

## Pamukta Gossypol

M. Said FİDAN<sup>1</sup>, Yüksel BÖLEK<sup>2\*</sup>, Mustafa OĞLAKÇI<sup>2</sup>, Adem BARDAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Mobilya-Dekorasyon Programı, Gümüşhane

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>3</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl

**Geliş Tarihi: 04.11.2008**

**Kabul Tarihi: 27.07.2009**

**ÖZET:** Pamuk tohumu, dünyada protein kaynağı olarak soya fasulyesinden sonra ikinci sırada; yağ üretiminde ise, beşinci sırada yer almaktadır. Ancak, pamuk tohumunun gerek protein ve gerekse yağ kaynağı olarak insan ve hayvan beslenmesinde kullanımını tohumun içerdiği gossypol maddesi sınırlandırmaktadır.

Gossypol, pamuk (*Gossypium* spp.) bitkisinde pigment bezelerinde bulunan polifenolik bir bileşiktir. Bu bezelerin çapları 0.01-0.04 mm arasında değişmektedir. Pamuk tohumunun gossypol içeriği %0.0 ile %9.0 oranında değişebilmekle birlikte ticari pamuk çeşitlerinin tohum gossypol oranı %0.6 ile %2.0 arasında değişmektedir. Bu bileşik insan ve monogastrik hayvanlara çok toksik olduğundan dolayı, pamuk unundan yapılan bütün besin ve yem ürünlerinde düşük oranda tutulmak zorundadır. Diğer taraftan, gossypol ve ilgili bileşikler savunma mekanizmasının bir parçası olup bitkiyi böceklerle ve muhtemelen bazı hastalıklara karşı da korumaktadırlar. Bu bileşiğin aynı zamanda, antikanserijen, antifungal ve antitümör aktivitesinin yanında tıbbi etkileri ve kısırlaştırıcı etkileri de vardır.

Bitki ıslahçıları; bitki aksamında yoğun gossypol bezeleri (glands) bulunan ancak tohum iç kısmında (kernel) gossypol bezesi içermeyen genotipler üzerinde çalışmaktadır. Ancak böyle bir özellik (bezersizlik) ile pamuk verimi arasında da ters bir ilişki bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Gossypol, Beze, Tohum, Pamuk, *Gossypium*.

### Gossypol in Cotton

**ABSTRACT:** Cotton seed comes second after soybean as protein source and fifth for oil production. However, gossypol within the seed limits the usage of it as either protein or oil source needed by human and animals.

Gossypol is a polypehnic compound stored in the pigment glands of cotton (*Gossypium* spp.). Diameter of glands varies from 0.01 mm to 0.04 mm. Gossypol concentration of the seed varies from 0.0% to 9.0% but most commercial cotton varieties usually contain the compound from 0.6% to 2.0%. Since this compound is very toxic to humans and monogastric animals, its rate in all food and feed products produced with cotton flour must be very low. On the other hand, gossypol, and other related compounds, are an integral part of cotton's self-defense mechanism and protect the plants from pests and possibly some diseases. This compound has also anti-cancerogen, antifungal, antitumor activity, medicinal effects, and contraceptive properties.

Cotton breeders try to develop cotton varieties having low amount of gossypol in the seed but more in the plant. On the other hand, there is a negative correlation between cotton yield and gossypol content of the plant.

**Key Words:** Gossypol, Glands, Seed, Cotton, *Gossypium*.

### GİRİŞ

Dünyada, her yıl 64-65 milyon ton kütlü pamuk üretimi gerçekleştirilmekte ve bundan da, 43-45 milyon ton çiğit ile 19-22 milyon ton lif pamuk elde edilmektedir (Anonim, 2007). Türkiye ise yaklaşık 272 bin ton pamuk yağı üretimiyle dünya da 7. sırada bulunmaktadır (FAO, 2007). Çin 1.7 milyon ton ile ilk sırayı alırken, Avustralya 1 milyon ton ile ikinci ve Hindistan 910 bin ton ile üçüncü sırada yer almaktadır.

Pamuk lifi özellikle tekstil sanayinde ve buna karşılık pamuk tohumları insan ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Bunun dışında, pamuk tohumunun özellikle kabuğu selüloz sanayinde ve iç kısmı gossypol içeriği nedeniyle tıbbi drog olarak kullanılabilir. Ayrıca, pamuğun sapları selüloz sanayi ve sunta imalatında değerlendirilmektedir. Pamuk tohumlarının en

önemli kullanımı ise, insan ve hayvan beslenme (gıda) alanıdır (İnan, 1980).

Yağ oranı tür, çeşit ve lokasyonlara göre (kabuklu olarak) havlı tohumlarda %17-24, havsız tohumlarda %20-30; iç olarak ise %33-42 arasında değişmektedir (Sezer, 1981). Tohumun protein içeriği ise; tür, çeşit ve çevre koşullarına göre kabuklu olarak %20-40, iç olarak %40-50 arasında değişebilmektedir. Tohum embriyosunda ortalama %38 yağ ve %39 protein bulunmaktadır (Buser ve Abbas, 2001). Pamuk, yağ üretimi yönünden soya fasulyesi, palm, kolza ve ayçiçeğinden sonra beşinci sırada, protein kaynağı olarak ise, soya fasulyesinden sonra ikinci sırada yer almaktadır.

Pamuk tohumunun (çiğidinin) protein ve yağ içeriği yanında içerdiği mineral maddeler (Ca, P, Mg, K, Zn, Cu, Mo ve Fe) yönünden de insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır (Buser ve Abbas, 2001).

\*Sorumlu yazar: Bölek, Y., yuksel@ksu.edu.tr

Pamuk "E" vitamini yönünden de oldukça zengin olup bu vitamin anti-kanserojen özelliği yanında damar hastalıkları, katarakt, parkinson ve alzheimer hastalıklarını önleyici olarak kullanılmaktadır (Vroh Bi ve ark., 1998).

Pamuk tohumunun tüm bu özelliklerine karşın insan ve hayvan beslenmesi yönünden bazı dezavantajları bulunmaktadır. Özellikle, gossypol içeriği yüksek tohumların gıda hammaddesi olarak kullanımı sınırlı olmaktadır (Emiroğlu, 1974). Ancak, gossypolün uzun süreli güneş ışığında veya yağ proses aşamalarında yüksek sıcaklık uygulamaları sonrasında dekompoze olması pamuk tohumunun kullanımındaki dezavantajları azaltabilmektedir.

Tohumdan elde edilen ürünlerdeki (yağ, protein ve küspe) gossypol, fabrika proseslerine bağlı olarak belirli miktarlarda elemine edilebilmekle birlikte, bu işlem ürün maliyetini artırmaktadır. Ayrıca, yağ fabrikalarında ısıtma ve presleme ile yağ elde edilme yöntemi sonrası proteinin besleyicilik değeri de azalabilmektedir (Emiroğlu ve ark., 1989).

Gossypol ve gossypol türevlerinin tohum, yağ ve protein özelliklerine etkisi yanında bitkide bulunuş yeri ve formu, bitkisel dayanıklılık yönünden etkileri ve tıbbi drog olarak kullanımı da önem taşımaktadır.

Bitki ıslahçıları beze (gland) (pigment) taşımayan bitki ıslahı üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Ancak gossypolsüz pamuk çeşitlerinin bazı zararlı ve hastalıklara karşı duyarlı oldukları bildirilmektedir (Bell ve ark., 1978).

Bu makalede; pamuk bitki yapısında (bitki aksamlarında) yer alan iç bezeler ve gossypol içerikleri; gossypolün insan ve hayvan beslenmesi yönünden önemi ve diğer kullanım alanları incelenmiştir.

### GOSSYPOL

Gossypol; triterpenoid aldehit ya da polifenolik binaphthyl aldehid olan bir fenolik bileşiktir. İlk defa, 1886 yılında, J.J. Longmore tarafından tanımlanmış ve 1889 yılında, L. Marchlewski tarafından da saflaştırılmıştır (Jones, 1991). Gossypol ismi pamuğun cins isminin "gossyp" kökü ve fenol kelimesinin "ol" ekinin birleştirilmesinden türetilmiştir (Harper, 1963).

Gossypol sadece *Gossypium* cinsi değil, pamuğa akraba olan ve *Malvaceae* familyasındaki bazı türlerde de bulunmaktadır. Tablo 1'de, tohum ve yapraklarında gossypol içeren türler ve gossypol içerikleri verilmiştir.

Tablo 1. *Malvaceae* familyasındaki bazı türlerin tohum ve yapraklarında (kuru örnekteki mg/100 g olarak) saptanan gossypol miktarları ve oranları (Sotelo ve ark., 2005)

Tür	Tohum (mg)	%	Yaprak (mg)	%
<i>Anoda cristata</i> L. (Spurred anoda, crested anoda, violettas)	27.24	0.027	3.52	0.004
<i>Hampea integerrima</i> Schltdl.	1180.00	1.180	0.00	0
<i>Hibiscus clypeatus</i> L.	4.37	0.004	0.00	0
<i>Hibiscus rosa-chinensis</i> L. (Japon gülü, Gül hatmi)	2.05	0.002	1.87	0.002
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav. (Külahlı ebeğümeci)	42.69	0.043	0.00	0
<i>Pavonia schideana</i> Steud.	3.33	0.003	0.00	0
<i>Gossypium hirsutum</i> L. (Pamuk)	847.00	0.850	297.00	0.300

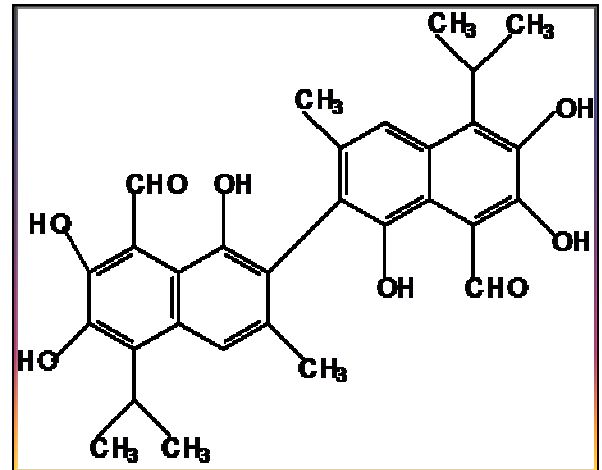
Tablo 1'den, türlere göre gossypol içeriklerinin (mg ve %), tohum yapısında en yüksek *Hampea integerrima* Schltdl. 1180 mg/100 g (%1.18) ve en düşük *Hibiscus rosa-chinensis* L. (Japon gülü) 2.05 mg/100 g ve (%0.002); yaprakta ise, en yüksek *Gossypium hirsutum* L. (Pamuk) (297 mg/100 g) ve (%0.30), en düşük (0.0 mg ve %0.0) *Hampea integerrima* Schltdl., *Hibiscus clypeatus* L., *Malvaviscus arboreus* Cav. ve *Pavonia schideana* Steud. türlerinde olduğu izlenebilmektedir.

Pamuk bitkisinde siyah noktacıklar halinde görülen ve iç beze olarak adlandırılan bu yapılarda onbeşe yakın gossypol türevi bulunmakla birlikte sarı renkli ve kristalize olan gossypol baskındır (Buser ve Abbas, 2001). Hemigossypol, deoxyhemigossypol ve bunların metil esterleri başlıca diğer türevleri oluşturmaktadır.

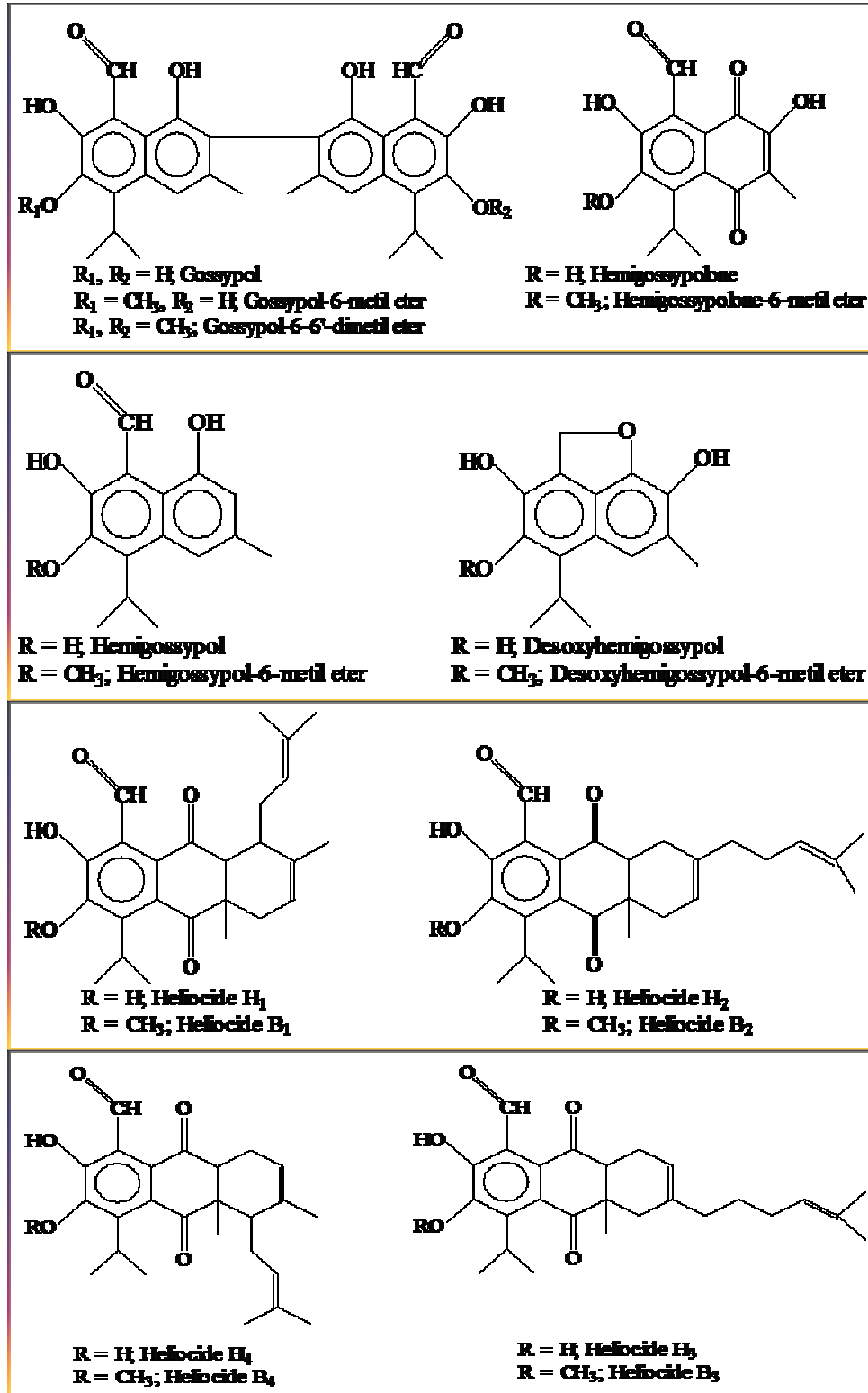
Gossypol ve pigment içeren bezeler (glands) genellikle "pigment glands", "lysigenous glands" ya da "gossypol glands" olarak da adlandırılırlar.

Gossypolün kapalı kimyasal formülü  $C_{30}H_{30}O_8$  olup, açık kimyasal yapısı Şekil 1'de; hastalık ve zararlılara dayanıklılık yönünden önemli fonksiyonları olan mono

ve di-metil esterlerinin açık formülleri ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Gossypolün kimyasal yapısı (Lee ve Dabrowski, 2002).



Şekil 2. Pamuk bitkisinden izole edilen terpenoid aldehydlerin kimyasal yapısı (Stipanovic, 1994).

Gossypolün iki optik formu (+, -) veya izomeri bulunmaktadır. Negatif izomer biyolojik olarak pozitif izomere göre az da olsa daha aktiftir (Percy ve ark., 1996; Lordelo ve ark., 2005). Bu iki izomerin toplam gossypol içerisindeki payı tür ve çeşitlere göre farklı olabilmektedir. Genellikle, *G. barbadense* L. türüne ilişkin ticari çeşitlerde negatif (-) izomer, *G. hirsutum* L.

türlerine ilişkin çeşitlerde ise, pozitif (+) izomerler daha yüksek oranda olabilmektedir. *G. barbadense* L. türüne ilişkin, Amerika ve Afrika da 21 ülkeden toplanan 57 coğrafi ırk üzerinde yapılan çalışmada; toplam gossypol içeriğinin %0.3 ile %3.4 (3.0 ile 34 g/kg) arasında ve negatif isomerin %24.9 ile %68.9 (249 ile 689 g/kg) arasında değiştiği belirtilmektedir (Percy ve ark., 1996).

*G. hirsutum* L. türüne ilişkin varyetelerde toplam gossypolün %59.3'ünün pozitif (+) ve %40.7'sinin ise negatif (-) izomerlerden oluştuğu bulunmuştur (Buser ve Abbas, 2001).

Tohumdaki gossypolün bir kısmı proteinler tarafından bağlanmaktadır. Bağlı olmayan miktar serbest gossypol olarak tanımlanmaktadır. Proteinler tarafından bağlanan gossypol miktarı; proteinin kalitesi ve aminoasit yapısına göre değişmektedir. Özellikle lizin (lysine) varlığında gossypolün bağlanma miktarı artmaktadır (Buser ve Abbas, 2001). Bununla birlikte, toplam ve serbest gossypol miktarlarının saptanmasında uygulanan analitik yöntem sonuçları arasında farklılıklar olabilmektedir. Serbest gossypol biyolojik olarak daha aktif yapıda olup miktarı upland pamuklarında %0.47 ile %0.63 oranında bulunabilmektedir (Calhoun ve ark., 1989).

### GOSSYPOLÜN LOKALİZE OLDUĞU BEZELER (GLANDS)

Gossypolün lokalize olduğu bezelere iç bezeler denir. İç bezeler, pamuk bitkisinde kılcal kökler ve tohum kabuğu hariç, tohum iç yapısı, yaprak, sap, kök, dal, koza kabuğu, çanak (calyx) ve taç (petal) yapraklar, tarak yapraklar (brakte), dişicik tepesi (stigma), dişicik borusu (style) gibi bitki ve çiçek unsurlarında bulunmaktadır (Resim 1 ve 2). İç bezelerin çapları veya uzunlukları 0.10 mm ile 0.40 mm arasında değişmektedir (Moore ve Rollins, 1961). Renkleri ise, tür, çeşit ve ışık alma durumuna göre; siyah, parlak sarı, portakal renkli, sarı-kahverengi, koyu yeşil veya kırmızı-kahverengi olabilmektedir.

Gossypol kökte bulunan epidermal hücreler tarafından sentezlenmekte ve iletim dokuları aracılığı ile iç bezelere iletilerek, burada lokalize edilmektedir. Bitkinin tüm yaşamı boyunca var olan gossypol, en düşük oranda kökte ve en yüksek ise, tohumda bulunmaktadır (Smith, 1961).

Bezeler (lysigenous glands); epidermal dokuda yerleşik olup oval, ovalimsi ya da küre şekilli olabilmektedir. Genellikle, epidermis (zar) tabakası ile soymuk (phloem) arasında epidermal yapıda (kabuk) farklı derinliklerde ve farklı iriliklerde yer almaktadır. Ayrıca yaprağın parankima hücreleri arasında da bezelere rastlanmaktadır.

Pamuk bitkisindeki bezelerin sayısı türlere, çeşitlere, çevre koşullarına ve bitki organlarına göre değişebilmektedir. Yaprak ayasında beze sayısı 200-600 adet/cm<sup>2</sup> arasında (Vroh Bi ve ark., 1998) iken tohum yapısında 0-30 adet/mm<sup>2</sup> arasındadır (Benbouza ve ark., 2002). Bezelerin iriliği tür ve çeşit bazında değişebildiği gibi buldukları doku veya bitki unsurlarının büyüme ve gelişmesine bağlı olarak da farklılık göstermektedir. Bu bezelerin kimyasal yapısını %40-59'unu selüloz, %35-50'sini gossypol ve %0.05-3.00'ünü ise gossypurpurin, gossycaerulin ve gossyfulvin gibi bileşikler oluşturmaktadır (Kim ve ark., 1993).

Bezelerin gossypol içeriği türe, çeşide, çevre koşullarına ve bitkilerin büyüme ve gelişme devrelerine göre de farklılık göstermektedir. Örneğin koza kabuğunda yer alan bezelerin; gelişmenin 15. gününde %0.38-0.79; 30.gününde %0.61-0.73 ve olgunlukta (60.günde) %0.47-1.65 oranında olduğu saptanmıştır (Sharma ve ark., 1994). Tamamen bezesiz bitkilerde %0.03 ila %0.65 oranında; hipokotil (hypocotyl) kısmı bezesiz ve kulakçık (stipula) ve çanak yaprakları bezeli bir ebeveynde gossypol oranı %0.16 olarak saptanmıştır (Singh ve ark., 1991). Bezeler (glands), çok sayıda hücreden oluşmaktadır. Işık gören veya uzun süreli güneş ışığına maruz kalan bezelerin dış hücrelerinde, antosiyan ya da boyar madde oluşmakta ve hücreler ayrıca; reçine, uçucu yağlar, quercetin ve tanen gibi bileşikler salgılamaktadır. Antosiyan göstermeyen ya da güneş ışığına daha az süreli maruz kalan bezelerde gossypol oranı daha yüksek olabilmektedir. Bunun yanında, ticari upland pamuklarında gossypol içeriğinin %0.6 ile %2.0 arasında değiştiği (Lusas ve Lividin, 1987); *G. barbadense* L. türüne ilişkin ticari çeşitlerde %0.81 ile %1.04 (8.1-10.4 g/kg) ve *G. hirsutum* L. türüne ilişkin ticari pamuk çeşitlerinde %0.64 ile %1.09 (6.4-10.9 g/kg) olduğu (Percy ve ark., 1996); *G. hirsutum* L. türüne ilişkin 124 adet yabancı hat üzerinde yapılan çalışmada oranın %0.63 olduğu (Calhoun ve Holmberg, 1991); *G. barbadense* L. türüne ilişkin 26 çeşit ve beş lokasyonda yapılan bir çalışmada da; tohum gossypol oranının %0.3 ile %3.4 (3.0-34.0 g/kg) olduğu ve miktarların lokasyonlara göre değiştiği belirtilmektedir (Percy ve ark., 1996).

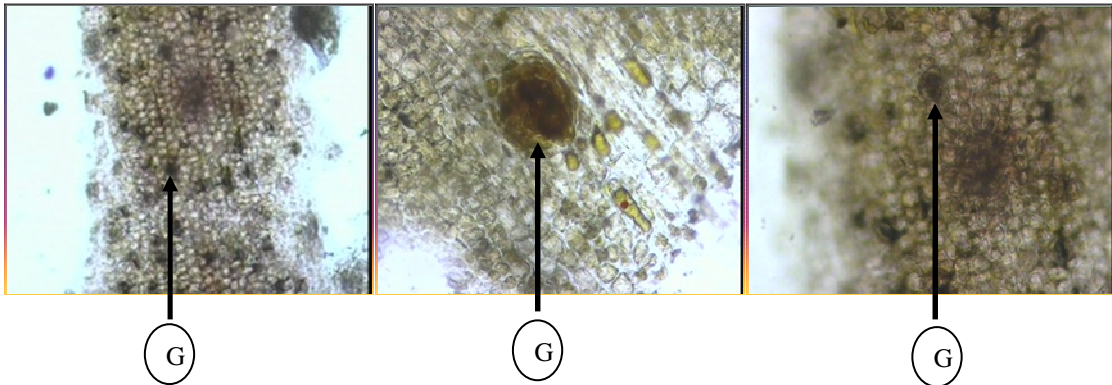
Tohumun gossypol içeriği coğrafi bölgelere ve türlere göre değişebilmektedir. Avustralya kökenli *G. sturtianum* Will. (C<sub>1</sub> genomu) (diploid) yabancı türünde tohum gossypol içeriği (%0.0) iken *G. davidsonii* Kell. türünde %9.0'dan daha fazla olduğu saptanmıştır (Vroh Bi ve ark., 1999).

Bu genotiplerde tohum iç (embriyo) kısmında gossypol bezelerine rastlanılmamakta ancak öteki bitki parçalarında yoğun bir beze yapısı görülmektedir. Bu ve geliştirilen triploid genotiplerde; çim yapraklarının birbirlerinden ayrılarak açılımı ve çim yapraklarının klorofil oluşumu sonrasında beze oluşumu başlamakta ve bu durumda, bu devreye kadar genler baskı altında tutulmaktadır (Mergeai ve ark., 1995).

Tohumda yapılan çalışmalarda gossypol miktarı *G. barbadense* L. türünün Mexico 72-69 çeşidinde 0.384 (%0.04) mg/g, *G. hirsutum* L. türünün SP-21 çeşidinde 0.218 (%0.02) mg/g olarak bulunmuştur (Cai ve ark., 2004). *G. hirsutum* L. türüne ait olan Acala 1517-70 çeşidinin yapraklarında 0.387 (%0.04) mg/g ve tohumlarında ise 6.780 (%0.7) mg/g; OR-19 çeşidinin yapraklarında 0.798 (%0.08) mg/g ve tohumlarında ise 10.980 mg/g (%1.1) olduğu bildirilmiştir (Meyer ve ark., 2004). *G. hirsutum* L. türünün yaprağında (kuru örnekte) 297 mg/100g (%0.297); tohumunda ise 847 mg/100g (%0.847) olarak bulunmuştur (Sotelo ve ark., 2005).



Resim 1. Gossypollü ve gossypolsüz pamuk bitki kısımları (a: koza, b: gövde, c: yaprak, d: çiçek, e: tohum, f: stigma). Resim a, b, c ve e’de, soldakiler bezesiz, sağdakiler bezeli; d’de sol tarafta bezeli, sağ tarafta ise bezesiz; f’de ise üstte bezesiz ve altta bezeli yapılar görülmektedir.



Resim 2. Mikroskop altında gossypol bezelerinin görünümü.

### GOSSYPOLÜN KALITIMI

Bitkinin değişik parçalarında ya da organlarında beze oluşumu  $gl_1$ ,  $gl_2$ ,  $gl_3$ ,  $gl_4$ ,  $gl_5$  ve  $gl_6$  genleri tarafından yönlendirilmektedir (Pauly, 1979). Ticari pamuk çeşitlerinde gossypol içeren bezelerin oluşumu birbirlerinin homologu olan  $Gl_2$  ve  $Gl_3$  baskın (dominant) genlerince yönlendirilmektedir (Vroh Bi ve ark., 1999). Dolayısıyla,  $Gl_2Gl_2Gl_3Gl_3$  genotipinin bezeli bitkiler oluşturduğu vurgulanmaktadır (McMichael, 1960).

Resesif  $gl_1$  ve  $gl_6$  allellerinin bezesiz koza oluşumunda;  $gl_2$ ,  $gl_3$ ,  $gl_4$  ve  $gl_5$  allellerinin ise, bezesiz bitki oluşumunda etkili olduğu ve birçok pamuk türünde  $gl_2gl_2gl_3gl_3$  (duble recessive) genotipinin bezesiz yapı ürettiği belirtilmektedir Kohel (1973).

Homolog genlerden  $Gl_2$ ; A genomunun 12. kromozomunda ve  $Gl_3$  geni ise, D genomunun 26. kromozomunda yer almaktadır (Samora ve ark., 1994; Endrizzi, 1962). Tohumda beze oluşumu ve gossypol içeriği  $Gl_2$  allellerince yönlendirilmektedir (McCarthy ve ark., 1996).

$Gl_2$  ve  $Gl_3$  genlerinin çekinik (recessive) allelleri olan  $gl_2$  ve  $gl_3$ 'ün; heterozigotik durumlarda ( $Gl_2gl_2Gl_3gl_3$ ) baskın allellere ( $Gl_2$  ve  $Gl_3$ ) karşı epistatik (örtücü) etkisi olduğu (Endrizzi, 1962; Samora ve ark., 1994);  $Gl_2gl_2Gl_3gl_3$  genotipinde koza kabuğunun bezesiz ancak çenet birleşme çizgilerinde (suture) bezelere rastlanıldığı (İnan, 1980) ve buna karşılık gerek  $Gl_2Gl_2gl_3gl_3$  ve gerekse  $gl_2gl_2Gl_3Gl_3$  genotiplerinde bezeli yapı oluştuğu ve  $Gl_3$  lokusunda çoklu alleli bulunduğu (İnan, 1980);  $gl_2$  ve  $gl_3$  lokuslarının gossypol bezelerinin oluşumu yanında poligenik özelliğe sahip olduğu; gossypol içeriği yönünden eklemeli gen, dominant gen etkilerinin ve epistatik etkinin bulunduğu (Singh ve ark., 1991) belirtilmektedir. Orta düzeyde (intermedier) bezeye sahip bitkilerde ( $Gl_2Gl_2gl_3gl_3$ ) ( $gl_2gl_2Gl_3Gl_3$ )  $Gl_2$  gen çiftinin  $Gl_3$  gen çiftine göre prometryn ve s-triazine kökenli herbisitlere karşı daha yüksek bir toleranlık sağladığı belirtilmektedir (Foster ve ark., 1994).

*Gossypium* cinsi içerisinde tohumu bezesiz ancak bitki yapısı bezeli genotiplere sadece Avustralya kökenli yabancı türlerde rastlanılmıştır. Özellikle *sturtia* ile *hibiscoidea* alt seksiyonlarındaki (C ve G genomları) türlere ilişkin bitkilerde bu özelliklere rastlanılmaktadır (Dilday, 1986; Altman ve ark., 1987; Rooney ve ark., 1991). Ayrıca, moleküler yöntemler kullanılarak tohumunda gossypol içermeyen çeşitlerin eldesi için yapılan çalışmalar (RNAi technology) bulunmaktadır (Keerti ve ark., 2007).

### GOSSYPOLÜN BESLENME YÖNÜNDEN OLUMSUZ ETKİLERİ

Pamuk tohumu insan ve hayvan beslenmesinde uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Bununla beraber 1900'lü yıllardan beri pamuk tohumundaki gossypolün insan ve hayvan sağlığına etkileri sorgulanmaktadır. 1975 yılında, Alabama'da (ABD), 700 inekte süt verimini artırmak için protein kaynağı olarak sadece

pamuk tohumu kullanımında gossypol toksitesi daha net olarak ortaya konulmuştur (Buser ve Abbas, 2001). Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda da, sığırlardaki gossypol toksitesi bir kez daha vurgulanmıştır.

Gossypolün hayvanlardaki toksitesi; hayvan türlerine ve yaşına bağlı olarak değişmektedir. Genellikle, tek mideli hayvanlar ile geviş getiren hayvanlar (ruminantlar) genç dönemlerinde gossypol'e daha fazla duyarlılık göstermektedir. Ayrıca, gossypol civcivlerde gelişmeyi geriletmekte; tavuklarda yumurta sarısının bozulmasına (Berardi ve Goldblatt, 1980), yumurtanın küçülmesine, koyun ve buzağlarda iştahsızlık ve zayıflamaya neden olabilmektedir. Yüksek oranda gossypol domuzlarda, nefes darlığı, iştahsızlık ve kilo kaybına ve ineklerde yavru düşüklüğüne neden olabilmektedir (Beisel ve ark., 2005; Prieto ve ark., 2003; Robinson ve ark., 2001).

Yağ elde edilme aşamasında bir miktar gossypol yağa geçebilmekte ve yağda boyar madde olarak; yağın koyu kırmızı bir renk almasına neden olmaktadır (Poore ve Rogers, 1995). Ancak bu durum arıtma (rafinasyon) işlemiyle giderilebilmektedir.

### GOSSYPOLÜN TIBBİ DROG ETKİLERİ

Gossypol; kısırlaştırıcı (anti-fertility) bir etkiye sahiptir. Yapılan çalışmalarda; günde 20 mg'lık dozlarda alınan gossypolün sperm oluşumunu azalttığı ve bu nedenle erkeklerde kısırılığa neden olduğu saptanmış ve bu özelliği ile doğum kontrol hapı olarak kullanılabilmesi önerilmiştir (Meyer ve ark., 2004; Coutinho, 2002; Buser ve ark., 2001; Cass ve ark., 1991).

Gossypolün, anti-mikrobiyal, anti-kanserojen (Kline ve ark., 2008) ve anti-oksidant özellikleri de bulunmaktadır (Cai ve ark., 2004; Vroh Bi ve ark., 1998). Bu özelliği nedeniyle, sağlık alanında; anti-HIV ve prostat kanserini (Moon ve ark., 2008) önlemede kullanılmaktadır. Yine anti-kanserojen özelliği ile ilgili çalışmalarda, tümör büyüklüğünü %50 oranında azalttığı (Qiu ve ark., 2002), dizanteri ve bel soğukluğu gibi enfeksiyonlarda antiseptik bir özelliği olduğu (Sotelo ve ark., 2005), anti-fungal ve anti-bakteriyel özelliği bulunduğu (Benson ve ark., 2001) bildirilmektedir.

### GOSSYPOLÜN BİTKİSEL ZARARLILARA VE HASTALIKLARA KARŞI ÖNLEYİCİ ETKİLERİ

Gossypol sadece insan ve hayvanlara değil, böcek, fungus ve mikroorganizmalara karşı da etkili olabilmektedir.

Bitki dokusuna istenmeyen bir tat veren gossypol; sığır, koyun ve keçi gibi hayvanların pamuk tarlalarında ve zararlı böceklerin (kemirici) bitki yeşil aksamında beslenmesini önlemektedir. *Lepidoptera* takımına giren yeşilkurt (*Heliothis* spp.) zararlısının larvaları yumurtadan çıkışı takiben ya calyx tacının beze içermeyen uçlarında ya da genç sürgünlerde beslenmeyi tercih etmektedir. Dikenli kurt (*Earias insulana*),

özellikle tohumunda yüksek oranda gossypol içeren bitkilerde daha az zarar yapmaktadır (Oğlakçı ve Çopur, 1995).

Bezeli bitkilerde beslenen yeşil kurt (*Heliothis* spp.) larvalarının, bezesiz bitkilerde beslenen larvalara göre ağırlıkları yarı yarıya (3.3 mg ve 6.6 mg) azalmaktadır (Meredith ve ark., 1979).

Yine noktalı koza kurdu (*Earias vittella*) larvalarının bezesiz pamuklarda daha iyi geliştiği ve bezesiz pamuklara %1'lik gossypol eriyiği püskürttüğü zaman larva gelişmesinin yavaşladığı gözlenmiştir (İnan, 1980).

Ayrıca çok yoğun bezeli olan 247-1 pamuk hattında (*G. hirsutum* L.), yeşilkurt larvalarının beslenemediği (İnan, 1980) ve yoğun gossypol bezesine sahip bitkilerde *Heliocoverpa armigera* (Hübner) larva sayısının oldukça az olduğu bildirilmektedir (Rajarajeswari ve Subbarao, 1997).

Gossypolün %5'lik asetik asit çözeltisi ile ilaçlanan pamuk bitkilerinde, ilaçlamadan itibaren ilk 24 saat içerisinde yaprak bitlerinin tamamının (%100) öldüğü; üç gün içerisinde *Lygus* spp. nymph'lerinin %90'ının; dördüncü günde pamuk göz kurdu veya pamuk hortumlu böceği (*Anthonomus grandis* T.) erginlerinin %40'ının ve gelişmenin üçüncü evresinde olan *Estigmene ocrea* larvalarında gelişmenin yavaşladığı gözlenmiştir (İnan, 1980).

Diğer taraftan, yeşilkurt larvalarının rasyonlarına %1'lik oranda gossypol eklenmesi durumunda larvaların 5 gün içerisinde tamamının; %0.5'lik gossypol eklenmesi sonrasında ise 25 gün içerisinde larvaların %80'ninin öldüğü ve kalanların ise, pupa olamadığı izlenmiştir (İnan, 1980).

Pembekurt (*Pectinophora* spp.) ve beyaz sinek (*Bemisia tabaci*) gibi zararlılara karşı bezeli ya da gossypollü bitki yapısı daha fazla dayanıklılık sağlamaktadır (Oğlakçı ve Çopur, 1995).

Bitki aksamında yer alan bezeler gossypolle birlikte desoxyhemigossypol (dHG), hemigossypol (HG), hemigossypolone (HGQ) ve heliocide'ler (H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> ve H<sub>4</sub>) gibi türevler de içermektedir. Bu bileşikler bitkiyi geniş bir zararlı yelpazesine karşı korumaları bakımından önemlidir. Örneğin, yapraklardaki bezelerde bulunan gossypol, HGQ ve heliocide'lerin bitkiyi *Heliothis virescens* zararından koruduğu bildirilmiştir (Liu ve ark., 1999). *Verticillium dahliae* ve *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* (F.o.v.) gibi patojenik fungusların saldırısına karşı bitkide sentezlenen dHG ve HG, bu patojenlere toksik olduklarından dolayı phytoalexin olarak da sınıflandırılırlar (Liu ve ark., 1999). Metilasyona uğramış bileşiklerin (Desoxyhemigossypol-6-methyl ether ve hemigossypol-6-methyl ether) ise daha az toksik oldukları vurgulanmaktadır (Stipanovic, 1994).

Gossypolün anti-fungal ve anti-bakteriyel özellikleri göz ardı edilmemelidir. Ayrıca bezesizlik ya da gossypolsüzlük ile lif verimi arasında olumsuz bir ilişki bulunmaktadır.

Prometryn ve s-triazine kökenli herbisitlerin glandlerde akümüle edildiği ve bu bezelerde bulunan polifenolik bileşikler (gossypol ve hemigossypol) tarafından bağlandığı; glandli hatların bu herbisitlerden bezesizlere göre daha az zarar gördüğü ve böylece gland yoğunluna bağlı olarak Prometryn ve s-triazine kökenli herbisitlere karşı tolerantlığın ortaya çıktığı bildirilmektedir (Foster ve ark., 1994).

## SONUÇ

Gossypol'ün insan ve hayvan beslenmesindeki zararlı etkilerini en ucuz şekilde ortadan kaldırmanın yolu tohumunda gossypol bulunmayan çeşitlerin ıslahıdır.

Gossypol pamuk bitkisinde hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık sağlamaktadır. Dolayısıyla gossypol maddesinin pamuk tohumunda bulunmaması; fakat bitki dayanıklılığı yönünden bitki aksamının gossypollü olması istendiğinden, tohumu bezesiz ancak bitki yapısı bezeli hatların ıslahına ağırlık verilmelidir.

Bununla birlikte, sağlık yönünden, gossypolün tıbbi drog olarak kullanım olanakları üzerine araştırmalar artırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2007. World Trade Report, World Trade Organization, 385p ([http://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/anrep\\_e/world\\_trade\\_report07\\_e.pdf](http://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/anrep_e/world_trade_report07_e.pdf)), (12.09.2008).
- Altman, D.W., Stelly, D.M., Kohel, R.J. 1987. Introgression of Glanded-Plant and Glandless-Seed Trait from *Gossypium sturtianum* Willis into Cultivated Upland Cotton Using Ovule Culture. *Crop Science*, 27: 880-884.
- Beisel, C.L., Dowd, M.K., Reilly, P.J. 2005. Conformational Analysis of Gossypol and Its Derivatives by Molecular Mechanics. *Journal of Molecular Structure: Theochem*, 730: 51-58.
- Bell, A.A., Stipanovic, R.D., O'Brien, D.H., Fryxell, P.A. 1978. Sesquiterpenoid Aldehyde Quinones and Derivatives in Pigment Glands of *Gossypium*. *Phytochemistry*, 17: 1297-1305.
- Benbouza, H., Lognay, G., Palm, R., Baudoin, J.P., Mergeai, G. 2002. Development of a Visual Method to Quantify the Gossypol Content in Cotton Seeds. *Crop Science*, 42: 1937-1942.
- Benson, C.G., Wyllie, S.G., Leach, D.N., Mares, C.L., Fitt, G.P. 2001. Improved Method for the Rapid Determination of Terpenoid Aldehydes in Cotton. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5): 2181-2184.
- Berardi, L.C., Goldblatt, L.A. 1980. Gossypol. In *Toxic Constituents of Plant Foodstuff*, ed. I.E. Liener, New York, 183p.
- Buser, M.D., Abbas, H.K. 2001. Update on the Impact of Dry Extruding Cottonseed to Reduce Aflatoxin and Gossypol Levels. *Proceedings of the Beltwide Cotton Conference*, 2: 1392-1403.

- Cai, Y., Zhang, H., Zeng, Y., Mo, J., Bao, J., Miao, C., Yan, F., Bai, J., Chen, F. 2004. An Optimized Gossypol High Performance Liquid Chromatography Assay and Its Application in Evaluation of Different Gland Genotypes of Cotton. *Journal of Biosciences*, 29(1): 101-105.
- Calhoun, M.C., Houston, J.F., Khlman, S., Balduin, B.C., Engdahl, B.S., Bales, K.W. 1989. Free Gossypol Intake in Erythrocyte Fragility of Lambs for Cottonseed Meal Processed by Different Methods. *Journal of Animal Science*, 68: 53.
- Calhoun, M.C., Holmberg, C. 1991. Safe Use of Cotton By-Products as Feed Ingredients for Ruminants: A Review. In L.A. Jones (ed). *Cattle Research with Gossypol-Containing Feeds*. National Cottonseed Prod. Assoc. Memphis, TN, 97-129.
- Cass, Q.B., Tiritan, E., Matlin, S.A., Freire, E.C. 1991. Gossypol Enantiomer Ratios in Cotton Seeds. *Phytochemistry*, 30(8): 2655-2657.
- Coutinho, E.M. 2002. Gossypol: A Contraceptive for men. *Contraception*, 65: 259-263.
- Dilday, R.H. 1986. Development of a Cotton with Glandless Seed and Glanded Foliage. and Fruiting Forms. *Crop Science*, 26: 639-641.
- Emiroğlu, Ş.H. 1974. Gossypol Glandı Taşımayan Pamuk Islahı ve Glandsız Bazı İntroduksiyon Pamuklarının Ticari Çeşitlerle Karşılaştırmalı Verim ve Kaliteleri Üzerinde Araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Doçentlik Tezi*, İzmir, 1-20.
- Emiroğlu, Ş.H., Yazıcıoğlu, G., Turan, Z.M., Akdemir, H. 1989. Gossypol'süz Yeni Pamuk Çeşitleri Islahı. *Doğa TÜBİTAK Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*. 13(2): 204-215.
- Endrizzi, J.E. 1962. The Diploid Like Cytological Behavior of Tetraploid Cotton. *Evolution*, 16: 325-329.
- <http://faostat.fao.org/site/636>, (15.01.2009).
- Foster, J.D., Verhalen, L.M., Murray, D.S. 1994. Prometryn Tolerance in Glanded Versus Isolines of Cotton. *Crop Science*, 34:67-71.
- Harper, A.G. 1963. Development of Glandless Cottonseed, *Proceedings-24<sup>th</sup> American Cotton Congress*, 79-96.
- İnan, Ö. 1980. Pamuk Glandlerinin Kimyasal Bileşimi, Biyolojik Aktivitesi ve Genetiği. *Antalya Pamuk Araştırma Enstitüsü Raporları*, 1-15.
- Jones, L.A. 1991. Definition of Gossypol and its Prevalence in Cottonseed Products. *Cattle Research with Gossypol Containing Feeds*. National Cottonseed Products Association. Memphis, TN. p 1.
- Keerti, R., Sunilkumar, G., Stipanovic, R., Wedegaertner, T. 2007. Toward Control Strategies of Emerging Pathogens and Nematodes of Cotton. *World Cotton Research Conference Proceedings*, 14 August, Texas.
- Kim, H.L., Calhoun, M.C., Kuhlmann, S.W. 1993. Isomers of Gossypol in Cottonseed and Cottonseed Meal. *Journal of Animal Science*, 71: 30.
- Kline, M.P., Rajkumar, S.V., Timm, M.M., Kimlinger, T.K., Haug, J.L., Lust, J.A., Greipp, P.R., Kumar, S. 2008. R-(-)-gossypol (AT-101) Activates Programmed Cell Death in Multiple Myeloma Cells. *Experimental Hematology*, 36: 568-576.
- Kohel, 1973. Genetic Nomenclature in Cotton. *Journal of Heredity*, 65: 291-295.
- Lee, K.J., Dabrowski, K. 2002. High Performance Liquid Chromatographic Determination of Gossypol and Gossypolone Enantiomers in Fish Tissues Using Simultaneous Electrochemical and Ultraviolet Detectors. *Journal of Chromatography B*, 779: 313-319.
- Liu, J., Benedict, C.R., Stipanovic, R.D., Bell, A.A. 1999. Purification and Characterization of S-Adenosyl-L-Methionine: Desoxyhemigossypol-6-O-Methyltransferase from Cotton Plants. An Enzyme Capable of Methylating the Defense Terpenoids of Cotton. *Plant Physiology*, 121: 1017-1024.
- Lordelo, M.M., Davis, A.J., Calhoun, M.C., Dowd, M.K., Dale, N.M. 2005. Relative Toxicity of Gossypol Enantiomers in Broilers. *Poultry Science*, 84:1376-1382.
- Lusas, E.W., Lividin, G.M. 1987. Glandless Cottonseed: A Review of the First 25 Years of Processing and Utilization Research. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 64: 839-854.
- McCarthy, J.C., Hedin, P.A., Stipanovic, R.D. 1996. Cotton *Gossypium* spp. Plant Gossypol Contents of Selected *Gl<sub>2</sub>* and *Gl<sub>3</sub>* alleles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 613-616.
- McMichael, S.C. 1960. Combined Effects of Glandless Genes *gl<sub>2</sub>* and *gl<sub>3</sub>* on Pigment Glands in the Cotton Plant. *Agronomy Journal*, 52: 385-386.
- Meredith, W.R., Hanny, Jr.B.W., Beiley, J.C. 1979. Genetic Variability Among Glandless Cottons for Resistance to Two Insects. *Crop Science*, 19(5): 330-335.
- Mergeai, G., Vroh Bi, I., Yardin, P.D., Baudoin, J.P. 1995. Introgression of Glanded Plant and Glandless-Seed Trait from *G.sturtianum* Willis into Tetraploid Cotton Plants. *Proc. Beltwide Cotton Improvement Conf.* 6-7 January 1995, 513-514.
- Meyer, R., Vorster, S., Dubery, I.A. 2004. Identification and Quantification of Gossypol in Cotton by Using Packed Microtips Columns in Combination with HPLC. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 380(4): 719-724.
- Moon, D.O., Kim, M.O., Lee, J.D., Kim, G.Y. 2008. Gossypol Suppresses NF-kB Activity and NF-kB-related Gene Expression in Human Leukemia U937 Cells. *Cancer Letters*, 264: 192-200.
- Moore, A.T., Rollins, M.L. 1961. New Information on the Morphology of the Gossypolpigment Gland of Cottonseed. *Journal of American Oil Chemists Society*, 38: 156-160.
- Oğlakçı, M., Çopur, O. 1995. Pamuğun Yapısal ve Kimyasal Özelliklerinin Böceklerle Dayanıklılık İle İlişkisi. *GAP Bölgesi Bitki Koruma Sorunları ve Çözüm Önerileri Semp.*, 27-29 Nisan, Şanlıurfa.



- Pauly, G. 1979. Les Glandes à Pigments du Cotonnier: Aspect Génétique et Sélection des Variétés 'Glandless' et 'High Gossypol'. *Cotton Fibres Trop.* 34: 379-402.
- Percy, R.G., Calhoun, M.C., Kim, H.L. 1996. Seed Gossypol Variation with in *G.barbadense* L., *Crop Science*, 36: 193-197.
- Prieto, J.G., Depeters, E.J., Robinson, P.H., Santos, J.E.P., Pareas, J.W., Taylor, S.J. 2003. Increasing Dietary Levels of Cracked Pima Cottonseed Increase Plasma Gossypol but do not Influence Productive. *Journal of Dairy Science*, 86(1): 254-267.
- Poore, M., Rogers, G.M. 1995. Potential for Gossypol Toxicity When Feeding Whole Cottonseed. *Animal Husbandry Newsletter*, June-July 1995, North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA.
- Qiu, J., Levin, L.R., Buck, J., Reidenberg, M.M. 2002. Different Pathways of Cell Killing by Gossypol Enantiomers. *Society for Experimental Biology and Medicine*, 398-401.
- Rajarajeswari, V., Subbarao, I.V. 1997. Gossypol Glands Relation to Resistance to Bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Upland Cotton (*G. hirsutum* L.). *Indian Journal of Agricultural Science*, 67(7): 293-295.
- Robinson, P.H., Getachew, G., Depeters, E.J., Calhoun, M.C. 2001. Influence of Variety and Storage for up to 22 Days on Nutrient Composition and Gossypol Level of Pima Cottonseed (*Gossypium* spp.). *Animal Feed Science and Technology*, 91: 149-156.
- Rooney, W.L., Stelly, D.M., Altman, D.W. 1991. Identification of Four *Gossypium sturtianum* Monosomic Alien Addition Derivatives from a Backcrossing Program with *G.hirsutum* L. *Crop Science*., 31: 337-341.
- Samora, P.J., Stelly, D.M., Kohel, R.J. 1994. Localization and Mapping of GL<sub>1</sub> and GL<sub>2</sub> Loci of Cotton (*G.hirsutum* L.). *Journal of Heredity*, 85: 152-157.
- Sezer, Ö. 1981. Bölgede Ekilen Islah, Deneme ve Araştırma Projelerinde Denenen Pamuk Çeşitlerinin Koza, Tohum, Lif ve İplik Özelliklerinin Tayini. Adana Bölge Pamuk Araştırma Enstitüsü, Pamuk Araştırma Proje ve Sonuçları, 183-189.
- Sharma, N.K., Dighe, J.M., Ergmi, R.U., Apte, B.G. 1994. Progressive Accumulation of Gossypol During Boll Development and Chemical Composition of Some Cotton Varieties. *Field Crop Abstract*, 47(2): 1130.
- Smith, F.H. 1961. Biosynthesis of Gossypol by Excised Cotton Roots. *Nature*, 192:888-889.
- Singh, P., Singh, T.H., Chahal, G.S. 1991. Genetical Control of Gossypol Content in Intervarietal Crosses of Upland Cotton. *Crop Improvement*, 18(2): 141-143.
- Sotelo, A., Villavicencio, H., Montalvo, I., Gonzalez, M.T. 2005. Gossypol Content on Leaves and Seeds from Some Wild *Malvaceae* Species. *The African Journal of Traditional*, 2(1): 4-12.
- Stipanovic, R.D. 1994. Gossypol in Cotton. *Proceedings, The Biochemistry of Cotton Workshop*, 23-27.
- Vroh Bi, I., Baudoin, J.P., Mergeai, G. 1998. Cytogenetics of the Glandless Seed and Glanded Plant Trait from *Gossypium sturtianum* Willis Introgressed into Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Plant Breeding*, 117: 235-241.
- Vroh Bi, I., Baudoin, J.P., Hau, B., Mergeai, G. 1999. Development of High Gossypol Cotton Plants with Low Gossypol Seeds Using Trispecies Bridge Crosses and In Vitro Culture of Seed Embryos. *Euphytica*, 106: 243-251.