

## Pamuk Üzerine Sıcaklık Stresinin Etkisi

Hasan HALILOĞLU<sup>1</sup>

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa<sup>1</sup>  
İletişim: haliloglu@harran.edu.tr

### Özet

Sürekli ya da zaman zaman görülen yüksek sıcaklıklar pamuğun büyüme ve gelişmesini etkilemekte, verimde ciddi azalmalara, biyokimyasal ve metabolik aktivitelerin değişmesine neden olabilmektedir. Sıcaklık stresinin zararlı etkileri, farklı genetik yaklaşımların kullanımı ile daha yüksek sıcaklık toleransına sahip bitkilerin geliştirilmesi sayesinde azaltılabilir. Bu amaç için bitkilerin sıcaklık karşısındaki biyokimyasal ve fizyolojik tepki ve tolerans mekanizmalarının bilinmesi gerekmektedir. Pamuk sıcak iklim bitkisi olup, iyi bir verim için çok yüksek sıcaklıklara gerek yoktur. Erken koza oluşum döneminde yüksek sıcaklık ile verim arasında olumsuz bir ilişki vardır. Pamuk gelişim süreci boyunca yüksek sıcaklığa hassas olmasına rağmen, özellikle generatif dönemde hassas olmakta ve çiçeklenme süresince çevresel stres bitki gelişimini ve verimliliğini sınırlayan en önemli faktör olmaktadır. Bu derlemede sıcaklık stresinin pamuk bitkisinin gelişimine etkileri üzerinde durulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Pamuk, sıcaklık, tarak, çiçek, koza.

### Effect of Heat Temperature Stress on Cotton

#### Abstract

Constant or sporadic occurrence of high temperatures effecting the growth and development of the cotton may result in drastic reductions of yield and changes of biochemical and metabolic activities. The harmful effects of heat stress can be reduced with the use of different genetic approaches to develop the plants with high temperature tolerances. For this purpose, biochemical and physiological responses of plants against temperature and tolerance mechanisms must be known. Cotton is a hot climate plant and there is no need very high temperatures for high yield. There is a negative relationship between high temperature and yield during early boll formation period. Despite cotton sensitive to high temperatures throughout the development process, especially being sensitive in the reproductive stage and the environmental stress is the most important factor that limiting plant growth and efficiency during flowering. This review will focus on the effect of heat temperature stress on the development of the cotton plant.

**Key Words:** Cotton, heat, brakte, flower, boll.

#### Giriş

Bitkiler ideal koşullarda ani hava değişiklikleri ile bir süre yüksek sıcaklık ve soğukla karşılaşabilirler. Bu şokla karşı karşıya kalan bitkiler henüz tam olarak açıklanamamış bazı mekanizmalarla strese karşı koymaya çalışırlar. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, yüksek sıcaklık şokunda bitkilerin özel bazı proteinler ürettikleri

bulunmuştur. Pamuk bitkisinin aşırı sıcaklıklardan etkilenme derecesi, sıcaklıkların oluşum hızına, derecesine, etkili olduğu süreye, bitki gelişme devresine, tür ve çeşide göre değişmektedir (Moraghan ve ark., 1968; Reddy ve ark., 1991).

Bazı çevre faktörleri kısmen de olsa istenilen şekilde yönlendirilebildiği veya sun'i olarak karşılanabildiği halde sıcaklık için böyle bir durum söz konusu değildir. Sıcaklık

çimlenme başlangıcından depolama süresine kadar tüm hayat devrelerinde pamuğun kalite ve verim unsurlarını etkilemektedir (Demirbilek ve Özel, 1998).

Pamukta, *gossypium* cinsi içerisindeki türlere ilişkin bitkiler; yıllık alt çalı veya çok yıllık çalı ya da ağaççık yapısında olabilmekte ve yüksek sıcaklık istemektedirler. Bununla birlikte pamuk, sıcak iklim bitkisi olmasına rağmen, iyi bir verim için çok yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duymamakla birlikte çiçeklenme ve erken koza oluşum süreci boyunca verim ve yüksek sıcaklık arasında negatif bir ilişki vardır (Oosterhuis, 1999).

Genel olarak çok yıllık bir özellik olmakla birlikte yetiştirme süresini sıcak aylara kaydırarak tek yıllık bir özellik gösteren pamuk genotiplerinin vejetasyon süresi, 80-240 gün (2.5-8 ay) ve ortalama 120-140 gün arasında değişebilmektedir (Oğlakçı, 2012).

Genotiplerin, gerek gün ve gerekse gece sıcaklıklarına tepkileri farklıdır. Bazı genotipler düşük toprak sıcaklığında çimlenip, toprak yüzüne çıkabildikleri halde (*G. barbadense* L. varyeteleri); bazıları (*G. hirsutum* L. varyeteleri) düşük sıcaklıklarda çimlenmemektedir. Bazı pamuk türleri, sığağa ve kurağa toleranslı ve bazıları ise duyarlı olabilmektedir (Quisenberry ve Kohel, 1975).

Bitkinin aynı sıcaklık derecelerine gündüz ve gece gösterdiği tepkiler de farklı olmaktadır. Pamuk bitkisi genç dönemlerinde yaşlı dönemlerine göre olumsuz sıcaklıklardan daha fazla etkilenmektedir. Genç bitkilerin kendi kendilerini toparlamaları yaşlı bitkilere oranla daha hızlı ve sağlıklı olmaktadır. Pamuk bitkisinin büyüme ve gelişmesi, hem düşük sıcaklıklardan hem de yüksek sıcaklıklardan olumsuz yönde etkilenmektedir. Düşük sıcaklıklarda meydana gelen değişimler yüksek sıcaklıklarda meydana gelen

değişimlerden daha etkili olmaktadır. Düşük sıcaklıklarda kuru madde üretimi az olmakta, yüksek sıcaklıklarda ise, aşırı solunum nedeniyle kuru madde birikimi az olmaktadır. Optimum düzeyden uzaklaştıkça gelişme yavaşlamakta, çiçeklenme-meyvelenme gecikmekte ve verim önemli derecede düşmektedir.

Pamuk genotiplerinde, generatif gelişme yönünden, sıcaklık ve ışıklandırma süresine bağlı olarak, çok geniş bir değişkenlik bulunmaktadır. Upland pamuk genotiplerinden bazılarının, 30-34 °C gibi sıcaklık ortamı ve kısa gün koşullarında, aynı genotiplerin uzun gün koşullarına oranla, daha fazla tarak oluşturduğu; yine upland pamukları ile *G. barbadense* L. türüne ilişkin bazı yabani formların, uzun gün koşullarında, daha fazla çiçek oluşturduğu; buna karşılık, bazı ticari varyetelerin (*G. hirsutum* L.) yüksek sıcaklık ve uzun gün koşullarında, çiçek oluşturamadığı bildirilmektedir (Mauney ve Phillips, 1963).

Balls (1919) doksan beş yıl önce Mısır'da pamuğun en iyi 32 °C'de geliştiğini ve 35 °C'nin üzerindeki sıcaklıkların zararlı olduğunu bildirmiştir.

Pamuk bitkisinin taraklanma, çiçeklenme ve meyvelenme devrelerinde 38-40 °C'lik ekstrem sıcaklıklara rastlanılmaktadır.

Yüksek sıcaklık ve düşük ışık yoğunluğunda; bitki kuru ağırlığı azalmakta, ancak yaprak alanı artmakta, bunun yanında yüksek sıcaklık (gündüz-gece 30/20°C) ve yüksek ışık yoğunluğunda (75 w/m) boğum, meyve ve odun dalı ile çiçek sayısında artış gözlenmektedir (Roussopolos ve ark., 1998).

Serin iklim (gündüz-gece 26/16.5°C) ve yüksek ışık (75 w/m) koşullarında çırçır randımanı artmakta; buna karşılık, yüksek sıcaklık (gündüz-gece 30/20°C) ve fazla ışıklandırma (75 w/m) koşullarında ise lifler kısa, dayanıklılıkları yüksek, lif kalınlığı fazla ve lif

olgunluğu da çok yüksek olmaktadır (Roussopolos ve ark., 1998).

Pima pamuk (*G. barbadense* L.) genotiplerinin bazılarında, tarak ve kozaların gelişmesinde, 20/30 °C'lik bir optimum sıcaklık rejimine gereksinim olduğu (Hassan ve ark., 2000); bu rejime göre daha düşük veya daha yüksek koşulların, generatif organ gelişmesini olumsuz yönde etkilediği; düşük koşullarda, büyüme ve gelişmenin yavaşladığı; daha yüksek koşullarda, tarak ve genç kozaların döküldüğü; örneğin, 32/40 °C'lik, gece/gündüz sıcaklık koşullarında, tarakların tamamının döküldüğü; taraklanma ve çiçeklenmenin ilk dönemlerinde, 27.7 ile 35 °C'lik (gece/gündüz) sıcaklık koşullarında, genç koza ve tarakların döküldüğü; buna karşılık, 22/30 °C'lik (gece/gündüz) gibi optimum sıcaklık koşullarında, tarak ve koza tutkunluk sayısının arttığı belirtilmektedir (Hassan ve ark., 2000).

Bu derlemede sıcaklık stresinin pamuk bitkisinin gelişimine etkileri üzerinde durulacaktır.

### **Pamuğun Sıcaklık İstekleri**

Ekimden sonraki toprak sıcaklığı; pamuk tohumunun hızlı bir şekilde çimlenmesi, fide çıkışı ve verimlilik açısından kritik bir konudur. Toprak sıcaklığına tepki; genotipik özelliklere göre değişmekle birlikte, tohum ekimi sırasında toprak nemi, toprağın yapısı ve ekim derinliği ile ekimden birkaç gün sonra sıcaklığın ani düşmesi fide çıkış oranına etkili olabilmektedir. Pamuk tohumlarının çimlenebilmesi için tohum ekim bölgesinde (üst 5 cm'lik toprak) toprak sıcaklığının en az 12-13 °C'nin üzerinde olması gerekmektedir. İyi bir tohum çimlenme ve çıkış oranı için; üst 20 cm'lik toprak zonundaki sıcaklığın 18.3°C'nin üzerinde veya 10 günlük çimlenme süresinde ortalama 15.6 °C'nin üzerinde bir sıcaklığın olması gerekmektedir (Deter ve ark.,

1997'na atfen Oğlakçı, 2012). Pamuk tohumu 15.6 °C'de çimlenebilmekte ancak, iyi bir çıkış için pamuk ekimi, toprak sıcaklığı en az 18 °C olana kadar bekletilmelidir.

Toprak ısı, fidelerin kökçük ve fide sapının (hypocotyl) büyüme ve gelişme oranına etkili olmakta ve böylece, fide çıkışının erken ya da geç olmasına neden olabilmektedir. Genotiplerin toprak ısısına tepkileri farklılık göstermektedir. Soğuk ve serin koşullara tolerant bir genotipin tohumları, diğerlerine göre daha hızlı bir çıkış gösterebilmekte; düşük sıcaklıklarda ekilmiş ve gece sıcaklığının 12-14 °C'ye düştüğü koşullarda, tohum çimlenmesi ve fide çıkışı çok yavaş olmaktadır (Guinn, 1985).

Kökçüğün iyi bir şekilde gelişebilmesi için, başlangıçta hava sıcaklığının 33-36 °C ve çimlenmeyi takip eden 3-4 günlük devrede ise, hava sıcaklığının 27 °C dolayında olması istenmektedir (Guinn, 1985; Leffler ve Williams, 1983).

Pamuk tohumu çimlenme sırasında iki devrede düşük sıcaklıklara karşı hassastır. Bu devreler, tohumun su almaya başladığı ve metabolik aktivitenin başladığı devredir. Bu devrelerde sıcaklığın 10 °C'nin altına düşmesi istenmez. Bu devreler düşük sıcaklıklarda uzamakta ve ekimden sonraki bir haftalık devreyi kapsayabilmektedir. İkinci devrede meydana gelen üşüme zararı sonucunda bitkiler daha kısa boylu olmakta, ilk çiçeklenme gecikmekte, yaprak alanı ve birinci el kütlü oranı azalmaktadır (Leffler, 1980; Kerby ve ark., 1989).

% 80 oranında bir fide çıkışı için toprak sıcaklığının en az 12.8 °C'nin üzerinde olması durumunda; fide çıkışı, 26 günde; 15.6 °C olduğunda, 17 günde ve 18 °C olduğunda ise 12 günde tamamlanmaktadır (Johnson ve ark., 1959).

Tohum ekiminden 2-3 gün sonra toprak sıcaklığının 10 °C'ye doğru azalması

durumunda kökçük zararlanmaktadır. Buna karşılık, toprak yüzeyine çıkış yapan fidelerde de, sıcaklığın 35-40 °C'ye ulaşması halinde, kök hücrelerinde solunum hızlanmakta ve sıcaklığın uzun sürmesi durumunda fideler solgunluk göstermekte, pamuk fideleri 16 °C'nin altındaki sıcaklık koşullarında yavaş büyüme ve gelişme göstermekte ve 20 °C'nin altındaki sıcaklıklarda ise fotosentez aktivitesi azalmaktadır (Bradow, 1991).

Pamuğun ilk gelişme dönemleri (ana sap uzaması, yaprak alanı gelişimi ve biomass üretimi) için en uygun sıcaklık değerleri gündüz/gece 30/22 °C 'dir. Pamuk bitkisi 30/22 °C'de, 20/12 °C'ye göre dört katı fazla meyve dalı üretirken, daha az odun dalı üretmektedir (Reddy ve ark., 1992a). Lawrence ve Holaday (2000) düşük gece sıcaklıklarında (15 °C dolayları) yapraklardan büyüme noktalarına gönderilen karbonhidrat miktarının azalarak, metabolik aktivitenin sınırlandığını bildirmişlerdir.

Taraklanma için en uygun sıcaklıklar, gündüz 27-30 °C, gece ise 22-25 °C'dir. 21/16 °C'den düşük gündüz/gece sıcaklıkları taraklanmayı önemli derecede geciktirmektedir (Moraghan ve ark., 1968).

Gövde ve yaprak gelişimi için optimum sıcaklık 30 °C'dir (Hodges ve ark., 1993). Sıcaklıklar 35 °C dolaylarına ulaştığında gelişim oranı ve fotosentez azalmaya başlar (Bibi ve ark., 2008). Reddy ve ark., (1991) optimum gündüz 40 °C, gece 30 °C sıcaklık koşullarında yetiştirilen Upland pamuklarının optimum gündüz 30 °C, gece 20 °C sıcaklık koşullarında yetiştirilen pamuklara göre toplam gövde biomassının % 50 düzeyinde azaldığını gözlemlemişlerdir. Optimum sıcaklıkların üstündeki sıcaklıklar yaprak alanında da önemli azalmalara sebep olmaktadır. Örneğin, upland pamuklarında yaprak genişliği için optimum sıcaklık rejimi gündüz 30 °C, gece 22 °C'nin altındaki

sıcaklıklardır ve bu sıcaklık rejimi aşıldığında yaprak alanı azalmaktadır (Reddy ve ark., 1992c). Reddy ve ark., (1995a) Bibi ve ark., (2010) Upland pamuklarında 35 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda yaprak genişliğinin önemli düzeyde azaldığını belirtmişlerdir.

Gündüz 35 °C ve gece 21 °C olan sıcaklık koşullarında, çiçeklenme olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Bu olumsuz yönde olan etkilenmenin, olgunlaşmış ya da yaşlı bitkilerde, genç bitkilere göre daha az olduğu belirtilmektedir (Mc Michael ve Powel, 1971).

Sabit 36 °C sıcaklık koşullarında büyütülen bazı pamuk genotiplerinde; büyümenin azaldığı ve yapraklarda solgunluk olduğu gözlenmiştir. 20/21 °C'lik gündüz-gece koşulları ile 40/32 °C'lik, gündüz/gece koşulları ve ara rejim koşullarında yetiştirilen bitkilerde; sıcaklığın 27 °C'den, 30 °C'ye çıkarılması durumunda, bitkide, yaprak çıkış gün sayısının (plastoehron) azaldığı ve yaprak büyüme oranı ile ana sap boğum sayısı ve boğum uzunluğunda artış olduğu bulunmuştur (Reddy ve ark., 1997).

Koza gelişimi için en uygun sıcaklık, 25 °C civarındadır (Reddy ve ark., 1999). Kozalar düşük sıcaklıklara karşı, en fazla çiçeğin açtığı gün ve 10 günlük koza devresinde duyarlıdır. Düşük sıcaklıklar, koza ağırlığı ve tohum sayısını azaltmakta, kısır tohum sayısını artırmaktadır (Reddy ve ark., 1999). Günlük ortalama sıcaklık 20-25 °C olduğunda, ortalama olgun tohum sayısı % 85'den fazla olmasına karşın, 20 °C'nin altında olgun tohum sayısı önemli derecede azalmaktadır (Hong ve ark., 1984). Günlük ortalama sıcaklık 26 °C'den 19 °C'ye düştüğü zaman her 1 °C için, koza açılması 5 gün uzamaktadır (Gou, 1985). Öte yandan, yüksek sıcaklıklar (40 °C) koza sayısı ve ağırlığını azaltmaktadır.

Büyüme odalarında, upland pamuğu ile yapılan bir çalışmada, bitki boyu ve boğum

sayısı, tarak ve koza sayılarının, sıcaklık artışına (17.8 °C'den 30.6 °C'ye doğru) bağlı olarak arttığı; ekimden ilk tarağın görüldüğü devreye kadar olan gün sayısının sıcaklıkla etkilendiği bulunmuştur (Reddy ve ark., 1995 b).

Lif uzunluğu için en uygun sıcaklık dereceleri, 15 ile 21 °C arasındadır (Gipson ve Joham, 1968). Koza gelişiminin ilk 3 haftasındaki orta derecedeki sıcaklıklar (20-25 °C) lif uzunluğunda artışa neden olurlar (Hong ve ark., 1984). Lif inceliği ve olgunlaşması, 26 °C'ye kadar düzenli bir şekilde artmakta, ancak 32 °C'de düşüş görülmektedir (Reddy ve ark., 1999).

Pamukta verim, bitkideki koza sayısı ve ağırlığı tarafından belirlenir (Heitholt, 1993). Bu faktörler, çiçeklenme oranı ve koza tutumu tarafından etkilenir. Bu nedenle, pamuk bitkisi tarafından üretilen çiçek ve kozaların iklim faktörleri ile ilişkisini bilmek önemlidir. Çiçeklenme süresince en uygun sıcaklık 30/20 °C (gündüz/gece)'dir. Günlük maksimum sıcaklığın yüksek seyretmesi, pamuk bitkisinde tozlanma ve döllenmeyi olumsuz yönde etkilemekte (Kakani ve ark., 2005); tarak-çiçek dökümü (Reddy ve ark., 1995a) ile erken olgunlaşmaya neden olmaktadır. Yüksek gece sıcaklıkları, bitkinin geceleri stomalarını kapatması ve bu nedenle kendini serinletmemesi nedeniyle, bitki sıcaklığını artırır. Böylece pamuk bitkisi kendi organizma yapısını korumak için; depoladığı enerjiyi, solunumunu artırarak harcar. Yüksek gece sıcaklığının bir başka etkisi de polen kısırlığında görülür.

Pamuğun farklı gelişme dönemlerinde optimum istegin altındaki veya üstündeki sıcaklıklara maruz kalması, gelişme döneminin kısalması veya uzamasına neden olarak lif verimi ve kalitesinde önemli kayıplara neden olmaktadır. Sıcaklığın bu olumsuz etkileri, ekimin zamanında ve uygun

şekilde yapılması, ekim zamanına uygun çeşit seçimi gibi bazı yetiştirme teknikleri ile giderilebilmektedir.

Sıcaklık artışı sonucunda (belirli bir dereceye kadar, genellikle 30-33 °C); meyve dalı sayısı, tarak sayısı ve koza sayısı artabilmektedir. Ancak, genotiplerin aşırı derecede oluşan sıcaklıklara (35 °C ve üzeri) tepkileri farklılık göstermektedir.

Sıcaklık ile koza ve koza komponentleri (lif ve tohum) gelişmesi arasında da, yakın bir ilişki bulunmaktadır: Gece sıcaklığı düştüğünde (27 °C'den 11 °C'ye) koza olgunlaşma süresi azalmakta (45 günden 31 güne) ve yine çok sıcak (35-40 °C) ve kuru koşullarda, kozalar daha erken devrede açılmaktadır. Sıcaklığın 21 °C'den 30 °C'ye doğru artışı durumunda, çiçek-koza açma arasındaki süre (gün) kısalmaktadır (Moraghan ve ark., 1968).

Bunun yanında, çiçek-koza açma arasındaki süre, kozaların, çiçeklenme ve meyvelenme devresinin erken veya geç devrelerinde oluşumuna bağlı olarak değişmekte; çiçeklenme başlangıcında oluşan kozalarda süre azalmakta ve buna karşılık çiçeklenmenin 9. 10. 11. ve 12. haftalarında oluşan kozaların açılma sürelerinde ise 15-16 günlük bir süre uzunluğu ortaya çıkabilmektedir (Young ve ark., 1980).

Lifin uzama süresi ve lifte selüloz birikim miktarı da, sıcaklıktan etkilenebilmektedir. Gündüz 24 °C ve gece 10 °C gibi serin büyüme ve gelişme ortamında, gündüz 29 °C ve gece 16 °C gibi ılıman koşullara göre, lifte selüloz birikme oranı azalmaktadır (Mc Michael ve Powell, 1971).

Günlük ortalama sıcaklıkların azalması ile lif uzama süresi artmakta, lif uzunluğu, lif uniformitesi ve dayanıklılığı gibi özellikler olumsuz yönde etkilenmektedir.

Bitki gelişim döneminde, kuru ve sıcak rüzgarlar, yapraklardan hızlı su kaybına

neden olmakta ve böylece yaprak, tarak, çiçek ve hatta kozalar (küçük elma) dökülmekte ve bitki susuzluk stresine girmektedir. Hasat zamanı, kuvvetli rüzgarlar, kütlü pamuğun dökülmesine ve yağışla birlikte olan rüzgarlar ise daha fazla kütlü pamuk dökümüne neden olabilmektedir.

### **Yüksek Sıcaklığın Bitki Gelişimi ve Büyümesi Üzerine Etkisi**

Çimlenmeden çiçek oluşumuna kadar olan tüm vejetatif gelişme süreçlerinde sıcaklık etkilidir (Paulsen, 1994). Pamuk gelişimi maksimum sıcaklıklarda hızlı bir şekilde artar (Reddy ve ark., 1996). Sıcaklık; çimlenme, çıkış ve sonraki bitki gelişimi, meyve oluşumu ve nihai verim üzerine hayati rol oynamaktadır. Ekimden sonraki toprak sıcaklığı; pamuk tohumunun hızlı bir şekilde çimlenmesi, fide çıkışı ve verimlilik açısından kritik bir konudur (Kerby ve ark., 1989; Steiner ve Jacobsen, 1992). Kökler saplara göre daha düşük optimum (30 °C) sıcaklık aralığında gelişir.

Bitki başına odun ve meyve dalı sayısı sıcaklık tarafından önemli derecede etkilenmekte, yüksek sıcaklıklar meyve dalı oluşumunu azaltmakta, odun dalı sayısını ise arttırmaktadır. Sıcaklığın 30 °C'den 40 °C'ye çıkması meyve dalı sayısını % 50 oranında arttırdığı görülmüştür. Bununla birlikte tarak ve koza sayıları sıcaklık 35 °C'den 40 °C'ye çıktığında aşırı şekilde azalmaktadır (Reddy ve ark., 1996).

Sıcaklık stresi altında pamuğun normal büyüme ve gelişimini sınırlayan faktörler pamuğun fizyolojisi üzerine birçok olumsuz etki yapar. Örneğin, 35 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda fotosentez çok duyarlı hale gelmektedir. Pamuktaki yüksek sıcaklık klorofil içeriğini düşürmekte (Snider ve ark., 2009; Snider ve ark., 2010), membran bütünlüğünü düşürmekte (Bibi ve ark., 2008)

ve fotosolunumu yükseltmektedir (Perry ve ark., 1983).

Araştırmalar, pamukta yüksek gece sıcaklıklarının solunum miktarını arttırdığını ve yapraklardaki çözülebilir karbonhidrat konsantrasyonlarını düşürdüğünü (Arevalo ve ark., 2008; Loka ve Oosterhuis, 2010), absisyonu artırdığını, bunun sonucunda önemli derecede verim düşüklüğünün olduğunu göstermiştir (Arevalo ve ark., 2008).

### **Yüksek Sıcaklık ve Generatif Gelişme**

Generatif gelişme anthesis (çiçek açma) öncesi ve sonrasında özellikle yüksek sıcaklığa hassastır. Örneğin, generatif gelişim döneminin her aşamasındaki ortalama sıcaklıkların artması ile ilk taraklanma, ilk çiçeklenme ve ilk açan koza sayısı azalmaktadır (Reddy ve ark., 1996). Bunun yanında ana gövde üzerindeki çiçeklerin gelişimi ve dikey çiçeklenme aralığı artan sıcaklık ile azalmaktadır (Hodges ve ark., 1993). Sıcaklığın 30 °C'den 40 °C'ye yükselmesi durumunda meyve dalı sayısı yaklaşık olarak % 50 artmaktadır. Diğer taraftan 35 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda absiyon yükselmekte, 40 °C'de koza tutumu sıfıra yaklaşmaktadır (Hodges ve ark., 1993). Örneğin Reddy ve ark. (1991) 30/20 °C gündüz/gece üzerindeki sıcaklıklarda genç koza ve tarak dökümlerinin artmasından dolayı koza tutkunluğunun önemli derecede azaldığını bildirmişlerdir (Reddy ve ark., 1995a). Zhao ve ark. (2005) 36/28 °C gündüz/gece sıcaklıklarına maruz kalan pamuk bitkilerinin, 30/22 °C gündüz/gece sıcaklıklarına maruz kalan pamuk bitkilerine göre yaklaşık % 70 daha düşük koza tutkunluğunu gerçekleştirdiğini bulmuşlardır. Diğer taraftan Pima pamuklarının Upland Delta tipi pamuklardan yüksek sıcaklıklara

daha toleranslı olduğu görülmüştür (Hodges ve ark., 1993).

Zamana, süreye ve şiddete bağlı olarak, yüksek sıcaklık erkek ve dişi gametlerin gelişimi, polen çimlenmesi ve polen tüpünün gelişmesini durdurarak döllenmeyi sınırlandırabilmektedir (Hedhly ve ark., 2009; Zinn ve ark., 2010).

*Gossypium hirsutum*'un generatif gelişme döneminde tam çiçeklenme günü kritik bir süreçtir. Sabahın erken saatlerinde (07-11 saatleri) beyaz renkteki çiçekler açar, tozlaşmadan sonra yarım saat içerisinde çimlenme gerçekleşir (Pundir, 1972). *G. hirsutum*'larda tohum oluşumu polen tüpü gelişimi ve ovul'un döllenmesi arka arkaya gerçekleşmekte ve 12-24 saat sonra döllenme görülmektedir. Bu yüzden tam çiçeklenme döneminde herhangi bir abiyotik stress stigmadan ovule polen tüpü gelişimini engellemekte olup döllenmeyi kısıtlamakta ve dolayısıyla verimi düşürmektedir.

Tam çiçeklenmede açık olan stigmaların tozlaşması stigma üzerindeki antherlerin açılması ve olgun polen tanelerinin serbest bırakılması ile gerçekleşmektedir. Yüksek sıcaklıklarda pamuk antherleri açılmayabilmektedir. Generatif organların sıcaklık stresine olan hassasiyeti polen tanelerinin yüksek sıcaklık durumuna olan hassasiyetine atfedilmiştir (Mascarenhas ve Crone, 1996). Dişi organların aksine değişik türlerin olgun polen taneleri sıcaklık stresine uyum sağlamamaktadır. *In vitro* çalışmaları pamuğun polen çimlenmesinin optimum 28-37 °C arasında olduğunu göstermiştir (Kakani ve ark., 2005). Yaz sıcaklıklarında optimum sıcaklıkların üzerindeki durumlarda pamuğun polen çimlenmesinin olumsuz etkilenmesi beklenmektedir.

Olgun polen tanelerinin yüksek sıcaklığa olan yetersiz tepkilerinden dolayı son *in vitro* çalışmaları polen tüpü uzunluklarının yüksek

sıcaklığa tepkileri üzerine odaklanmıştır (Liu ve ark., 2006). Örneğin Burke ve ark., (2004) bazı *G. hirsutum* çeşitlerinin polen tüp gelişimleri için optimum sıcaklıkların 28-32 °C arasında olduğunu belirlemişlerdir. Barrow (1983) pamuk polenlerinin yüksek sıcaklığa olan tepkisini değerlendirdiği çalışmasında, canlı polen boyama, polen çimlenmesi, polen tüpünün stigmaya, dişicik borusu ve yumurtalığa girişini incelemiştir. Araştırmacı, canlılık ve çimlenebilirliğinin 40 °C'ye kadar ki sıcaklıklarda ön uygulamalar ile etkilenmediğini göstermiştir. Pamukta maksimum günlük sıcaklıklar; çiçeklenme periyodu süresince polen tüpü gelişimi için sıklıkla optimal sıcaklıkları aşan ve öğleden sonra 38 °C üzerindeki sıcaklıklar olduğu tespit edilmiştir.

Sıcaklık stresi; generatif organlarda karbonhidrat dengesinde önemli değişimler ile sonuçlanmakta, yüksek sıcaklıkta zayıf generatif gelişime sebep olmaktadır.

Pamukta generatif organlarda karbonhidrat dengesi; üreme organlarının başarısını önemli derecede etkilemektedir (Zhao ve ark., 2005; Snider ve ark., 2009) *G. hirsutum*'da karbonhidratların çoğu koza gelişimi için gereklidir (Ashley, 1972; Wullschleger ve Oosterhuis, 1990).

Snider ve ark. (2010) düşük döllenmenin sıcaklık stresi altında pistilde düşük çözülebilir karbonhidrat ve ATP içeriği, düşük fotosentez oranları, düşük verim miktarı ve yapraklardaki düşük toplam klorofil içeriği ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Poliaminler, yüksek sıcaklık stresi altında çiçeklenme ve tohum oluşumunun düşüşünde önemli rol oynamaktadır. Bibi ve ark. (2007) sıcaklık ile poliamin arasında negatif korelasyon olduğunu, pamuk ovaryumundaki poliamin içeriğinin artan kanopi sıcaklığı ile düştüğünü bildirmişlerdir. Yüksek sıcaklık koşullarında tohum

döllenmesi önemli derecede düşmüş, putrescine'in dışarıdan uygulanması ile önemli derece yükselmiştir (Bibi ve ark., 2010). Araştırmacılar; putrescine'in çiçeklenme döneminde dışarıdan uygulanmasının pamukta muhtemel yüksek sıcaklık stresini düzeltebileceğini bildirmişlerdir.

Yüksek sıcaklık küresel ısınma konusunda artan endişe ile birlikte pamuk gelişimi, büyümesi ve verimini olumsuz etkilemektedir. Bu durum ticari çeşitlerde sıcaklığa toleransa dikkat çekmiştir. Bir çok araştırmacı pamukta genetiksel sıcaklık toleransı ile ilgili bilgi yayınlamıştır (Taha ve ark., 1981; Cottee ve ark., 2007; Snider ve ark., 2010). İslahçılar yüksek sıcaklık toleransını artırarak Pima pamuklarında (*G. barbadence* L.) verimleri artırmışlardır (Kittock ve ark., 1988). Bununla birlikte Upland pamuklarında (*G. hirsutum* L.) ise yüksek sıcaklığa toleransta düşük oranda gelişmeler sağlanmıştır. Bu probleme yönelik muhtemel çözüm, örneğin Güney Meksika gibi ekstrem sıcaklık koşullarında yetiştirilen pamuk alanlarından toplanan kalıtsal genetik materyalin kullanımı olabilir. Bibi ve ark. (2010), Meksikanın Oaxaca sahili yabani pamuk tiplerinin (*G. hirsutum* L. race Palmeri, PI681044) 4 ticari Orta-güney Upland çeşitlerinden (Tancot Sphinx, FiberMax 960BR, Stoneville 474, ve Deltapine 444BR) önemli derecede sıcaklığa toleranslı olduğunu belirtmişlerdir. Kalıtsal olarak *G. hirsutum* race ırkı olan Palmeri, ticari çeşitlerden yüksek sıcaklık stresine önemli derecede daha toleranslıdır. Test edilen ticari çeşitler arasında, sadece Tancot Sphinx yüksek sıcaklığa biraz tolerans göstermiştir. Modern çeşitler eski çeşitlerle kıyaslandığında çevresel stres koşullarına daha hassas olduklarından dolayı yıldan yıla değişen verimler verdiği tahmin edilmektedir.

### Yüksek Sıcaklığın Verim Üzerine Etkisi

Pamukta yüksek sıcaklık verimi çok önemli derecede etkilemekte (Wanjura ve ark., 1969), kütlü pamuk verimi ile yüksek sıcaklık arasında negatif ilişkinin olduğu bilinmekte ve yıldan yıla değişen pamuk verimleri, pamuk üreticilerinde en büyük kaygıyı oluşturmaktadır. Bu durum tahmin edilemeyen mevsimsel sıcaklıkların değişimi ile ilişkilendirilmektedir (Oosterhuis, 1999). Oosterhuis (yayınlanmamış) doğu Arkansas'da pamukta çiçeklenme sonrası kütlü verimlerini haftalık ortalama maksimum sıcaklıklar ile kıyaslamış, ortalama maksimum sıcaklıkların çiçeklenme döneminde 32 °C'nin üzerine çıkması durumunda verimde önemli düşüşlerin olduğunu bildirmiştir. Reddy ve ark. (1996) sıcaklıkların yaklaşık olarak 29 °C'nin üzerine çıkması halinde meyve verimliliğinde keskin düşüşlerin olduğunu bildirmişlerdir.

Gün boyunca ortalamaların üzerindeki sıcaklıklar fotosentez ve karbonhidrat oluşumunu düşürmekte (Bibi ve ark., 2008) ve yüksek gece sıcaklıkları da solunumu artırarak mevcut karbondihidratları düşürmektedir (Gipson ve Joham, 1968; Loka ve Oosterhuis, 2010). Bu durum düşük tohum oluşumu, küçük koza ebatı, koza başına tohum sayısı ve tohum başına lif sayısında düşüşle sonuçlanmaktadır (Arevalo ve ark., 2008). Koza sayısı ve ebatı yüksek sıcaklık tarafından olumsuz etkilenmektedir. Yüksek sıcaklık altında koza tutkunluğunun önemli derecede düştüğü görülmüş (Reddy ve ark., 1999; Zhao ve ark., 2005) ve pamuğun verim unsurlarında sıcaklık hassasiyetinin en önemli faktör olduğu bildirilmiştir. Örneğin, Reddy ve ark., (1991) 30/20 °C'nin üzerindeki gündüz/gece sıcaklıklarında genç kozalar ve tarakların dökülmelerinden dolayı önemli derecede



düşük koza tutkunluğunun meydana geldiğini gözlemlemiştirlerdir. Artan sıcaklıklar ile koza tutkunluğunun çok hassas olduğu ve koza tutkunluğunun 26.6 °C'nin üzerindeki sıcaklıklardan olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür (Reddy ve ark., 1995a).

Son zamanlarda, Zhao ve ark. (2005) 36/28 °C gündüz/gece sıcaklıklarında yetiştirilen pamuk bitkilerinin 30/22 °C gündüz/gece sıcaklıklarında yetiştirilen pamuklara göre yaklaşık % 70 düşük koza oluştuğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada çiçek tomurcuklarında düşük yapısal olmayan karbonhidrat içerikleri ile yüksek absiyon oranları arasında güçlü korelasyonun olduğu bulunmuştur. Pamuk bitkisi çok yıllık ve düzensiz (indeterminate) büyüme yapısından dolayı kısa süreli stres dönemlerini telafi edebilmekte, yetiştirme sezonunda çiçeklenme döneminde sıcaklıklardaki böyle değişimler bazı çiçeklere imkan vererek, sıcaklık zararından kaçması ile bazı kozaların oluşumuna imkan vermektedir.

### Sonuçlar

Pamuk bitkisinin aşırı sıcaklıklardan etkilenme derecesi, sıcaklıkların oluşum hızına, derecesine, etkili olduğu süreye, bitkinin gelişme devresine, tür ve çeşide göre değişmektedir.

Pamuğun farklı gelişme dönemlerinde optimum isteğin altındaki veya üstündeki sıcaklıklara maruz kalması, gelişme döneminin kısılması veya uzamasına neden olarak lif verimi ve kalitesinde önemli kayıplara neden olmaktadır.

Pamuk veriminin artırılması için gen kaynağı geliştirmede fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeydeki araştırmalarla pamuk genotiplerinin yüksek sıcaklık toleranslarının belirlenmesi ve geliştirilmesi önemli olacaktır.

Sıcaklık stresinin zararlı etkileri, farklı genetik yaklaşımların kullanımı ile daha yüksek sıcaklık toleransına sahip bitkilerin geliştirilmesi sayesinde azaltılabilir.

### Kaynaklar

- Arevalo, L.S., Oosterhuis, D.M., Coker, D., and Brown, R.S., 2008. Physiological response of cotton to high night temperature. *Amer. J. Plant Sci. and Biotechnol.* 2:63-68.
- Ashley, D.A., 1972. C-labelled photosynthate translocation and utilization in cotton plants. *Crop. Sci.* 12:69-74.
- Balls, W.L., 1919. *The cotton plant in Egypt.* MacMillan and Co., London. p. 202.
- Barrow, J.R., 1983. Comparisons among pollen viability measurement methods in cotton. *Crop Sci.* 23: 734-736.
- Bibi, A.C., Oosterhuis, D.M., and Gonias, E.D. 2007. Polyamines in cotton ovaries as affected by nodal position and canopy temperature. *Summaries of Cotton Research in 2006.* Univ. Arkansas Agric. Exp. Sta., Research Series 552:49-53.
- Bibi, A.C., Oosterhuis, D.M., and Gonias, E.G., 2008. Photosynthesis, quantum yield of photosystem II, and membrane leakage as affected by high temperatures in cotton genotypes. *J. Cotton Sci.* 12:150-159.
- Bibi, A.C., Oosterhuis, D.M., and Gonias, E.D., 2010. Exogenous application of putrescine ameliorates the effect of high temperature in *Gossypium hirsutum* L. flowers and fruit development. *J. Agron. Crop. Sci.* 196:205-211.
- Bradlow, J.M., 1991. Cotton cultivar responses to suboptimal post emergent temperatures. *Crop Sci.* 31(6): 1595-1599.

- Burke, J.J., Velten, J., and Oliver, M.J., 2004. In vitro analysis of cotton pollen germination. *Agron. J.* 96:359-368.
- Cottee, N.S., Tan, D.K.Y., Cothren, J.T., Bange, M.P., and Campbell, L.C., 2007. Screening cotton cultivars for thermotolerance under field conditions. In: Proc. 4<sup>th</sup> World Cotton Research Conference. Lubbock, TX, USA, 10-14<sup>th</sup> September, 2007.
- Demirbilek, T., ve Özel, H., 1999. Pamuk Bitkisinin Gelişmesi Üzerine Sıcaklığın Etkileri. *Harran Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi.* 2(3):21-30.
- Gipson, J.R., and Joham, H.E., 1968. Influence of night temperature on growth and development of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). 1. Fruiting and boll development. *Agron. J.* 60:292-295.
- Gou, X.X., 1985. The Relationship Between Cotton Boll Development and Air Temperature. *Field Crop Abstracts* 39(6):531, Abs. No: 4603.
- Guinn, G., 1985. Fruiting of cotton:III. nutritional stress and cut-out. *Crop Sci.* 25:981 - 985.
- Hassan, L.S., El-Shaarawy, S.A., and Abou-Tour, H.B., 2000. Response of some egyptian genotypes to varied climatic measurement over varied environments. *Proceeding of the Beltwide Cotton Conferences.* Vol 1: 553 - 560.
- Hedhly, A., Hormaza, J.I., and Herrero, M., 2009. Global warming and sexual plant reproduction. *Trends Plant Sci.* 14:30-36.
- Heitholt, J.J., 1993. Cotton boll retention and it's relationship to lint yield. *Crop Sci.* 33: 486-490.
- Hodges, H.F., Reddy, K.R., McKinnon, J.M., and Reddy, V.R., 1993. Temperature effects on cotton. *Mississippi Agri. & Forestry Exp. Sta., Mississippi State University, Miss.*
- Hong, J.R., Jiang, Z.R, Wu, I.S., Chen, Y.Q., Shi, RX., 1984. Influence of low temperature on cotton boll weight at the later stage. *Field Crop Abstracts* 9(6):531, Abs. No:4602.
- Johnson, S.P., Cowley, W.R., and Hoverson, R.R., 1959. Effect of low soil temperature on the emergence of acid delinted Deltapine 15 cottonseed. *Texas Agr. Exp. Sta. Prog. Rep.* 2091.
- Kakani, V.G., Reddy, K.R., Koti, S., Wallace, T.P., Prasad, P.V.V., Reddy, V.R., and Zhao, D., 2005. Differences in in vitro pollen germination and pollen tube growth of cotton cultivars in response to high temperature. *Ann. Bot.* 96:59-67.
- Kerby, T.A., Keeley, M., Johnson, S., 1989. Weather and seed quality variables to predict cotton seedling Emergence. *Agronomy Journal* 81:415-419.
- Kittock, D.L., Turcotte, E.L., and Hofman, W.C., 1988. Estimation of heat tolerance improvement in recent American pima cotton cultivars. *J. Agron. Crop Sci.* 161:305-309.
- Lawrence, C., and Holaday, A.S., 2000. Effects of mild night chilling on respiration of expanding cotton leaves. *Plant Sci.* Aug. 22;157(2):233-244.
- Leffler, H.R., 1980. Developmental Aspects of Cotton Seed Planting Quality. USDA, SEA-AR, Cotton Physiology and Genetics Research Unit, Stoneville, Mississippi.
- Leffler, H.R., and Williams, R.D., 1983. Seed density classification influence germination and seedling growth of cotton. *Crop Sc.* 23 (1). 161-165.

- Liu, Z., Yuan, Y.L., Liu, S.Q., Yu, X.N., and Rao, L.Q., 2006. Screening for high-temperature tolerant cotton cultivars by testing in vitro pollen germination, pollen tube growth and boll retention. *J. Integr. Plant Biol.* 48:706–714.
- Loka, D., and Oosterhuis, D.M., 2010. Effects of high night temperature on cotton respiration, ATP levels and carbohydrate content. *Environ. Exp. Bot.* 68:258-263.
- Mascarenhas, J.P., and Crone, D.E., 1996. Pollen and the heat shock response. *Sex. Plant Reprod.* 9:370-374.
- Mauney, J.R., and Phillips, L.L., 1963. Influence of daylight and night temperature on flowering of *Gossypium*. *Bot. Gaz.* 124: 278 - 283.
- Mc Michael, B.L. and Powel, R.D., 1971. Effect of temperature regimes on flowering and boll development in cotton. *Cott. Gr. Rev.* 48:125-130.
- Moraghan, B.J., Hesketh, J., and Low, A., 1968. Effects of temperature and photoperiod on floral initiation among strains of cotton. *Cotton Grow. Rev.* 45: 91-100.
- Oğlakçı, M., 2012. Pamuk Bitkisel Yapısı, Yetiştirilmesi, İslahı ve Lif Teknolojisi. Akademisyen Kitabevi Yayın Dağıtım ve Pazarlama Ltd. Şti. Ankara. ISBN: 978-605-464-922-8.
- Oosterhuis, D.M., 1999. Yield response to environmental extremes in cotton. pp. 30–38. In: Oosterhuis, D.M. (ed.) *Proc. 1999 Cotton Research Meeting Summary Cotton Research in Progress. Report 193.* Arkansas Agric. Exp. Stn., Fayetteville, AR.
- Paulsen, G.M., 1994. High temperature responses of crop plants. pp. 365-389. In: J.M. Bennett, K.J. Boote, T.R. Sinclair and G.M. Paulsen (Eds.). *Physiology and Determination of Crop Yield.* American Society of Agronomy, Madison, Wis.
- Perry, S.W., Krieg, D.A., and Hutmacher, R.B., 1983. Photosynthetic rate control in cotton. *Plant Physiol.* 73:662-665.
- Pundir, N.S., 1972. Experimental embryology of *Gossypium arboreum* L. and *G. hirsutum* L. and their reciprocal crosses. *Bot. Gaz.* 133:7-26.
- Quisenberry, J.E. and Kohel, R.J., 1975. Growth and development of fiber and seed in cotton. *Crop Sci.* 15. 465-467.
- Reddy, V.R., Baker, D.N., and Hodges, H.F., 1991. Temperature effect on cotton canopy growth, photosynthesis and respiration. *Agron. J.* 83:699–704.
- Reddy, K.R., Hodges, H.F., McKinion, J.M., and Wall, G.A., 1992a. Temperature effect on pima cotton growth and development. *Agron. J.* 84:237-243.
- Reddy, K.R., Hodges, H.F., and Reddy, V.R., 1992b. Temperature effects on cotton fruit retention. *Agron. J.* 84:26-30.
- Reddy, K.R., Reddy, H.F., and Hodges, H.F., 1992c. Temperature effects on early season cotton growth and development. *Agron. J.* 84:229-237.
- Reddy, K.R., Hodges, H.F., and McKinion, J.M., 1995a. Carbondioxide and temperature effects on pima cotton development. *Agron. J.* 87(5):820-826.
- Reddy, V.R., Reddy, K.R. and Acock, B., 1995b. Carbondioxide and temperature interactions on stem extension, node initiation, and fruiting in cotton. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 55(1) 17-28.
- Reddy, V.R., Hodges, H.F., McCarty, W.H., and McKinnon, J.M., 1996. Weather and cotton growth: Present and Future. *Mississippi Agr. & Forestry*

- Exp. Sta., Mississippi State University, Starkeville, Miss.
- Reddy, K.R., Hodges, H.F., and Mckinion, J.M., 1997. Modelling temperature effects on internode and leaf growth. *Crop Sci.* 37 (2) 503-509.
- Reddy, K.R., Davidonis, G.H., Johnson, A.S., and Vinyard, B.T., 1999. Temperature regime and carbon dioxide enrichment alter cotton boll development and fiber properties. *Agron. J.* 91:851-858.
- Roussopoulos, D., Liakatas, A. and Whittngton, W.J., 1998. Cotton responses to different lighth temperature regimes. *Journal of Agr. Sci.* 131:3: 277-283.
- Snider, J.L., Oosterhuis, D.M., Skulman, B.W., and Kawakami, E.M., 2009. Heat stress-induced limitations to reproductive success in *Gossypium hirsutum*. *Physiol. Plant.* 137:125-138.
- Snider, J.L., Oosterhuis, D.M., and Kawakami, E.M., 2010. Genotypic differences in thermotolerance are dependent upon pre-stress capacity for antioxidant protection of the photosynthetic apparatus in *Gossypium hirsutum*. *Physiol. Plant.* 138:268-277.
- Steiner, J.J., and Jacobsen, T.A., 1992. Time of planting and diurnal soil temperature effects on cotton seedling field emergence and rate of development. *Crop Science* 32:238-244.
- Taha, M.A., Malik, M.N.A., Chaudhry, F.L., and Makhdam, I., 1981. Heat induced sterility in cotton sown during early April in West Punjab. *Exp. Agric.* 17:189-194.
- Wanjura, D.F., Hudspeth, E.B.Jr., and Bilbro, J.D.Jr., 1969. Emergence time, seed quality, and planting depth effects on yield and survival of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Agron. J.* 61:63-65.
- Wullschleger, S.D., and Oosterhuis, D.M., 1990. Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls. *Crop Sci.* 30:1259-1264.
- Young, E.F. Jr., Taylor, M., and Petersen, H.D., 1980. Day-degree units and time in relation to vegetative development and fruiting for three cultivars of cotton. *Crop Sci.* Vol. 20: 370-373.
- Zhao, D., Reddy, K.R., Kakani, V.G., Koti, S., and Gao, W., 2005. Physiological causes of cotton fruit abscission under conditions of high temperature and enhanced ultraviolet-B radiation. *Physiol. Plant.* 124:189-199.
- Zinn, K.E., Tunc-Ozdemir, M., and Harper, J.F., 2010. Temperature stress and plant sexual reproduction: uncovering the weakest links. *J. Exp. Bot.* 61:1959-1968.