

## ÇİLEKLERDE (*Fragaria*) ÇİÇEKLENME İLE FOTOPERİYOT ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Leyla DEMİRSOY<sup>1\*</sup> Ahmet ÖZTÜRK<sup>1</sup> Sedat SERÇE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

<sup>2</sup>Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay

\*demirsoy@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 12.05.2011

Kabul Tarihi:24.01.2012

**ÖZET:** Çilekler fotoperiyot isteklerine göre kısa gün, uzun gün ve gün-nötr çilekleri olarak sınıflandırılırlar. Günümüz modern çilek çeşitlerinin çoğu kısa gün çeşitleridir. Ancak derim periyodunu uzatmadaki önemleri nedeniyle son yıllarda gün-nötr çeşitlerinin de ticari yetiştiricilikte kullanımı artmaya başlamıştır. Kültür çileklerinin karmaşık çiçeklenme karakterleri bunların çiçeklenme fizyolojisinin öğrenilmesini geciktirmiş, bu konu günümüzde bile halen merak edilen ve üzerinde durulan bir konu olmuştur. Kısa, uzun ve gün-nötr çileklerinin çiçeklenme fizyolojilerinin ve buna etki eden faktörlerin iyi bilinmesi bunların yetiştiriciliklerindeki başarıyı artıracak, çilek yetiştiriciliğinin gelişimine katkıda bulunacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Çilek, *Fragaria*, fotoperiyot, sıcaklık, çiçeklenme, vegetatif büyüme

### RELATIONSHIP BETWEEN PHOTOPERIOD AND FLOWERING IN STRAWBERRIES (*Fragaria*)

**ABSTRACT:** Based on photoperiodic requirements for flower induction, strawberries are classified as short-day, long-day and day-neutral. Currently, most cultivated strawberries are short-day cultivars. In recent years, utilization of day-neutral cultivars increased in commercial strawberry growing because of their importance for extending production season length. Complex flowering habits of the cultivated strawberries delayed to obtain knowledge on their flowering physiology. Some aspects of flowering physiology of strawberries still remain unclear. Therefore, even today this subject is being emphasized. Comprehensive knowledge on flowering physiology of short-day, long-day and day-neutral strawberries and factors affecting flowering physiology will increase growing achievement of them and make important contribution to the development of strawberry production.

**Key Words:** Strawberry, *Fragaria*, photoperiod, temperature, flowering, vegetative growth

### 1. GİRİŞ

Rosaceae familyasının *Fragaria* cinsine ait olan çileğin son kaynaklara göre dünya üzerinde ploidi seviyeleri  $2n = 2x$ 'ten  $2n = 10x$ 'e kadar değişen 20 farklı türü tanımlanmıştır (Hancock ve ark., 2008). Günümüzde yetiştiriciliği yapılan kültür çilekleri (*F. ×ananassa* Duch.), Kuzey (*F. virginiana* Miller) ve Güney Amerika'dan (*F. chilioensis* (L.) Miller) gelen iki oktoploid türün Avrupa'da melezlenmesi sonucu oluşan melez bir türdür.

Genel olarak bitkilerin bazı fizyolojik olaylarını gün uzunluğuna göre düzenlemelerine fotoperiyodizm denir. Fotoperiyodik sınıflamada üç grup yer almaktadır. Fizyolojik olaylarını belirli bir gün uzunluğunun altında gösteren bitkilere kısa gün (KG); belirli bir gün uzunluğunun üstünde gösteren bitkilere uzun gün (UG); ve gün uzunluğundan bağımsız olarak tepki gösterenlerine ise gün-nötr (GN) denilmektedir. KG ve UG bitkilerinde fizyolojik tepkinin eşik değerini oluşturan gün uzunluğuna kritik gün uzunluğu (KGU) denilmektedir. KGU, UG bitkilerinde 12 h üstü, KG bitkilerinde 12 h altı olmayıp tür ve çeşitler arasında genelde 8-16 h (saat) arasında değişmektedir. KG ve UG bitkileri fizyolojik tepkilerine göre obligat (zorunlu) ya da fakültatif olabilmektedir. Zorunlu bitkilerde fizyolojik tepki sadece ilgili koşullar mutlak olarak sağlandığında gözlenirken, fakültatif bitkiler istenilen gün uzunluğu koşullarının sağlanması durumunda en hızlı ve en

birörnek şekilde tepki göstereceklerdir. Ancak, koşulların sağlanmaması durumunda da daha uzun sürede ve bir örnek olmayan bir şekilde de olsa tepki vereceklerdir. Örnek olarak, zorunlu bir UG tütün çeşidi ile fakültatif KG bir çilek çeşidi çiçeklenme bakımından irdelendiğinde, tütünün sabit KG (örneğin 8 h), çileğin de sabit UG koşullarında (örneğin 18 h) iki yıl süreyle yetiştirildiğini varsayarsak, tütün bitkisi hiçbir zaman çiçeklenmezken çilekte KG koşullarına göre çok daha uzun süre sonra ve çok daha az sayıda da olsa çiçeklenmenin gerçekleştiği gözlenecektir.

Çilekler, farklı fotoperiyotlarda çiçeklenme bakımından gösterdikleri farklılıklara göre genel olarak KG, UG ve GN çilekleri olmak üzere üç tipe incelenirler. Pek çok araştırmacı çileklerin çiçeklenme karakterinde görülen geniş varyasyonu araştırmıştır. Çilekte çiçeklenmenin, obligat KG'den fakültatif KG, UG veya GN'un farklı derecelerinden sürekli çiçek açan genotiplere kadar değişim gösterdiği ileri sürülmüştür (Darrow, 1966). Bazı araştırmacılar çileklerde çiçeklenme kontrolünde sıcaklığın da önemli olduğunu; hatta sıcaklığın fotoperiyodizmden daha önemli olduğunu belirtmişlerdir. En son kaynaklarda çiçeklenme karakterlerine göre çilekler KG çilekleri ve birden fazla çiçeklenen anlamına gelen *remontant* çilekler olarak gruplanmıştır. Bu grup içerisinde Alp çilekleri, UG ve GN çilekleri yer alır. *Fragaria vesca*'nın bir mutanti olan ve sürekli çiçeklenebilen Alp çilekleri (*F. vesca* var. *semperflorens*) ilk kültüre alınan tipler arasında

olmasına rağmen şu anda nadiren kültüre alınmakta ve bunların ticari olarak pek önemi bulunmamaktadır (Stewart ve Folta, 2010).

Fotoperiyot ve sıcaklığa tepkileri çok değişken iki türün melezi (*F. chiloensis* x *F. virginiana*) olan kültür çileklerinin (*F. ×ananassa* Duch.) karmaşık çiçeklenme davranışları, bu üründe çiçeklenmeyi anlamayı geciktirmiştir. Ürün değeri yüksek bir ürün olan çilekte, ıslah çalışmalarını kolaylaştırmak ve üretimi optimize etmek için çiçeklenme davranışının ayrıntılı olarak anlaşılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Çilek bitkilerinde generatif büyümeye geçişi düzenleyen çevresel faktörlerden esas olarak fotoperiyot üzerine dikkat çekilmekle birlikte çiçeklenmeye geçişte fotoperiyot kadar sıcaklığın da önemli değiştirici etkisi bulunmaktadır. Fotoperiyot ve sıcaklıktaki değişimler çileklerde çiçek oluşumu, kol üretimi ve dinlenme gibi olaylara yön verir. Bu derleme makalesinin amacı esas olarak fotoperiyot isteklerine göre çilekleri sınıflandırmak, çilekte çiçeklenmenin kontrolünde fotoperiyodun etkisini ilgili literatürün ışığında incelemek, kısmen de fotoperiyotla vegetatif büyüme arasındaki ilişkileri ortaya koymaktır.

## **2. ÇİLEKLERİN FOTOPERİYODİK SINIFLANDIRILMASI**

Çilek bitkilerinin fotoperiyoda tepkilerini ilk olarak belirleyen Darrow ve Waldo (1934) ile Darrow (1936), çiçek tomurcuğu oluşumu esas alınarak fotoperiyoda tepkilerine göre çilekleri KG-haziran çilekleri (*june-bearing*), UG çilekleri (*everbearing*) ve GN çilekleri (*day-neutral*) şeklinde sınıflandırmışlardır. Oktoploid ticari çilek çeşitlerinin (*F. ×ananassa*) çoğu kısa veya GN çeşitleridir. UG çeşitleri ise günümüzde ticari olarak güney Kaliforniya'da önemlidirler (Hancock ve ark., 2008). Bazı araştırmacılar GN genotiplerini UG çileklerinin bir sınıfı olarak kabul ederken (Nicoll ve Galletta, 1987); bazıları bunları fizyolojik ve genetik olarak diğer sınıflardan farklı tutmakta (Ahmadi ve ark., 1990), Durner ve ark. (1984) da GN genotiplerinin tek bir grup olup, diğerlerinden ayrı sınıflanması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu üç tip arasındaki esas farklılık, sıcağa hassasiyetlerindeki farklılıktır. Hassastan dayanıklıya doğru KG, UG ve GN şeklinde sıralanırlar (Galletta ve Bringhurst, 1990).

Aynı fotoperiyot sınıfına dahil olan çeşitlerin fotoperiyoda tepkilerinin değişken olabildiği, bu yüzden fotoperiyodik tepkilerine göre çilekleri sınıflandırmanın zor olduğu ileri sürülmektedir (Durner ve ark., 1984). Çilek çeşitlerinin mevcut sınıflaması, sınıflamada kullanılan parametre yalnızca çiçek oluşumu ise yeterli olmakla birlikte, bir çeşit veya tipin KG, UG veya GN çeşidi olduğunu belirtmek gerektiği zaman dikkatli olmalıdır. Örneğin, KG çilekleri düşük sıcaklıklarda GN olarak sınıflandırılabilir veya GN çilekleri yüksek

sıcaklıklarda UG bitkisi olarak sınıflandırılabilir. Bu nedenle çilek çeşitlerini tek veya çift ürün verenler diye sınıflamak daha doğru olabilir. KG çilekleri tek, UG çilekleri iki, GN çilekleri de üç ürün veren çilekler olarak sınıflandırılabilir (Durner ve ark., 1984).

Çileklerde çiçeklenmenin fotoperiyot ile kontrolü konusundaki karmaşanın bir kısmı da konunun değerlendirme şekline kaynaklanmaktadır. Örneğin, KG, UG ve GN ayrımı genetik, fizyoloji ve bahçe bitkileri açısından değişik şekillerde değerlendirilebilir. Örneğin Kaliforniya'da ıslah edilmiş 'Aromas' fizyolojik olarak GN; 'Chandler' ise fizyolojik olarak KG çeşididir. Ancak bahçe bitkileri açısından sınıflandırma farklı olabilir. Örneğin, 'Aromas' çeşidini Akdeniz kıyı şeridinde yetiştirdiğimiz zaman sadece ilkbaharda çiçeklenir. Dolayısıyla 'Aromas' fizyolojik olarak her ne kadar DN olsa da, bahçe bitkileri açısından durum böyle değildir. 'Chandler' ise KG çeşidi olmasına karşın kritik gün uzunluğu düşük olduğundan serin geçen bazı yıllarda Akdeniz kıyı şeridinde sonbaharda çiçeklenebilir. Bu bakımdan 'Chandler' bahçe bitkileri açısından UG ya da GN olarak değerlendirilebilir.

### **2.1. KG Çilekleri**

Çilek çeşitlerinin büyük bir kısmı KG çilekleri veya haziran çilekleri (*junebearers*) olarak bilinen tek ürün veren çileklerdir. Bunlar genel olarak fakültatif KG bitkileri olarak sınıflandırılırlar. Yani çiçek tomurcuklarını 15°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda KG şartları altında (<14 h), 15°C'den düşük sıcaklıklarda ise fotoperiyottan bağımsız olarak meydana getirirler (Darrow, 1936; Guttridge, 1985). Ancak 'Fairfax' gibi çiçek oluşumu için mutlaka KGe ihtiyaç duyan obligat KG çeşidi de bulunmaktadır (Darrow, 1966). Çeşitlere göre büyük ölçüde değişimle birlikte, 15°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çiçek oluşumu için genel olarak 8-12 h fotoperiyotlara ihtiyaç duyulur (Darrow, 1936; Ito ve Saito, 1962). Son yıllarda KG çilekleri içinde 'infra KG' çilekleri adında bir grup daha tanımlanmıştır (Izhar, 1997). Bunlar diğer KG genotiplerine göre nispeten daha uzun fotoperiyotlarda (13.5-14 h) çiçek oluştururlar ve düşük bir soğuklama ihtiyacına sahiptirler.

KG çilekleri çiçek tomurcuklarını yaz sonu veya sonbahar başında oluştururlar ve takip eden ilkbaharda meyve verirler. Ayrıca şartlandırma (*forcing*) kültürü ile ekimden hazirana kadar da meyve üretirler. Bunlarda hazirandan-eylüle kadar meyve üretimi zordur. Çünkü yazın UG ve yüksek sıcaklıklar çiçek tomurcuğu oluşumu için istenmeyen şartlardır. Büyüme büyük ölçüde sıcaklık ve fotoperiyot ile kontrol edilir. Yazın sıcak ve UGlerde kol üretimi olur. Sonbahardaki serin günler kol oluşumunu durdurup bitki gövdesinde çiçek tomurcuğu oluşumunu teşvik eder. Kuzey Amerika'da Maryland'de çiçek tomurcuğu oluşumu eylül başında başlar ve kasım ortasına kadar hemen hemen

tamamlanır. Florida gibi daha ılımlı kış iklimine sahip yerlerde ise ilkbahar başına kadar veya gün uzunluğu 12-13 h oluncaya kadar devam eder (Darrow, 1966). Böylece KG çilekleri ılıman kışa sahip alanlarda ılımlı düşük sıcaklıklar sağlandığında UG ve GN çilekleri gibi fazla sayıda çiçeklendirilebilirler (Galletta ve Bringhurst, 1990).

KG çileklerinde çiçek oluşumu gerçek bir fotoperiyodik cevaptır, yani çiçek oluşumu günlük aydınlık periyodun uzunluğundan ziyade karanlık periyodun uzunluğuna bağlı bir cevaptır (Durner ve ark., 1984).

## 2.2. UG Çilekleri

Yabancı literatürde 'everbearers' diye ifade edilen UG çilekleri uzun yaz günlerinde yoğun bir şekilde çiçek oluşturan, genel olarak bir erken yaz ürününden ziyade bir sonbahar ürünü veya bazı durumlarda iki ayrı ürün veren çileklerdir (Stewart ve Folta, 2010). Bazı araştırmacılar tarafından GN bitkileri olarak da isimlendirilmektedirler (Galletta ve Bringhurst, 1990). Son kaynaklarda günümüz oktoploid UG çileklerinin gen kaynakları olarak *F. virginiana* ve *F. ×ananassa* gösterilmektedir (Stewart ve Folta, 2010). Diploid *F. vesca*'nın bir formu olan Alp çileklerinde (*F. vesca* var. *semperflorens*) çiçeklenme sürekli iken kültüre alınan oktoploid UG çileklerinde çiçeklenme ve meyve verme karakteri bakımından varyasyonlar görülür (Galletta ve Bringhurst, 1990). Bazıları bir bahar ve bir sonbahar ürünü; bazıları yaz ortasında tek bir ürün, bazıları tek tük düzensiz bir yaz ürününün arkasından iyi bir sonbahar ürünü veya bazıları da az fakat büyüme mevsimi boyunca sürekli meyve verirler (Galletta ve Bringhurst, 1990). Toplam verimleri genellikle KG çileklerinin veriminden azdır (Darrow, 1936). Genel olarak kol verimleri zayıf olduğu için çoğaltımları da nispeten zordur (Dennis ve ark., 1970). UG çilekleri haziran çileklerinin aksine yaz üretimi için uygundurlar. Çünkü bunlar uzun yaz günlerinde çiçek tomurcuğu oluşturup meyve verebilmektedirler.

UG çileklerinde çiçek oluşumu genel olarak yalnız UG şartlarında meydana gelir (Darrow ve Waldo, 1934). Ancak bu grubun bazı çeşitlerinde hem uzun hem kısa fotoperiyotlarda çiçeklenme meydana gelebilmektedir (Downs ve Piringer, 1955; Smeets, 1979). Bunlarda salkım gelişimi ise KG çileklerine benzer şekilde yalnız uzun fotoperiyotlarda gerçekleşmektedir (Downs ve Piringer, 1955; Kono ve Tusunematsu, 1990). Dennis ve ark. (1970) ile Durner ve ark. (1984) UG çileklerinde, 12 h kesintisiz fotoperiyot uygulamaları ile 10 h fotoperiyoda ek olarak karanlık gün uzunluğunda yapılan 2 h ilave aydınlatma uygulamalarının (10 + 2) çiçeklenme seviyeleri bakımından benzer sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlara göre Stewart ve Folta (2010) UG çileklerinin çiçek oluşumunda karanlık veya aydınlık periyodun sürekliliği değil, ışık miktarının kritik faktör olduğunu ileri sürmektedir.

UG çileklerinde çiçeklenme üzerine sıcaklık ve fotoperiyodun birlikte etkilerini inceleyen araştırmalar

sınırlıdır. Bunlarda, 26°C'ye kadar olan sıcaklıklarda UG'ler çiçeklenmeyi teşvik etmekte, 26°C'nin üzerindeki sıcaklıklar ise çiçeklenmeyi engelleyebilmektedir (Smeets, 1979; Durner ve ark., 1984). UG çileklerinde çiçek tomurcuğu oluşum ve gelişimini yüksek sıcaklıklar, özellikle KG altında engellemektedir (Durner ve ark., 1984; Oda ve Yanagi, 1990; Taimatsu, 1993; Kumakura ve Shishido, 1995). Japonya'da ıslah edilmiş olan 'Summerberry' çeşidinde 30/25°C'de çiçek oluşumunu KG (8 h) engellerken UG (24 h) önemli ölçüde teşvik etmiştir (Nishiyama ve ark., 1998, 1999, 2003). Bu çilek çeşidi yüksek sıcaklık şartlarında yetiştirildiğinde çiçek tomurcuğu oluşumu ve salkım üretimi bakımından KGU 13-14 h olarak belirlenmiştir (Nishiyama ve ark., 2006). Sonstebey ve Heide (2008) de UG çeşitlerinde çiçeklenmenin 27°C gibi yüksek sıcaklıklarda yalnızca UG şartlarında meydana geldiğini bildirmiştir. Sonuç olarak, UG çeşitleri yüksek sıcaklıklarda (27-30°C) kalitatif (obligat), orta derecedeki sıcaklıklarda kantitatif UG bitkileri olarak değerlendirilmiştir (Nishiyama ve Kanahama, 2002; Sonstebey ve Heide, 2008). UG çileklerinin yalnızca 10°C'nin altındaki sıcaklıklarda GN oldukları ileri sürülmüştür (Sonstebey ve Heide, 2008).

Bu gruba giren çeşitlerde UG çiçeklenmeyi artırmakta (Dennis ve ark., 1970; Durner ve ark., 1984), fakat KG de çiçeklenmeyi toplam olarak engellememektedir (Durner ve ark., 1984). UG çeşitlerinde çiçeklenme gerçek bir fotoperiyodik cevap değildir. Çünkü bunların çiçeklenmesinde karanlık periyodun uzunluğu değil, aydınlık periyodun uzunluğu önemlidir (Dennis ve ark., 1970).

## 2.3. GN Çilekleri

Çiçek tomurcuğu oluşumu bakımından fotoperiyoda duyarlı olup çok geniş bir fotoperiyot aralığında hemen hemen aynı oranda meyve verirler. GN karakterinin esas kaynağı olarak *F. virginiana* var. *glauca* gösterilmektedir. Günümüz oktoploid ticari GN çeşitleri *F. virginiana* var. *glauca*'nın, kültür çeşitleri ile geriye melezlemelerinden elde edilmiştir (Ahmadi ve ark., 1990; Stewart ve Folta, 2010). Pek çok araştırmacı GN çilekleri ile UG çileklerini birbirinden ayırt etmekte zorlanmakta ve karışıklığa yol açacak şekilde bu terimleri birbirinin yerine kullanmaktadır. GN çilekleri UG çileklerine göre sığağa daha toleranslıdır ve daha uzun bir hasat periyoduna sahiptirler (Stewart ve Folta, 2010). Kültür çileklerinde GN özelliği, ilkbahar ve yazın UGlerinde çiçek tomurcuğu farklılaşmasına izin verir ve böylece yaz ve sonbahar boyunca meyve üretimi devam eder. Böylece çileğin üretim sezonunu uzatmada GN karakteri kritik bir rol oynamaktadır (Shaw ve Famula, 2005). GN çilekleri 3-4 ay gibi kısa periyotta meyve verebildiklerinden, kışları sıcak yerlerde kış üretimi için boş geçen aylarda ve yazları serin yerlerde yaz ve sonbaharda meyve üretimi için uygundurlar (Galletta ve Bringhurst, 1990). Kültürü

yapılan mevcut GN çeşitlerinin karasal iklimlere uygun olmaması (Dale ve ark., 2002), 30/26°C'de çiçek tomurcuğu oluşumunun tümüyle engellenmesi (Durner ve ark., 1984) sebebiyle Akdeniz iklimlerinde yaz sıcaklarından zarar görmeleri ve nispeten verim ve meyve iriliklerinin düşük olması, bu çeşitlerin günümüz çilek yetiştiriciliğinde kullanımını sınırlamıştır. Fakat hasat periyodunu uzatmaları nedeniyle son yıllarda ticari çilek yetiştiriciliğinde GN çileklerinin popülaritesi artmaya başlamıştır. Bu nedenle araştırmacılar farklı özelliklere sahip GN karakteri gösteren yabancı hatları bulma ve tanımlama; GN karakterinin değerlendirilmesi ve kalıtımı üzerinde yoğun çalışmalar yapmaktadırlar (Sakin ve ark., 1997; Hancock ve ark., 2001; Hancock ve ark., 2002; Serçe ve Hancock, 2003; Serçe ve Hancock, 2005a; Serçe ve Hancock, 2005b; Shaw ve Famula, 2005). Son yıllarda Kaliforniya'da dikilen çilek çeşitlerinin önemli bir kısmını GN çeşitleri oluşturmaktadır (Hancock, 1999).

GN çilekleri, KG çileklerine göre sığağa daha az hassas olmalarına rağmen, muhtemelen yüksek sıcak ve UG kombinasyonu nedeniyle bunlarda yaz ortasından sonbahar başına kadar çiçek üretimi azalmaktadır (Durner ve ark., 1984). 21°C sabit sıcaklıkta GN çileklerinin gün uzunluğuna duyarlı olmadığı, daha yüksek sıcaklıklarda ise nötr olmayıp UG bitkisi gibi davrandıkları bildirilmektedir. Yani GN çileklerinin çiçeklenmeyle alakalı olarak yüksek sıcaklıklarda gerçek GN olmadıkları görülmektedir (Durner ve ark., 1984).

### **3. GENERATİF BÜYÜMENİN FOTOPERİYODİK KONTROLÜ**

Çileklerde çiçeklenme ve meyve verme, çiçek yerlerinin oluşumu ve bitki gelişimini sağlayan bir dizi büyüme adımına bağlı çok karmaşık işlemlerdir. Gözlerin vegetatifden generatif evreye dönüşümü fotoperiyot ve sıcaklıktan ibaret karmaşık bir kontrol sistemine bağlıdır (Galletta ve Bringhurst, 1990).

Çilekte çiçek tomurcuğu oluşumu ve buna etki yapan faktörler üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Işık, sıcaklık, besin maddeleri ve sulamayı ayarlamak suretiyle istenilen zamanda çiçek tomurcuğu oluşturma olanakları bulunmuştur. Çileklerde çiçek tomurcuğu oluşumu kesin olarak günlük ışıklandırma süresine bağlı bulunmakla birlikte bu olayda sıcaklığın da değiştirici etkisi olmaktadır.

Fotoperiyot ve sıcaklık sadece çiçek tomurcuğu oluşumunu değil, oluşan çiçek gözlerinin gelişimini de etkiler. Durner ve Poling (1987) KG çeşitlerinde, uzun fotoperiyotların oluşmaya başlamış tomurcukların gelişimini hızlandırdığını tespit etmişlerdir. Buna göre fizyolojistler çilekleri çiçek tomurcuğu oluşumu bakımından KG, çiçek gelişimi bakımından UG bitkileri olarak tanımlamayı önermişlerdir (Salisbury ve Ross, 1992). Uzun fotoperiyotlar giberellin uygulaması ve üşümenin

etkilerine benzer şekilde, daha uzun çiçek salkımları ve salkım başına daha fazla sayıda çiçeğe yol açarlar (Guttridge, 1969). Benzer bir ilişki sıcaklık için de ileri sürülmektedir. Hartman (1947 b) dalgalanan gündüz gece sıcaklıklarının (26.7/15.6), 21°C'lik sabit sıcaklığa göre çiçek gelişimini hızlandırdığını göstermiştir. Genel olarak 15.6°C'nin altındaki sıcaklıklar yüksek sıcaklıklarla kıyaslandığında çilekte çiçek gelişimini geciktirmektedir (Darrow, 1966).

Burada başlıca KG çileklerinde olmak UG ve GN çileklerinde de çiçeklenme üzerine fotoperiyot, sıcaklık ve fotoperiyot x sıcaklık interaksyonunun etkileri tartışılacaktır.

#### **3.1. Işık**

Çilekte çiçek oluşumunda fotoperiyot (günlük ışıklandırma süresi) ve ışığın kalitesi büyük önem taşımakta, ışık şiddeti ise daha az etkili olmaktadır.

##### **3.1.1. Fotoperiyot**

Çilekte vegetatif büyümeden generatif büyüme geçişi kontrol eden başlıca çevresel faktör fotoperiyottur. Çiçek tomurcuğu oluşturmak için genellikle KG çeşitleri 14 h'den az; UG çeşitleri ise 12 h'den fazla fotoperiyoda ihtiyaç duyarlar (Darrow, 1936). Genel olarak KG çileklerinin ihtiyaç duyduğu fotoperiyot (KGU) çeşitlere göre 8-12 h arasında değişmektedir. Üç farklı UG çeşidinde fotoperiyodun 11 h'den 17 h'e yükseltilmesinin çiçek tomurcuğu oluşumunu 2,5 ile 20 kata kadar artırdığı belirlenmiştir (Downs ve Pringer, 1955). UG ve KG çilek çeşitlerinin aksine GN çeşitlerinde çiçek oluşumu günlük ışıklandırma süresinden bağımsız olarak meydana gelir. İki GN çeşidine uygulanan 9 ve 16 h fotoperiyotlarda, meydana gelen çiçek salkım sayısı aynı olmuştur (Durner ve ark., 1984).

KG çileklerinde çiçek oluşumu için gerekli KG sayısı sıcaklık ve çeşide bağlı olarak 7-24 gün arasında değişmektedir (Hartmann, 1947 b; Heide, 1977; Hancock, 1999). 'Missionary' çeşidinde çiçek oluşumu için 21°C ve 10 h fotoperiyotta 4-7 güne ihtiyaç duyulurken, maksimum çiçeklenme aynı şartlarda 21 günlük KG şartlarında gerçekleşmiştir (Hartmann, 1947 a). 'Marshall' çeşidinde çiçek oluşumu için 17-23°C'de 9-15 (Went, 1957), 'Sparkle'da 21/18°C ve 8 h fotoperiyotta 12-15 KG döngüsü çiçeklenmeye neden olmuştur (Moore ve Hough, 1962). Genellikle sıcaklığın artmasıyla ihtiyaç duyulan KG sayısı da artmaktadır. Genel olarak çiçeklenme için yaklaşık 2 haftalık kısa fotoperiyotlara ihtiyaç duyulur (Ito ve Saito, 1962; Jonkers, 1965).

##### **3.1.2. Işık Şiddeti**

Işık şiddetinin etkisi, esas olarak CO<sub>2</sub> asimilasyonu üzerine etkisi yoluyla dolaylı bir etkidir. Işık şiddetinin 500'den 700 µmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>'ye ulaşmasıyla çilekte yaprak CO<sub>2</sub> asimilasyonunun arttığı belirlenmiştir (Chabot, 1978; Ceulemans ve ark.,

1986). Bir GN çilek çeşidinde ışık şiddetinin 220'den 430  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'e yükselmesiyle çiçek salkım sayısı artmıştır (Dennis ve ark., 1970). *F. vesca*'da kuru madde üretimi ışık şiddetinin 22'den 150  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'e yükselmesiyle önemli ölçüde artmış; 650  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  ışık şiddetinde bitki başına çiçek sayısı da önemli ölçüde artmıştır (Chabot, 1978). Arazi şartlarında büyüme mevsiminde yapılan %60 oranındaki gölgeleme, ürünü %20-45 oranında azaltmıştır (Ferree ve Strang, 1988). 'Hapil' çilek çeşidinde bitkilere yapılan gölgeleme oranı %0'dan %70'e çıkartıldığında gövde sayısı azalmış, %25'den fazla gölgeleme verimde azalmaya yol açmıştır (Wright ve Sandrang, 1995). Plastik serada yetiştirilen 'Camarosa' (Öztürk ve Demirsoy, 2004) ve 'Sweet Charlie' (Demirsoy ve ark., 2007) çeşitlerinde %50 oranında yapılan sürekli gölgelemenin bitki başına çiçek salkımı ve çiçek sayısı ile verimi azalttığı belirlenmiştir. Çiçek tomurcuğu oluşum periyotlarında (15 Ağustos–15 Eylül; 1-30 Eylül) yapılan %50 gölgeleme ise 'Camarosa' çeşidinde bitki başına çiçek salkımı, çiçek sayısı ve verimi artırmıştır (Öztürk ve Demirsoy, 2004). Araştırmacılar 'Camarosa'daki bu durumun, gölgelemenin ışıklanmayı azaltıp gün uzunluğunun kısalmasına katkıda bulunmasından ileri gelebileceğini tartışmışlardır. 'Sweet Charlie' çeşidinin ise aynı periyotlardaki gölgelemeye cevabı olumsuz olmuştur (Demirsoy ve ark., 2007). Bu çeşitte gölgelemenin verimde azalmaya yol açması son literatürde (Yanagi ve ark., 2006; Stewart ve Folta, 2010) bildirilen 'Sweet Charlie' ve 'Sparkle' gibi KG çeşitlerinin, sürekli aydınlık şartlarda bile çiçek oluşturabilmeleri nedeniyle bilinen kısa, uzun ve GN genotiplerinden farklı bir çiçeklenme karakteri göstermelerıyla izah edilebilir

KG çileklerinde yüksek ışık çiçek oluşumundan ziyade kol üretimine yardım etmektedir (Smeets, 1955; Went, 1957). Işık şiddetinin 1200 fc (foot candle)'dan 2400 fc'a yükselmesiyle UG çeşitlerinde ('Geneva') çiçek salkımı sayısı artarken, KG çeşitlerinde ('Catskill' ve 'Frontenac') kol üretimi artmıştır (Dennis ve ark., 1970). Işık şiddeti çiçek gelişimini de doğrudan etkilemektedir. Tam çiçeklenme öncesinde birkaç gün süreyle çok düşük ışık şiddetine (~10  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'den daha az) maruz bırakılan 'Glasa' çeşidinde stamen aborsiyonu meydana gelmiş ve ürün azalmıştır (Smeets, 1976).

### 3.1.3. Işık Kalitesi

Çileklerde çiçek tomurcuğu oluşumu üzerine günlük ışıklanma süresinin etkisi ayrıntılı olarak belirlendiği halde ışık kalitesinin etkisi hakkında çok az şey bilinmektedir. Vince-Prue ve Guttridge (1973) 'Cambridge Favourite' KG çilek çeşidinde kırmızı ışık, kızılötesi ışık ve 1:1 oranında kırmızı:kızılötesi ışık karışımıyla 8 h fotoperiyodu 16 h'e uzatma uygulamaları yapmışlardır. Kırmızı ışık çiçek tomurcuğu oluşumunu engellememiş, kırmızı+kızılötesi ışık floral oluşumu azaltmış; kızılötesi ışık floral oluşumu engellemiştir. Ancak

kızılötesi ışık, 16 h karanlık periyodun ikinci yarısında uygulandığında bu engelleme gözlemlenmemiştir. Kırmızı ışık ise, 16 h karanlık periyodun ilk yarısında uygulandığında hiçbir etkiye sahip olmazken, ikinci yarısında uygulandığında çiçek tomurcuğu oluşumu tamamen engellenmiştir. Sonuç olarak, karanlık ilerledikçe kızılötesi ışığın engelleyici etkisi azalırken kırmızı ışığın engelleyici etkisi artmıştır. Bu cevap şekli diğer KG bitkilerinin çoğundan farklıdır ve daha çok UG bitkilerinin cevap modeline benzemektedir. Kızılötesi ışığın çilekte çiçek oluşumunu engelleyici etkisiyle ilgili başka bilgiler de vardır (Kadman-Zahavi ve Ephart, 1974; Guttridge, 1985). 'Nyoho' KG çeşidinin fidelerini, 15 günlük depolama (15°C ve 8 h gün uzunluğunda) periyodunda 20  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  kırmızı ışığa maruz bırakma yaprakların klorofil düzeyini artırmış, vegetatif büyümeyi azaltmış, sürekli karanlıkta tutulan bitkilere göre daha erken çiçeklenme sağlamıştır (Shishido ve ark., 1990; Nishizawa ve ark., 1998, 1999).

### 3.2. Sıcaklık

Çileklerde sıcaklık ve gün uzunluğunun karşılıklı etkileşimleri üzerine çok sayıda araştırma yapılmasına rağmen, generatif gelişme üzerine doğrudan sıcaklığın etkisini inceleyen çalışma pek yoktur. UGlerin hâkim olduğu yüksek enlemler ve KGlerin hâkim olduğu tropikal, ekvatorial bölgelerde sıcaklık çilekte çiçeklenmeye etki eden en önemli faktördür. ABD'nin güneyi ve Merkez Amerika'da KG çeşitlerinin yetiştiriciliği için fotoperiyot dominant faktör olurken Norveç gibi 69°N enlemlerinde Ağustos ayında 21 h'i geçen UG şartlarında sıcaklık, çiçek oluşumunu belirleyen dominant faktör olmaktadır (Galletta ve Bringham, 1990). Yüksek enlemlere adapte olan bazı çilek çeşitlerinde KGU sıcaklığa göre değişerek, 12°C'de 16 h, 18°C'de 14 h ve 24°C'de 13 h olarak belirlenmiştir (Heide, 1977). UG şartları altında çiçek oluşumu için gereken düşük sıcaklıklar çeşitlere göre büyük ölçüde değişmektedir (Heide, 1977). Ancak 'Korona' ve 'Elsanta' gibi KG çeşitleri UG şartları altında 9°C kadar düşük sıcaklıklarda bile çiçek oluşturmaya başlamamaktadırlar (Sonstebly ve Heide, 2006). Sıcaklık KG şartları altında çiçek oluşumu için de önemlidir. KG'lerde çiçek oluşumu için ihtiyaç duyulan optimum sıcaklık 15-18°C olup, 10°C'nin altındaki ve 25°C'nin üzerindeki sıcaklıklar çiçek oluşumu için etkisiz olmaktadır (Ito ve Saito, 1962; Heide, 1977; Verheul ve ark., 2007). Çiçeklenmede gece sıcaklıklarının da etkili olduğunu gösteren bulgular vardır. Bazı KG çeşitlerinde 10°C'lik gece sıcaklıkları, 5 ve 13°C'lere göre çiçek tomurcuğu oluşumunu ilerletmiştir (Kawakami ve ark., 1990). Sonstebly ve Heide (2008) optimum 18°C gündüz sıcaklıklarında, gece sıcaklığının 9°C'den 18°C'ye artışıyla 'Florence' ve 'Korona' çeşitlerinde çiçek oluşumunun arttığını bildirmiştir.

KG genotiplerinde yüksek sıcaklıklar çiçeklenmeyi engeller. Bunlar GN genotiplerine göre yüksek

sıcaklara çok daha fazla hassastırlar. Genellikle 28-30°C sıcaklıklar *F. ×ananassa*'nın KG ve GN çeşitleri ile *F. vesca*'da çiçeklenmeyi engellemektedir (Ito ve Saito, 1962; Chabot, 1978; Durner ve Poling, 1988; Okimura ve Igarashi, 1997). *F. vesca*'da çiçeklenmeyi 30/20 ve 40/30°C'lik daha yüksek sıcaklıklar engellerken (Chabot, 1978); *F. ×ananassa*'nın KG ve GN genotiplerinde 26/22°C'lik sıcaklıklar bile çiçek tomurcuğu oluşumunu engellemektedir (Durner ve ark., 1984; Zhang ve ark., 2000). Japon çeşitleri olan 'Nyoho' ve 'Toyonoka'da yüksek sıcaklıkların generatif gelişmeyi olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Ledesma ve ark., 2008). Yüksek sıcaklığın engelleyici etkisi, UG ve GN çeşitlerinde de görülmekte ve bu durum kısa fotoperiyotlarda daha bariz olmaktadır. Fakat yüksek sıcaklığın çiçek oluşumuna engelleyici etkisi UG ve GN çeşitlerinde, KG çeşitlerindeki kadar belirgin değildir. Yüksek sıcaklık UG ile sinergistik olarak hareket ederek bir çiçek inhibitörünün biyosentezini teşvik etmektedir (Heide, 1977).

### 3.3. Işık ve Sıcaklık İnteraksiyonu

Daha çok KG çileklerini kapsayan octoploid *F. ×ananassa* türünün çiçek oluşumunda sıcaklık x fotoperiyot ilişkisi üzerinde çok durulmuştur. İlk olarak Darrow ve Waldo (1934) çiçek oluşumu için 15°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda 10 h veya daha KGLere ihtiyaç duyulduğunu, daha düşük sıcaklıklarda daha UGLerde de çiçek tomurcuklarının oluşabileceğini ifade etmiştir. 15°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda pek çok KG çeşidi zorunlu olarak KGe ihtiyaç duyar, daha düşük sıcaklıklarda ise çiçek oluşumunda fotoperiyodun uyarıcı etkisi azalır (Ito ve Saito, 1962; Guttridge, 1985). Bu yüzden KG çilekleri yüksek sıcaklıklarda kalitatif veya obligat, düşük sıcaklıklarda kantitatif veya fakültatif KG bitkileri olarak sınıflandırılırlar (Salisbury ve Ross, 1992). Çiçek tomurcuğu oluşumu için değişik çalışmalarda büyük oranda farklı eşik sıcaklık (5-17°C) ve gün uzunluğu (11-16 h) bildirilmiştir. Ancak başarılı bir çiçek oluşumu için düşük sıcaklıklardan ziyade, yüksek sıcaklıklarda (15°C'nin üzerinde) daha KGLere ihtiyaç duyulmaktadır. Çiçek oluşumu için sıcaklık x fotoperiyot'un önemi çeşide bağlıdır. Sonstebly ve Heide (2006) 'Korona' ve 'Elsanta' çeşitlerinde böyle bir interaksiyon bulamamışlar, bu çeşitlerde çiçeklenmenin 9-21 °C arasındaki sıcaklıklarda yalnız KGLerde meydana geldiğini, yüksek (27 °C) veya düşük (<9 °C) sıcaklıklarda çiçek oluşumunun engellendiğini bulmuşlardır. Son yıllarda Kuzey Avrupa'da yaygın olarak yetiştirilen bu iki çeşitte sera şartlarında çiçek oluşumu için en uygun fotoperiyot ve sıcaklık 12-13 h ve 18/12°C olarak belirlenmiştir (Verheul ve ark., 2007).

Pek çok KG çeşidinde çiçek tomurcuğu oluşum için gerekli olan KG, düşük sıcaklıklar tarafından karşılanabilir. 9 KG çeşidinin üç farklı sıcaklık (12, 15.5 ve 21°C) ve gün uzunluğu (>13.5, 14 ve 16 h)

kombinasyonuna maruz bırakıldığı bir çalışmada maksimum çiçek sayısı, en KG uzunlukları ve en düşük iki sıcaklık seviyesinde meydana gelmiştir (Darrow, 1936). Maksimum çiçek miktarı için, gün uzunluğu ne kadar uzunsa o kadar fazla düşük sıcaklığa ihtiyaç duyulur (Darnell ve ark., 2003).

15.5 ve 21°C sıcaklıklar ile 10 ve 15 h gün uzunluğuna maruz bırakılan bazı KG çeşitlerinde çiçeklenmenin 21°C'de sadece KG, 15.5°C' de ise fotoperiyoda aldirmaksızın gerçekleştiği tespit edilmiştir (Hartmann, 1947 a,b). 'Talisman' çeşidinde KG şartlarında 15°C'de 21°C'den daha fazla çiçek elde edilmiş, fakat UG şartlarında 15°C'de çiçek oluşmadığı belirlenmiştir (Jonkers, 1965). Bazı KG çeşitlerinde optimum çiçek oluşumu 18°C'de 12 h gün uzunluğunda meydana gelmiş; sıcaklık 12°C'ye düştüğünde 16-20 h gün uzunluğunda bile çiçek oluşumu gerçekleşmiştir (Heide, 1977). Bir KG çeşidi olan 'Marshall' farklı sıcaklık (6-20°C) ve gün uzunluğu (8-24 h) kombinasyonlarına maruz bırakıldığında 8 h gün uzunluğunda tüm sıcaklıklarda çiçek oluştururken, 16 ve 24 h gün uzunluğunda sadece 6 ve 10°C'de çiçek oluşturmuştur (Went, 1957). KG çeşitlerinde çiçeklenmenin, KG uzunlukları (örneğin 9 h) ve serin sıcaklıklarda (18/14°C) gerçekleştiği, daha yüksek sıcaklıklarda (22/18°C, 26/22°C ve 30/26°C) fotoperiyottan etkilenmeksizin hiç çiçek oluşmadığı tespit edilmiştir (Durner ve ark., 1984). Bu çalışmalar, çilekte çiçek oluşumunun düşük (~10-15°C) ve yüksek (~25°C) sıcaklıklarda fotoperiyoda duyarız olduğunu göstermiştir. KG çeşitlerinin yanı sıra UG ve GN çeşitlerinin de farklı fotoperiyot ve sıcaklıklarda çiçeklenmeye tepkileri incelendiğinde (Çizelge 1) (Darnell ve ark., 2003) pek çok genotipin düşük sıcaklıklarda fotoperiyoda aldirmaksızın çiçek oluştuğu, ancak yüksek sıcaklıklarda çiçek tomurcuğu oluşumunun tamamen engellendiği görülmektedir .

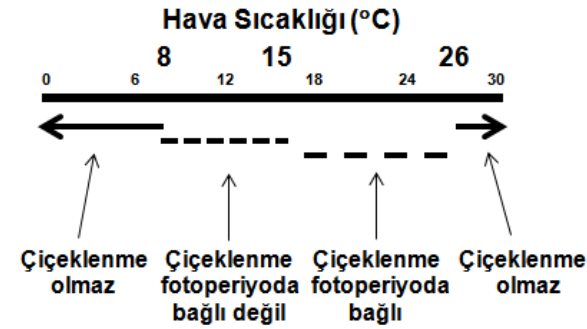
Çizelge 1. Kısa, Uzun ve Gün-nötr Çilek Genotiplerinin Farklı Sıcaklık ve Fotoperiyotlara Çiçek Oluşumu Bakımından Tepkisi (Darnell ve ark., 2003).

Fotoperiyot Tipi	Çiçeklenme Tepkisi		
	Düşük	Orta	Yüksek
Kısa gün genotipleri			
Kısa gün	+	+	-
Uzun gün	+	-	-
Uzun gün genotipleri			
Kısa gün	+	-	-
Uzun gün	+	+	-
Gün-nötr genotipleri			
Kısa gün	+	+	-
Uzun gün	+	+	-

+: çiçek oluşumu var; -: çiçek oluşumu yok.

Çileklerde çiçek tomurcuğu ayrımı için KGlerin gerekli olması yanında çeşitler, ışık şiddeti, sıcaklık dereceleri ve bitkilerin taze kol bitkisi veya frigo bitki olma durumunun da önemli olduğu ileri sürülmüştür. Frigo bitkilerde 6°C gibi düşük sıcaklıklarda UGlerde de çiçek tomurcuğu oluştuğu, 20°C'de ise 'Tufts' ve 'Vista' çeşitlerinin frigo bitkilerinin yeterli düzeyde tomurcuğ oluşturabilmeleri için en az 5 hafta KG koşullarına ihtiyaç duyduğu, 'Pocahontas' çeşidinin ise fotoperiyoda öteki çeşitler kadar duyarlı olmadığı ortaya konmuştur (Paydaş ve Kaşka, 1991).

Yukarıda da belirtilen önceki araştırmaları kullanarak Hancock (1999) çileklerde çiçek tomurcuğu oluşumunu fotoperiyot ve sıcaklık ilişkilerine göre modellemiştir (Şekil 1). Bu modele göre sıcaklık çiçeklenmenin düzenlenmesinde temel etkidir. 8°C'nin altında ve 26°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çiçek tomurcuğu oluşumu gerçekleşmemektedir. 8-15°C arasındaki sıcaklıklarda gün uzunluğuna bağlı olmaksızın tüm fizyolojik sınıflar (KG, UG ve GN) tüm gün uzunluklarında çiçek tomurcuğu oluştururlar. 15-26 °C arasındaki sıcaklıklarda ise çiçek tomurcuğu oluşumu fotoperiyot ile kontrol edilmektedir.



Şekil 1. Hancock'a (1999) göre çileklerde fotoperiyot ve sıcaklık ilişkilerine göre kontrol edilen çiçek tomurcuğu oluşumu modeli.

#### 4. VEGETATİF BÜYÜMENİN FOTOPERİYOT KONTROLÜ

##### 4.1. Kol Oluşumu

Çileklerin kol üretiminde soğuklama, sıcaklık ve fotoperiyot gibi birkaç çevresel faktör etkili olmaktadır. KG çileklerinde kol üretimi KGlerle engellenmekte, UG (>14-16 h) ve yüksek sıcaklıklarla (>17-20 h) teşvik edilmektedir (Darrow, 1936; Heide, 1977; Durner ve ark., 1984; Guttridge, 1985). KG çileklerinde kol oluşumunun daha çok UGLük aydınlık periyoda bir cevap olduğu, bu nedenle gerçek bir fotoperiyodik cevap olmadığı vurgulanmaktadır (Hartmann, 1947a,b; Smeets ve Kronenberg, 1955). Benzer şekilde KG çileklerinde kol üretiminin fotoperiyottan ziyade fotosenteze bağlı olduğu, yüksek fotosentetik aktif radyasyon seviyelerinin fotosentezi ve kol üretimini artırdığı ileri sürülmektedir (Hartmann, 1947 a; Smeets ve Kronenberg, 1955; Durner ve ark., 1984).

UG çilekleri muhtemelen sürekli çiçeklenme nedeniyle (Sonstebly ve Heide, 2007 a) haziran çileklerine göre daha az sayıda kol oluştururlar. UG çileklerinde de genel olarak yüksek sıcaklıklar ve UG kol oluşumunu artırmakla birlikte (Darrow ve Waldo 1934; Downs ve Piringer, 1955; Smeets, 1955; Heide, 1977; Smeets, 1979; Durner ve ark., 1984), bu konuda bazı tutarsız sonuçlar da vardır (Sonstebly ve Heide, 2007 a, b).

GN çileklerinin, çiçeklenme bakımından fotoperiyoda duyarlı olmalarına karşın kol üretimi bakımından duyarlı olduğu, 21°C'lik sabit sıcaklıkta uzun fotoperiyotların kol üretimini artırdığı, dolayısıyla fotoperiyot ve sıcaklık etkileşiminin GN çileklerinde kol verimini etkileyebileceği ileri sürülmektedir (Durner ve ark., 1984).

##### 4.2. Gövde Oluşumu

Çilekte gövde oluşumu içsel ve çevresel faktörler tarafından düzenlenir. KG şartlarında ana gövdedeki aksillar gözler yan gövdeler halinde farklılaşır (Hytönen, 2009). Konsin ve ark. (2002) 'Korona' KG çeşidinde 15 h gün uzunluğu ana gövdenin yan (aksillar) gözlerinden yan gövde oluşumunun gerçekleştiğini ancak bu konuda en etkili gün uzunluklarının 12 h KG olduğunu, 18 h gün uzunluğunda ise yan gövde oluşmadığını bildirmiştir. Gövde oluşumu ile ışık şiddeti de pozitif olarak ilişkilidir. Gölge şartlar gövde oluşumunu engellemektedir (Wright ve Sandrang, 1995; Öztürk ve Demirsoy, 2004; Wagstaffe ve Battey, 2006).

##### 4.3. Yaprak Sapı Uzaması

Çileklerde vejetatif büyümenin azalmasını belirleyici en önemli kriter yaprak sap uzunluğudur. Yaz sonlarındaki sıcaklık ve fotoperiyottaki azalmalara bağlı olarak yaprak sap uzunlukları azalmakta, ancak bu duruma çeşit tepkileri farklı olmaktadır (Robert ve ark., 1999).

##### 4.4. Karbonhidrat Birikimi

Çilek bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarında karbonhidrat birikimine fotoperiyodun etkilerini Durner ve ark. (1984) farklı çilek genotiplerinde ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Bu çalışmalarda kök karbonhidrat birikimine GN çeşitlerinde fotoperiyodun etkisi olmamış; UG çileklerinde kök karbonhidrat seviyesi KG şartlarında en yüksek olmuş ancak artan karbonhidrat miktarına karşılık fazla çiçek salkımı oluşmamış; kök karbonhidrat seviyesi KG çileklerinde ise KG şartlarında diğer çilek tiplerine göre oldukça fazla olmuş ve bunlar KGlerde en fazla çiçek üretmişlerdir. Sonuç olarak, eğer köklerdeki karbonhidrat seviyelerinin artmasının çiçeklenmeyle alakası olsa, her bir tipte çiçek oluşumunu teşvik eden gün uzunluğunda karbonhidrat seviyelerinin de en yüksek olması gerekirdi. Fakat bu durum KG çileklerinde böyle olmakla birlikte UG çileklerinde böyle değildir. Aynı çalışmalarda gövde karbonhidrat seviyeleri fotoperiyottan etkilenmemiş; sadece çilek

tiplerine göre değişim göstermiş, KG çileklerinde %13.3, UG ve GN çileklerinde %6.1 olmuştur. Yapraklardaki karbonhidrat miktarı ise fotoperiyottan etkilenmiş; UGlerde %9, KGlerde %6.6 olmuş; çilek tiplerine göre değişiklik göstermemiştir. Yaprak karbonhidrat seviyelerinin UG şartlarında artması, bunların günlük ışıklı periyodun uzunluğuna bağlı olduğunu ve gerçek bir fotoperiyodik cevap olmadığını ortaya koymaktadır.

#### **4.5. Toplam Kuru Ağırlık**

Bazı KG çileklerinde toplam kuru ağırlığın fotoperiyot ve sıcaklıkla etkilenmediği, ancak toplam kuru ağırlıkta kol kuru ağırlığının da bulunması durumunda, UG ve yüksek sıcaklıklarda (24°C) kuru ağırlığın fazla olacağı ima edilmiştir (Heide, 1977).

Çileklerde yaz sonunda sıcaklık ve fotoperiyodun azalması vejetatif büyümenin azalmasına, çiçek tomurcuğu oluşumuna ve dinlenmeye neden olur. Vejetatif büyümenin azalmasının en önemli işareti olan yaprak sapı (petiol) uzamasındaki azalma ilk KG döngüsünden iki gün sonra hücre uzamasındaki azalmayla başlar ve iki hafta sonra hücre bölünmesi de azalır (Wisemann ve Turnbull, 1999). Uzun süre KGe maruz kalmalarından sonra çilek bitkileri dinlenmeye girer ve yarı uyur (dormant) bir durumda kalırlar. Dinlenme durumunda yaprak üretim hızı azalır, yeni çıkan yapraklar küçük kalır, yaprak sapları kısalmır ve sonuçta büyüme durur (Jonkers, 1965; Verhoven ve Bodson, 2003; Sonstebey ve Heide, 2006). Normal olarak bitkiler bu devrede, büyümeyi teşvik edici şartlar sağlansa bile kuvvetli büyümeye başlamazlar. Ancak çilek bitkisinin dinlenmesi diğer bitkilerden farklıdır ve bitkiler elverişli çevreye taşınırlarsa yeniden büyüme başlayabilirler. Ancak büyüme yavaş olur ve bitki bodur bir görünüm sürdürür (Jonkers, 1965). Bitkiler uygun şartlarda çiçek oluşturmaları ancak çiçekler yavaş bir şekilde meydana gelir (Kronenberg ve Wassenaar, 1972) ve çoğunlukla zayıf gelişirler (Nestby, 1989; Lieten, 1997).

Seralarda kış üretiminde KG çileklerinin yetiştiriciliğinde, KGler bitkilerde çiçek oluşumuna neden olmakta, fakat aynı zamanda vejetatif büyümenin azalması problem olabilmektedir. Optimum çiçeklenme için ihtiyaç duyulan 8-12 h KGlerde vejetatif büyüme azalmaktadır. Çileklerde dinlenme durumundan kaçınarak vejetatif büyümeyi devam ettirmek için UGlerde çiçeklenmeyi teşvik etme olasılığı pek araştırılmamıştır. Konsin ve ark. (2002) 'Korona' KG çeşidinde bitkileri çiçek oluşumuna sevk eden fakat aynı zamanda vejetatif büyümeyi azaltmayan fotoperiyodu belirlemek amacıyla 12, 13.5 ve 15 h gün uzunluğu ile bunların farklı uygulama sürelerini denemişlerdir. 12 ve 13.5 h gün uzunluğu çiçek oluşumu açısından başarılı olmuş; uygulama süresi uzadıkça çiçek sayısı ve verim artmıştır. KG gövde sayısını artırmış, kol üretimini azaltmış ve bu etkiler uygulama süresinin uzunluğuyla artmıştır. 12 ve 13.5 h gün uzunluğu verim açısından

aynı etkiye sahip olup, 13.5 h gün uzunluğu daha kuvvetli bir vejetatif gelişme sağlamıştır.

#### **5. SONUÇ**

Çiçeklenmeye geçiş, üretim işleminde kritik bir rol oynamaktadır. Bu yüzden üreticiler çiçeklenmeyi gözlemlemekte ve bu olayı teşvik etmek için değişik kültürel işlemler denemektedirler. Örneğin Hollandalı çilek üreticileri mayıs ayının sonlarına doğru seralarda karartma uygulamalarıyla günleri kısaltarak çiçek tomurcuğu oluşturup yaz boyu meyve elde etmeye çalışmışlardır. Dolayısıyla çileklerde çiçeklenmenin fizyolojisinin anlaşılması üzerine elde edilen teorik bilgiler çilek yetiştiriciliğinin gelişimine önemli katkı sağlamıştır.

Kültür çilekleri sıcaklık ve fotoperiyoda tepkileri son derece değişken iki türün melezlenmesiyle meydana gelmiştir. Bu yüzden büyük bir gen birikimine sahiptirler. Bunlar içerisinde yerel şartlara en iyi uyum sağlayabilecek çeşitlerin seçimi mümkündür. Genellikle bir çeşit en iyi adaptasyonu, onun özel gün uzunluğu ve sıcaklık isteğini en iyi karşılayan bölgede gösterecektir.

Çilekte çiçek oluşumu esas olarak çeşit, sıcaklık ve fotoperiyodun etkileşimi ile kontrol edilir. Bu faktörlerin çiçeklenme üzerine etkileri ortaya konulmuş olup vejetatif ve generatif gelişme bu bilgilerle düzenlenebilmektedir. Gün uzunluğu çalışmalarının yoğun yapıldığı Kuzey Avrupa ülkelerinde cam seralarda sıcaklık ve fotoperiyot ayarlanarak yılda birden fazla ürün alma pratikleri yapılmaktadır. Çiçeklenmenin fizyolojisine ait bilgiler bu şekilde çilek üretiminin gelişimine katkıda bulunmaktadır.

#### **6. KAYNAKLAR**

- Ahmadi, H., Bringhurst, R.S., Voth, V. 1990. Modes of inheritance of photoperiodism in *Fragaria*. J. Am. Soc. Hort. Sci. 115: 146-152.
- Ceulemans, R., Baets, W., Vanderbruggen, M., Impens, I. 1986. Effects of supplemental irradiation with HID lamps, and NFT gutter size on gas exchange, plant morphology and yield of strawberry plants. Sci. Hort. 28: 71-83.
- Chabot, B.F. 1978. Environmental influences on photosynthesis and growth in *Fragaria vesca*. New Phytol. 80: 87-98.
- Dale, A., Hancock, J.F., Luby, J.J. 2002. Breeding day-neutral strawberries for Northern North America. Acta Hort. 567: 133-136.
- Darnell, R.L., Cantliffe, D.J., Kirchbaum, D.S., Chandler, C.K. 2003. The physiology of flowering strawberry (ed. J., Janick) Hort. Rev. 28: 325-349.
- Darrow, G.M. 1936. Interrelation of temperature and photoperiodism in the production of fruit-buds on runners in the strawberry. Proc. Amer. Hort. Sci. 34: 360-363.
- Darrow, G.M. 1966. The strawberry. Holt, Rinehart and Winston, New York.



- Darrow, G.M., Waldo, G.F. 1934. Responses of strawberry varieties and species to the duration of the daily light period. USDA Tech. Bul. 453.
- Demirsoy, L., Demirsoy, H., Uzun, S., Öztürk, A. 2007. The effects of different periods of shading on growth and yield in 'Sweet Charlie' Strawberry. *Europ. J. Hort. Sci.*, 72. S. 26–31.
- Dennis, F.G., Lipecki, J.Jr., Kiang, C.L. 1970. Effects of photoperiod and other factors upon flowering and runner development of three strawberry cultivars. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 95: 750-754.
- Downs, R.J., Piringger, A.A. 1955. Differences in photoperiodic responses of everbearing and June-bearing strawberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 66: 234-236.
- Durner, E.F., Barden, J.A., Himelrick, D.G., Poling, E.B. 1984. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, Junebearing and everbearing strawberries. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 109: 396-400.
- Durner, E.F., Poling, E.B. 1987. Flower bud induction, initiation, differentiation and development in the 'Earliglow' strawberry. *Sci. Hort.* 31: 61-69.
- Ferree, D.C., Stang, E.J. 1988. Seasonal plant shading, growth and fruiting in 'Earliglow' strawberry. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 113: 322-327.
- Galletta, G.J., Bringham, R.S. 1990. Strawberry management. In: Galletta, G.J., Himelrick, D. (eds.), *Small Fruit Crop Management*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Guttridge, C.G. 1969. *Fragaria*, p. 247-267. In: L.T. Evans (ed.). *The induction of flowering*. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York.
- Guttridge, C.G. 1985. *Fragaria ×ananassa*, p. 16-33. In: A. H.Halevy (ed.). *Handbook of flowering*. Vol. III. CRC Pres, Boca Raton, FL.
- Hancock, J. F., Luby, J. J., Dale, A., Callow, P. W., Serce, S., El-Shiek, A. 2002. Utilizing wild *Fragaria virginiana* in strawberry cultivar development: Inheritance of photoperiod sensitivity, fruit size, gender, female fertility and disease resistance. *Euphytica* 126: 177–184.
- Hancock, J.F. 1999. *Strawberries*. New York: CABI Publishing.
- Hancock, J.F., Callow, P.W., Dale, A., Luby, J.J., Finn, C.E., Hokanson, S.C., Hummer, K.E. 2001. From the Andes to the Rockies: Native strawberry collection and utilization. *Hort. Sci.* 36: 221–225.
- Hancock, J.F., Sjulín, T.M., Lobos, G.A. 2008. *Strawberries*. In: James F. Hancock (Edt.). *Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics*. p: 393-438.
- Hartmann, H.T. 1947a. The influence of temperature on the photoperiodic response of several strawberry varieties grown under controlled environment conditions. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 50: 243-245.
- Hartmann, H.T. 1947b. Some effects of temperature and photoperiod on flower formation and runner production in the strawberry. *Plant Physiol.* 22: 407-420.
- Heide, O. 1977. Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. *Physiol. Plant.* 40: 21-26.
- Ito, H., Saito, T. 1962. Studies on the flower formation in the strawberry plants. I. Effects of temperature and photoperiod on the flower formation. *Tahoku J. Agri. Res.* 13: 191-203.
- Izhar, S. 1997. Infra short-day strawberry types. *Acta Hort.* 439: 155–160.
- Jonkers, H. 1965. On the flower formation, the dormancy and the early forcing of strawberries. *Meded. Landbouwhoges. Wageningen* 65-6: 1-59.
- Kamdan-Zahavi, A., Ephart, E. 1974. Opposite response groups of short-day plants to spectral composition of the main light period and end-of-day red and far red irradiation. *Plant Cell Physiol.* 15: 693-699.
- Kawakami, T., Aoki, H., Toki, T. 1990. Method of early fruit maturing using low night temperatures and short-day conditions during the propagation of strawberries. *Bul. China Pref. Agri. Expt. Sta.* 31: 55-72.
- Kono, H., Tsunematsu, S. 1990. Studies on cultivation type of everbearing strawberry. 1. Effect of lighting on flower budding and yield in annual plant. *J. Japan soc. Hort. Sci.* 59: 438-439.
- Konsin, M., Voipio, I., Palonen, P. 2001. Influence of photoperiod and duration of short-day treatment on vegetative growth and flowering of strawberry (*Fragaria ×ananassa* Duch.). *J. Hort. Sci. Biotechn.* 76: 77-82.
- Kronenberg, H.G., Wassenaar, L.M. 1972. Dormancy and chilling requirement of strawberry varieties for early forcing. *Euphytica* 21: 454-459.
- Kumakura, H., Shishido, Y. 1995. Effect of temperature and light condition on flower initiation and fruit development in strawberry. *Jarq- Jpn. Agr. Res. Q.* 29: 241-250.
- Ledesma, N.A., Nakata, M., Sugiyama, N. 2008. Effect of high temperature stress on reproductive growth of strawberry cvs. 'Nyoho' and 'Toyonoka'. *Sci. Hort.* 116: 186–193.
- Lieten, F. 1997. Effects of chilling and night-break treatment on greenhouse production of 'Elsanta'. *Acta Hort.* 439: 633-639.
- Moore, J.N., Hough, L.F. 1962. Relationships between auxin levels, time of floral induction and vegetative growth of the strawberry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 81: 255-264.
- Nestby, R. 1989. Forcing of 18 strawberry cv. related to two cold storage periods. *Acta Hort.* 265: 393-398.
- Nicoll, M.F., Galletta, G.J. 1987. Variation in growth and flowering habits of Junebearing and everbearing strawberries. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 112: 872-880.
- Nishiyama, M., Ohkawa, W., Kanayama, Y., Kanahama, K. 2006. Critical photoperiod for flower bud initiation in everbearing strawberry 'Summerberry' plants grown at high temperatures. *Tohoku J. Agri. Res.* 56: 1-8.
- Nishiyama, M., Kanahama, K. 2002. Effect of temperature and photoperiod on flower bud initiation of day-neutral and everbearing strawberries. *Acta Hort.* 567: 253- 255.
- Nishiyama, M., Ohkawa, W., Kanahama, K. 1998. Induction of reproductive growth of everbearing strawberry plants in dormant condition controlled by temperature and photoperiod. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 67: 228-235.
- Nishiyama, M., Ohkawa, W., Kanahama, K. 1999. Interaction between temperature and photoperiod on inflorescences in everbearing strawberry 'Summerberry' plants grown at high temperature. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68: 192-194.
- Nishiyama, M., Ohkawa, W., Kanahama, K. 2003. Effect of photoperiod on the development of inflorescences in everbearing strawberry 'Summerberry' plants grown at high temperature. *Tohoku J. Agri. Res.* 53: 43-52.
- Nishizawa, T., Ito, A., Shishido, Y. 1999. Effects of light intervals on flower-bud formation, leaf growth, and chlorophyll and carbohydrate concentrations in 'Nyoho'

- strawberry runner plants during storage under cool conditions. *Environ. Control Biol.* 37: 43–48.
- Nishizawa, T., Shishido, Y., Kudo, M., Kumakura, H., Hamamoto, H. 1998. Petiole length, chlorophyll and carbohydrate levels, and photosynthetic rates of June-bearing strawberry plants as influenced by red-light irradiation during storage under cool conditions. *Sci. Hort.* 72: 25-33.
- Oda, Y., Yanagi, T. 1990. Studies on propagation by using runner apex tissue culture in everbearing strawberry. *Abstr. 23<sup>rd</sup> Inter. Hort. Congress*, 1:143.
- Okimura, M., Igarashi, I. 1997. Effects of photoperiod and temperature on flowering in everbearing strawberry seedlings. *Acta Hort.* 439:605-607.
- Öztürk, A., Demirsoy, L. 2004. Değişik gölgeleme uygulamalarının Camarosa çilek çeşidinde verim ve büyüme üzerine etkileri. *Bahçe* 33: 39–49.
- Paydaş, S., Kaşka, N. 1991. Sıcaklık ve gün uzunluğunun çileklerde çiçek tomurcuğu oluşumuna etkileri. *Çukurova Üniv. Zir. Fak. Dergisi* 6: 1-16.
- Robert, F., Risser, G., Petel, G. 1999. Photoperiod and temperature effect on growth of strawberry plant (*Fragaria ×ananassa* Duch.): development of a morphological test to assess the dormancy induction. *Sci. Hort.* 80: 217-226.
- Sakin, M., Hancock, J.F., Luby, J.J. 1997. Identifying new sources of genes that determine cyclic flowering in rocky mountain populations of *Fragaria virginiana* ssp. *glauca* Staudt. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122: 205–210.
- Salisbury, F. B., Ross, C. W. 1992. *Plant Physiology*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.
- Serce, S., Hancock, J.F., 2003. Assessment of day-neutrality scoring methods in strawberry families grown in greenhouse and fields environments. *Tur. J. Agric. For.* 27:191-198.
- Serce, S., Hancock, J.F. 2005a. Inheritance of day-neutrality in octoploid species of *Fragaria*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130: 580–584.
- Serce, S., Hancock, J.F. 2005b. The temperature and photoperiod regulation of flowering and rendering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F.virginiana*, and *F. ×ananassa*. *Sci. Hort.* 103: 167–177.
- Shaw, D. V., ve Famula, T.R. 2005. Complex segregation analysis of dayneutrality in domestic strawberry (*Fragaria ×ananassa* Duch.). *Euphytica* 145: 331–338.
- Shishido, Y., Kumakura, H., Arab, K. 1990. Studies on flower bud formation and fruit development in strawberry, I. Effects of continuous dark and short-day on flower bud formation and development during low temperature treatment. *Bulletin of The National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea Series C No. 1p.* 45-61.
- Smeets, L. 1955. Runner formation on strawberry plants in autumn and winter. II. Influence of the light intensity on the photoperiodical behavior. *Euphytica* 4: 240-244.
- Smeets, L. 1976. Effects of light intensity on stamen development in the strawberry cultivar “Glasa”. *Sci. Hort.* 4: 255-260.
- Smeets, L. 1979. Effects of temperature and day-length on flower initiation and runner formation in two everbearing strawberry cultivars. *Sci. Hort.* 12: 19-26.
- Smeets, L., Kronenberg, H.G., 1955. Runner formation on strawberry plants in autumn and winter. *Euphytica* 4: 53-57.
- Sonsteby, A., Heide, O.M. 2006. Dormancy relations and flowering of the strawberry cultivars Korona and Elsanta as influenced by photoperiod and temperature. *Sci. Hort.* 110: 57-67
- Sonsteby, A., Heide, O.M. 2007a. Quantitative long-day flowering response in the perpetual-flowering F<sub>1</sub> strawberry cultivar Elan. *J. Hort. Sci. Biotech.* 82: 266-274.
- Sønsteby, A., Heide, O.M. 2007b. Long-day control of flowering in everbearing strawberries. *J. Hort. Sci. Biotech.* 82: 875-884.
- Sønsteby, A., Heide, O.M. 2008. Temperature responses, flowering and fruit yield of the June-bearing strawberry cultivars Florence, Frida and Korona. *Sci. Hort.* 118: 49-54.
- Stewart, P.J., Folta, K.M. 2010. A review of photoperiodic flowering research in strawberry (*Fragaria* spp.). *Crit. Rev. Plant Sci.* 29:1-13.
- Taimatsu, T. 1993. Horticultural characteristics and cultivation of everbearing strawberries for different harvest period. *Spec. Res. Bull. Nara Agric. Exp. Stat.* 1-206.
- Verheul, M.J., Sønsteby, A., Grimstad, S.O. 2007. Influences of day and night temperatures on flowering of *Fragaria x ananassa* Duch., cvs. Korona and Elsanta. *Sci. Hort.* 112: 200–206.
- Vince-Prue, D., Guttridge, C.G. 1973. Floral initiation in strawberry: spectral evidence for the regulation of flowering by long-day inhibition. *Planta* 110: 165-172.
- Wagstaffe, A., Battey, N.H. 2006. The optimum temperature for long-season cropping in the everbearing strawberry ‘Everest’. *Acta Hort.* 708: 45-49.
- Went, F.W., 1957. *Environmental control of plant growth*. Chron. Bot., Waltham, MA.
- Wiseman N.J., Turnbull, C.G.N. 1999. Effects of photoperiod and paclobutrazol on growth dynamics of petioles in strawberry (*Fragaria ×ananassa*). *Australian J. Plant Physiol.* 26: 353-358.
- Wright, C.J., Sandrang, A.K. 1995. Efficiency and light utilization in the strawberry (*Fragaria ×ananassa*) cv. ‘Hapil’. *J. Hort. Sci.* 70: 705-711.
- Yanagi, T., Yachi, T., Okuda, N., Okamoto, K. 2006. Light quality of continuous illuminating at night to induce floral initiation of *Fragaria chiloensis*. *Chi-24-1. Sci. Hort.* 109: 309-314.
- Zhang, X., Himelrick, D.G., Woods, F.M., Ebel, R.C. 2000. Effect of temperature, photoperiod and pretreatment growing condition on floral induction in springbearing strawberry. *Small Fruits Review* 1: 113-123.