı verilen bir teknikle bakterinin Ti plazmidinin T-DNA bölgesine viral DNA’ yerleştirilmekte ve Agrobacterium ile transformasyon yapılmaktadır. Yine Agrolistik adıverilen diğer bir kombine metotta Agrobacterium ile biyolistik transformasyon metodları birleştirilmekte ve istenmeyen vektor sekansının transferi engellenmektedir (Hansen ve Chilton, 1996).

**2.2.Gen tabancası tekniği (The ``gene-gun'' technique)**

Bu teknik biolistik transformasyon tekniği olarak ta bilinmekte olup, 1987 yılında Sanford tarafından geliştirilmiştir. Agrobacterium tumefaciens ile gen transferinin yapılmasının güç olduğu tahıllarda kullanılan bir tekniktir. İşlem, DNA ile kaplanmış altın veya tungsten partiküllerini hedef doku veya hücreler üzerine 50 psi basınç ile sesin 4 kat üzerinde bir hızla fırlatan bir cihaz aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu cihaz ile fırlatılan partiküller oldukça küçük olduğundan dolayı hedef doku veya hücreye herhangi bir zarar vermemektedir.

**3. Doğrudan DNA transferi teknikleri**

**3.1. Biyolistik Gen Transferi (Partikül Tabancası ile Gen Aktarımı)**

Partikül tabancasıyla, spermidinle ağır metal partiküllerine (1-2 μm, altın veya tungsten) yapıştırılımış DNA parçalarının bitki hücre ve dokularına (yaprak, embriyo, sürgün ucu meristemi gibi organ kısımları), helyum gazı şokuyla bombardımanı yoluyla yapılmaktadır. A. tumefaciens aracılığıyla gen aktarımının zor olduğu birçok iki çenekli bitki türünde bu yolla transgenik bitkiler üretilebilmiştir (Kikkert, 1993).

Partikül bombardımanı metoduyla DNA parçası yerine doğrudan faj, bakteri veya maya hücreleri hedef dokuya transfer edilebilmektedir. Bu yolla yüksek moleküler DNA transfer edilebilir ve DNA izolasyonu ve saflaştırılması gibi zor işlemlerden sakınılabilir (Kikkert vd., 1999).

**3.2. Protoplastlara Direk Gen transferi (Elektroporasyon ve PEG aracılığıyla transformasyon)**

Bu yöntemlerde, yüksek voltajlı elektrik akımı veya kimyasal maddelerle (% 15-25 PEG: polietilen glikol) plazmalemma (protoplast zarı)’da DNA moleküllerinin geçebileceği büyüklükte (30 nm) geçici gözenekler oluşturulur ve yabancı genleri taşıyan DNA parçasının hücre içerisine girmesi özendirilir (Özcan ve Özgen, 1996).

**3.3. Mikro enjeksiyon**

Bitkiye aktarılması istenen genleri taşıyan DNA parçası çok ince (0.5-10 µm çapında) kılcal pipetlerle veya enjektörlerle doğrudan immobilize edilmiş hedef hücrelere, kallus, meristem, mikrospor vb. içerisine steril şartlarda mikroskop altında enjekte edilir. Mikroenjeksiyon için protoplastlar poly-L-lysine üzerine yapıştırılarak veya agarose içerisine gömülerek sabit hale getirilirler. Sistem genelde zordur ve çok başarılı sonuçlar elde edilmiş değildir (Özcan ve Özgen, 1996).

**4. Diğer gen transferi teknikleri**

Aşağıdaki teknikler ve benzer diğer bir çok teknik çok özel durumlarda uygulanmış olup pratikte geniş uygulamaları yoktur. Aşağıda bu tekniklerden bazıları kısaca verilmiştir.

**4.1. Sonikasyon**

Bazı durumlarda elektroporasyondan daha iyi sonuçlar vermiştir (Örnek: Pancar protoplastları). Esası ses dalgalarının hücreler arası ve hücre zarında boşluklar açmak ve serbest DNA parçalarının hücre içine girişini kolaylaştırmaktır.

**4.2. Lazer mikro ışınlarıyla transformasyon**

5 UV lazer mikro ışınları (343 nm) ile hücrelerde mikro delikler açmak ve DNA parçalarının içeriye girmesini sağlamak amacıyla yapılmaktadır.

**4.3. Silikon Karbit Fiberleri ile transformasyon**

Silikon karbit fiberlerle kaplanmış DNA, süspansiyon hücrelerine gen aktarımında kullanılmıştır. Fiberler hücrelerde çok ince delikler açmakta ve DNA içeriye kolayca girebilmektedir. Çok başarılı bir yöntem değildir.

**4.4. Desikasyon**

Basit bir metottur. Doku desikasyonu (soldurma) ve daha sonra transfer edilmek istenen DNA parçalarının bulunduğu bir ortamda dokunun tekrar su alımı sonucu hücre zarından içeri alınmayı sağlamak sistemin temelini oluşturur.

**4.5. Üreme hücrelerine DNA enjeksiyonu**

DNA parçalarının çiçek durumuna enjekte edilmesi şeklinde uygulanır. Ama gen transfer yüzdesi oldukça düşüktür.

**GMO ŞEMATİK GÖRÜNÜM**

**5. Hedef Molekülün Modifikasyonu**

**6. Hedef Molekülün Fazla Üretimi**

**7. Aktarılan Genlerin Özellikleri**

**7.1. ‘Roundup Ready™** soya bir mikroorganizmadan **(Agrobacterium** **tumefaciens)** alınarak soyanın DNA’sına eklenen herbisite dirençli bir gen içerir. Bu GDO soya, **glifosat ve glufosinat** herbisitlerine dirençlidir. Bu nedenle soya üretimi sırasında bitkinin gelişimini etkilemeden yabani otlarla mücadele kolaylıkla yapılabilir. Geniş etkili bu tür herbisitler sadece herbisite dirençli bitki türlerinde kullanılabilir ve çiftçiye yabani ot mücadelesinde büyük avantaj sağlar. Normalde bitki üzerindeki bu tür genetik manipülasyonlar sadece bir tek istenilen özelliğin aktarılmasıyla değil, belirli bir gen zincirinin nakliyle yapılır. Bu zincir promotör (başlatıcı, İng. ‘promoter’) gen denilen ve bitkiye istenilen özelliği kazandıran (örneğin hebisit direnci) bir yapıdan ve terminatör (sonlayıcı, İng. ‘terminator’) ve markör (işaretleyici, belirteç, İng. “marker”) genlerden oluşur.

**7.2.Flavr Savr™** olarak bilinen bir domates türüdür Bu modifikasyon sonucu, meyvenin yumuşamasına yol açan bir enzimin **(polygalacturonase)** üretimi durdurulur. Normalde domatesler, raf ömürlerini uzatmak amacıyla, olgunlaşmadan önce toplanarak yapay yollarla olgunlaştırılırlar. Flavr Savr™ domates ise tam olgunluğa erişinceye kadar toplanmayarak aromaların gelişmesine imkan verilir ve buna rağmen uzun raf ömrüne sahip olabilir. Bugün ise genetiği değiştirilmiş bitki türlerinin amacı çiftçiye veya tarım kimyasalları sanayine birçok avantaj sağlamaktır.

**7.3. Bacillus thuringiensis spp.** Doğada bulunan insektisidal (böcek öldürücü) proteini (bacillus thuringiensis spp. Kurstaki’den) kodlayan genin aktarılması ile geliştirilmiştir. Bu protein ECB’nin dahil olduğu kelebek ve güveleri içeren bazı Lepidoptera türlerine karşı aktiftir. MON810’da ifade edilen insektisidal protein CRYIA(b) ƃ-endotoksinin kısaltılmış bir gen versiyonu ile ifade edilir ve mısır bitkilerini ECB larvaları tarafından verilen yaprak ve bitki sapı zararından korur.

**7.4. Streptomyces hygroscopicus** Glufosinat amonyum tolerans geni (bar geni) toprak bakterisi streptomyces hygroscopicus’dan elde edilmiştir. Bu gen CaMV35S konstitütif promotörünün transkripsiyonel kontrolü altına fosfinotrisin asetiltransferaz (PAT) enzimini kodlar ve polen dışında bütün bitki dokularında aktiftir. Fosfinotrisin, glutamin sentetaz inhibitörüdür ve glufosinat amonyum’un aktif içeriğidir. Fosfinotrisinin herbisidal aktivitesi glutamin sentetaz enziminin inhibe edilmesi ile bitkide öldürücü miktarlarda amonyum akümülasyonu ile sonuçlanır. PAT fosfinotrisin asetilasyonunu katalize eder ve herbisidal aktivitesini ortadan kaldırır.

**7.5. Bitkilere Aktarılan Diğer Genler**

**ALS** genleri ile **sulfonilurea** tipi herbisitlere dayanıklı transgenik bitkiler geliştirilerek tarla denemeleri yapılmıştır (Brande ve Miki, 1993)

Aynı strateji fotosistem II QB proteinini etkileyen triazin tipi herbisitler için de uygulanmıştır.

Triazine dayanıklı yabancı otlardan ve **syanobakterilerden** izole edilen **psbA** geni tütüne aktarılarak atrazine dayanıklı bitkiler elde edilmiştir (Smeda ve ark., 193).

Farklı bir uygulama, memelilerde ilaçları metabolize eden P450 **monooksigenaz** enziminin sentezinden sorumlu genin tütüne aktarılması ile herbisite dayanıklılık kazandırılmasıdır.

Bu strateji kullanılarak **immidazolün** bazlı herbisitlere dayanıklı transgenik mısır bitkileri geliştirilmiştir.

**Darıdan** izole edilen **EPSPS** geni buğdaya aktarılarak elde edilen kallus dokusunun glifosata dayanıklılık gösterdiği bildirilmiştir.

Bitkilere 2,4-D detoksifikasyonunu mümkün kılan bakteri orijinli **monooksigenaz** enzimi sentezlettirilerek bu herbisite dayanıklı tütün ve pamuk bitkileri geliştirilmiştir (Lyon ve ark., 1989).

Dil balığında bulunan "anti-freeze" geninin, somon balığına aktarılmasıyla, bu balığın soğuk sularda üretimi mümkün hâle gelmiştir.

Memeli canlılardan elde edilen sitokrom P450 (CYP) adlı karaciğer enzimi transgenik bitkileri elde etmek için sıklıkla kullanılır. Bu enzim geniş aralıktaki kirlilik çeşitlerini okside edebilmesiyle bilinir. P450 2E1 enzimine sahip tütün bitkisi etilendibromür alımını/giderimini arttırmakta ve TCE’nin metabolize edilebilmesini de 640 kat arttırmaktadır. Pirinç bitkisine CYP1A1, CYP2B6 ve CYP2C19 gibi P450 genleri aktarılarak elde edilen transgenik bitkilerin birçok herbisiti giderebildiği gösterilmiştir. Benzen ve toluen gibi bileşiklerin gideriminde mantarların kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır.

**Transgenik bitki elde etmek üzere kullanılan ve insanlardan alınan sitokrom ailesi ve bunların temel fonksiyonları**

|  |  |
| --- | --- |
| **SİTOKROM AİLESİ** | **TEMEL FONKSİYONU** |
| CYP1 | Ksenobiyotik metabolizması |
| CYP2 | Ksenobiyotik metabolizması  Arakhidonik asit metabolizması |
| CYP3 | Ksenobiyotik ve steroid metabolizması |
| CYP4 | Yağ asiti hidrosilasyonu |
| CYP5 | Tromoboksan sentezi |
| CYP7 | Kolestrol 7a -hidrosilasyonu |
| CYP8 | Prostasilin sentezi |
| CYP11 | Kolestrol kenar zinciri kırılması  Steroid 11b -hidrosilasyonu  Aldosteron sentezi |
| CYP17 | Steroid 17a -hidrosilasyonu |
| CYP19 | Androjen aromatizasyonu |
| CYP21 | Steroid 21-hidrosilasyonu |
| CYP24 | Steroid 24-hidrosilasyonu |
| CYP26 | Retyonik asit hidrosilasyonu |
| CYP27 | Steroid 27-hidrosilasyonu |
| CYP39 | Bilinmiyor |
| CYP46 | Kolestrol 24-hidrosilasyonu |
| CYP51 | Sterol biyosentezi |

**KAYNAKLAR**

1. Gıda örneklerinde genetiği değiştirilmiş organizma analizleri Bölüm 7
2. Babaoğlu, M. 1999. Bitkilerde gen transferi teknikleri. Ziraat Yüksek Mühendisleri Birliği Dergisi, 322: 24-26. Yrd. Doç. Dr. Mehmet Babaoğlu
3. Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dr. Ahmet Hamdi AKTAŞ
4. Herbisitlere Dayanıklı Transgenik Bitkilerin Geliştirilmesi

ÖZGE ÇELİK Haliç Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

1. www.sizinti.com.tr/konular/ayrinti/transgenik-gidalar.html
2. Çevre Biyoteknolojisi Temelinde Genetik Yapısı Değiştirilmiş (Transgenik) Bitkilerle Arıtım

Aslı ÇOBAN, Fatma İlter TÜRKDOĞAN, Göksel DEMİR

Bahçeşehir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

1. Herbisitlere Dayanıklı Transgenik Bitkiler Gizem Hacumuto Yıldız Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümü