

MEYVELERDE GÜNEŞ YANIKLIĞI: NEDEN OLAN ETMENLER VE KONTROL MEKANİZMALARI

Keziban YAZICI¹

Lami KAYNAK²

¹ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 07100-ANTALYA

² Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü/ ANTALYA

ÖZET

Güneş yanıklığı, kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştirilen meyvelerde önemli bir problem olup, bazı yıllarda %50'lere varan bir ürün kaybına neden olmaktadır. Güneş yanıklığı, yüksek derecedeki solar radyasyonla birlikte çevredeki yüksek hava sıcaklığı kombinasyonunun sebep olduğu meyve yüzeyinin aşırı ısınması sonucu oluşan fizyolojik bir bozukluktur. Fizyolojisinin karmaşıklığı nedeniyle, meyve yüzeyinin bozulmasının mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır. Bir hipotez olarak; güneş yanıklığının oksidatif strese karşı bitkinin göstermiş olduğu savunma mekanizmasının bir göstergesi olduğu bildirilmektedir. Meyve tür ve çeşitlerinin güneş yanıklığına karşı göstermiş oldukları duyarlılık, meyve yüzeyinin fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Epikutikula tabakasının homojenliği, kalınlığı ve bileşimi ile meyve yüzey pigmentlerinin niceliği gibi özellikler, görünür ve kızılötesi ışığın yansımalarını artırmak suretiyle meyve yüzey sıcaklığını azaltarak güneş yanıklığına karşı bir koruma sağlarlar. Güneş yanıklığına neden olan etmenler ve bitkilerin güneş yanıklığına karşı geliştirmiş oldukları savunma mekanizmaları dikkate alınarak günümüzde birçok meyve türünde güneş yanıklığını azaltmak için değişik uygulamalar yapılmakta ve bu uygulamalar sonucunda güneş yanıklığı zararı önemli derecede azaltılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Meyve, Güneş Yanıklığı, Nedenleri, Biyokimyasal Mekanizma

SUNBURN ON FRUITS: INDUCING FACTORS AND CONTROL MECHANISMS

ABSTRACT

Sunburn is a major problem on the fruits growing in semiarid and arid regions, resulting up to 50% crop lost in orchards. Sunburn is caused by overheating of the fruit surfaces due to excessive levels of incoming solar radiation combined with high ambient air temperatures. The complexity of the underlying physiological mechanisms of this skin blemish is, however, not fully understood. It has been hypothesized that sunburn damage may be partly due to the physiochemical properties of the molecules in fruit skins. The homogeneity, thickness and composition of the epicuticular wax layer, and the concentration and quantity of skin pigments could offer some protection against sunburn by increased reflection of visible and particularly infrared light accompanied by decreased fruit temperature. Recently different applications, considering the defense mechanism of the plants which are evolved resistance to sunburn, have been carried out to reduction of sunburn damage on fruit surfaces.

Key Words: Fruit, Sunburn, Causes, Biochemical Mechanisms

1.GİRİŞ

Güneş yanıklığı yüksek sıcaklık, ışık ve radyasyon gibi çevresel etmenler sonucu meydana gelen ve meyve yetiştiriciliğinde verim ve kalite

kayıplarına neden olan fizyolojik bir bozukluktur. Yüksek sıcaklık ışık ve doğrudan güneş ışığına maruz kalmış elma, armut, üzüm, nar, yenidünya, turunçgiller gibi birçok meyve türü ile açıkta yetiştirilen biber, domates, kavun ve karpuz gibi bazı sebze türlerinde

meydana gelen güneş yanıklığı sonucunda meyve yüzeyi yanmakta veya renk değiştirmektedir. Bu durum da meyvelerin albenisini azaltarak büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Hatta elma ve nar gibi bazı meyve türlerinde ise bazı yer ve yıllarda ekonomik kayba neden olan en önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kayıp bazı meyve tür ve çeşitlerinde yıllara göre değişmekle birlikte %50'lere kadar varmaktadır.

İklim faktörleri bitkilerin değişik bölgelerde optimum düzeyde yetişmelerini belirleyen çevresel etmenlerdendir. Bu faktörler normal koşullarda bitkinin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan ancak aşırı ve yetersiz olduklarında fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açmak suretiyle bitkilerde büyümeyi ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkileyen, üründe verim ve kalite kaybı ile bitkinin ve bitki organlarının yaşantısını yitirmesine neden olan etmenlerdir.

Güneş yanıklığı da bu etmenlerden yüksek sıcaklıklar ve ultraviyole (UV) ışığı gibi fotoinhibisyonu artıran yoğun ışık sonucu ortaya çıkan oksidatif bir zararlanmadır (Finkel ve Holbrook, 2000).

Yoğun güneş enerjisinin ve yüksek sıcaklıkların olduğu ortamlarda bitkiler yaprak ve meyvelerinin aşırı ısınmasını, absorbe ettikleri güneş enerjisini azaltarak engelleyebildikleri bildirilmiştir. Bunun için de bitkilerde birtakım morfolojik, fizyolojik ve anatomik değişiklikler meydana gelerek koruyucu mekanizma harekete geçmektedir. Üstelik güneş yanıklığının bile oksidatif strese karşı bitkinin göstermiş olduğu savunma mekanizmasının bir göstergesi olabileceği bildirilmiştir (Wünsche ve ark., 2002).

Ekstrem sıcaklıklarda meyvelerde tacın açık kısımlarında kalan meyvelerde hücre zararlanmalarının sebep olduğu lekelenmeler meydana gelmektedir. Bu zararlanmalar 28°C-32°C arasındaki hava sıcaklıkları veya daha yüksek sıcaklıklarda meydana gelmektedir. Zararın derecesine ve meyve tür ve çeşidine bağlı olarak zararlanan meyveler dökülmektedir veya satış değerini kaybetmektedirler böylece üreticiler büyük ekonomik kayıplara uğramaktadırlar.

Güneş yanıklığına neden olan etmenler ve bitkilerin güneş yanıklığına karşı geliştirmiş oldukları savunma mekanizmaları (güneş yanıklığının fizyolojisi) dikkate alınarak günümüzde birçok meyve türünde güneş yanıklığını azaltmak için değişik uygulamalar yapılmaktadır ve bu uygulamalar sonucunda güneş yanıklığı zararı önemli derecede azaltılabilmektedir.

Bu çalışmada, güneş yanıklığına neden olan etmenler ve bitkinin bu etmenlere karşı göstermiş olduğu biyokimyasal tepkiler hakkında son yıllardaki literatürler taranarak detaylı bilgiler verilmiştir.

2. GÜNEŞ YANIKLIĞINA NEDEN OLAN ETMENLER VE BİTKİNİN GÖSTERMİŞ OLDUĞU BİYOKİMYASAL TEPKİLER

Güneş yanıklığının yüksek sıcaklıklar ve UV ışığı gibi fotoinhibisyonu arttıran yoğun ışık sonucu ortaya çıkan oksidatif bir zararlanma olduğu, bu zararın ise hücelere zarar veren ya da öldüren *Reaktif Oksijen Türleri*'nin (ROS) bitki hücrelerinde oluşması sonucu ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Desikan ve ark., 2001).

Aşırı güneş ışığı sonucunda ortaya çıkan aktif oksijen bileşiklerinin (hidrojen peroksit, süper oksit vb.) bir dizi olaylar sonucunda hücrel yapıları zarar verdikleri ve böylece fotooksidatif zararlanmaya neden oldukları bildirilmiştir. Bu bileşiklerin bir veya birden fazla çiftleşmemiş elektron bulunduran çok aktif ve yıkıcı atomlar oldukları, bu elektronların hücrel membranı yıkararak zarar verdikleri ve genetik kodlamayı değiştirdikleri tespit edilmiştir. Meyvelerdeki fotooksidatif zararlanmalardan korunmak için aktif oksijen bileşiklerinin parçalanması gerektiği, Fuji elmalarında bu durumun meyve renginin sarıdan kahverengiye doğru bir renk değişimi şeklinde kendini gösterdiği, Granny Smith elmalarında ise fotooksidatif zararlanmanın ilk belirtisi olarak meyve yüzeyinin beyazlaştığı bildirilmiştir (Johnson ve ark., 1999).

Bitkilerin reaktif oksijen türlerinin zararlarına karşı hücrelerinde sahip oldukları antioksidan koruma sistemleri ile karşı koydukları ve korunmaya çalıştıkları, anılan korunma sisteminin çalışmadığı ya da yeterli olmadığı zamanlarda ise bitki hücrelerinde ölümün hemen gerçekleştiği belirtilmiştir (Dat ve ark., 2000).

Antioksidan koruma sisteminin oksidan olan ve oksidan olmayan enzimlerden oluştuğu, bitkilerdeki temel antioksidanları askorbik asit (C vitamini), indirgenmiş glutathion (GSH), α -tokoferol (E vitamini) ve karotenoidlerin oluşturduğu, benzer görevin poliaminler ve flavonoidler tarafından da gerçekleştirildiği tespit edilmiştir (Dat ve ark., 2000).

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki meyve yüzeyindeki askorbik asit ve glutathion miktarı az olduğunda meyvelerin güneş yanıklığına duyarlılığı artmaktadır. Bu bileşiklerin miktarları

arttığında ise güneş yanıklığında bir azalma gözlenmiştir. Bu nedenle meyvelerde meydana gelen fotooksidatif zararlanma dışarıdan askorbik asit ve glutathion gibi bazı antioksidanların uygulanması ile azaltılabilmektedir. Bu bileşikler doğrudan meyvelere püskürtülmek suretiyle kullanılırlar. (Johnson ve ark., 1999)

2.1.Yüksek Sıcaklıklar ve Bitkilerin Göstermiş Olduğu Biyokimyasal Tepkiler

Meyvelerdeki güneş zararı yarı kurak ve kurak bölgelerdeki bahçelerde artmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerin önemli bir sorunu ağaçların meyve ve yaprak kısımlarında yüksek sıcaklıkların ortaya çıkması ve direkt güneş ışığı ile karşı karşıya kalmalarıdır. Bu koşullar altında meyve ve yaprak sıcaklıklarının oldukça yüksek seviyelere çıktığı ve dolayısıyla güneş yanıklığının meydana geldiği bildirilmiştir (Drake ve ark., 1991, Parchomlochuk ve Meheriuk, 1996).

Sıcaklık, şiddetine ve süresine bağlı olarak metabolik aktiviteyi, büyüme ve gelişmeyi etkileyerek bitki türlerinin ülkelere ve bölgelere göre dağılımını sınırlandıran önemli bir iklim faktörüdür. Çoğu bitkiler genellikle 15-45°C'ler arasındaki sıcaklıklarda gelişme göstermekte, bu sınırın alt ve üst sıcaklık derecelerinde bölgelere göre bitkilerin büyümeleri ve metabolizmaları ile ürünün nitelik ve niceliği ciddi şekilde etkilenmektedir. Az sayıdaki bitki türü 45°C 'nin üzerindeki sabit sıcaklıklarda fizyolojik aktivitelerini devam ettirebilmektedir. Meyve yetiştiriciliğinde bitkinin vegetatif gelişmesini sürdürüp meyve oluşumu ve gelişimini devam ettirebilmesi için gerekli olan sıcaklıklar ise 27-28°C olup

bu değerlerden daha yüksek sıcaklıkların olduğu durumlarda çiçek ve meyve dökümlerinin yanı sıra fizyolojik bozuklukların meydana geldiği bildirilmiştir (Akman ve ark., 2001).

Bu fizyolojik bozukluklardan biri olan güneş yanıklığının ise meyve tür ve çeşidine göre değişmekle birlikte daha çok hava sıcaklıklarının 28-32 °C ve daha yüksek olduğu (Arndt, 1992), meyve yüzey sıcaklıklarının ise 45-50 °C'lere çıktığı yaz aylarında meydana geldiği belirtilmiştir (Schrader ve ark., 2002).

Yine maksimum günlük hava sıcaklıkları maksimum meyve yüzey sıcaklıkları ile ilişkili bulunmuştur. Maksimum sıcaklığın 30 °C'nin altında olduğu sürece meyve yüzey sıcaklığının 45 °C'ye ulaşmadığı, maksimum hava sıcaklığı 35 °C olduğunda ise maksimum meyve sıcaklığının genellikle 45 °C olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda solar radyasyonun da meyve yüzey sıcaklıklarını arttırdığı saptanmıştır (Schrader ve ark., 2002).

Yoğun güneş enerjisinin ve yüksek sıcaklıkların olduğu çevrelerdeki bitkiler yaprak ve meyvelerinin aşırı ısınmasını, absorbe ettikleri güneş enerjisini azaltarak engelleyebildikleri bildirilmiştir. Bunun için de bitkilerde birtakım morfolojik, fizyolojik ve anatomik değişiklikler meydana gelerek koruyucu mekanizma harekete geçmektedir. Üstelik güneş yanıklığının bile oksidatif strese karşı bitkinin göstermiş olduğu savunma mekanizmasının bir göstergesi olabileceği bildirilmiştir (Wünsche ve ark., 2002).

Yüksek sıcaklıklara maruz kalan bitkilerin yaprak ve meyvelerini kaplayan kalın kütin tabakasından meydana gelen kutikula bir nevi koruyucu görevi üstlenerek, ısının büyük

bir miktarını yansıtarak alttaki hücrelerin zarar görmesini önlemektedir. Yine yaprak ve meyve tüyleri gelen ısı enerjisini absorbe etmek ya da yansıtma suretiyle alt hücrelerin sıcaklığını 1-2 °C kadar düşürebilmektedirler. Bu tüylerin canlı hücreleri gölgelemede önemli olduğu bilinmektedir. Yaprak ve meyve tüyelerinin, pul gibi görev yaparak ve yaprak yüzey alanını büyük ölçüde arttırmak suretiyle ısının atmosfere kondüksiyonunu kolaylaştırdıkları tespit edilmiştir (Curry ve ark., 2002).

Yapılan çalışmalar sonucunda; yüksek sıcaklıklara maruz kalmış meyve ve yaprak gibi bazı organlarda proteinlerin denatüre oldukları, enzim aktivitelerinin kaybolduğu, hücre yapısının ve hücre fonksiyonlarının değiştiği bildirilmiştir (Criddle ve ark., 1994).

Meyvelerde yüksek sıcaklık koşullarında meydana gelen fizyolojik değişiklikler arasında en önemli olay sıcak şoku proteinlerinin sentezlenmesidir. Güneş yanıklığı meydana gelmiş meyve yüzeyinde normal protein sentezi azalırken *Sıcaklık Şoku Proteinleri* (heat shock proteins) adı verilen bir seri yeni proteinin oluştuğu saptanmıştır. Yüksek sıcaklıklara tepki olarak sentezlenen bu proteinlerin hücrelerin sıcaklık stresine dayanmalarını arttırdıkları bildirilmiştir (Burchanan ve ark., 2000).

Güneş yanıklığından etkilenmiş elmaların meyve etinde, bazı metabolitler (fenoller, antosiyaninler) ile protein ve enzimler (polifenol oksidaz, süperoksit dismutas)'ın miktarları da yüksek bulunmuştur (Yuri ve ark., 2002).

Çileklerde güneş yanıklığının anatomisi ve fizyolojisinin incelendiği bir çalışmada; meyve olgunluğunun değişik aşamalarında güneş zararına

maruz kalan ve kalmayan meyveler alınarak analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda; güneş yanıklığının ilk olarak korteks yüzeyinde meydana geldiği ve kütikular tabakanın dağılmaya başladığı, ayrıca güneş yanıklığı olan meyvelerin epidermal dokularının altındaki hücrelerde fenolik maddelerin biriktiği, hücre duvarlarının kalınlaştığı ve hücreler arası alana pektik maddelerin biriktiği tespit edilmiştir. Ayrıca, çileklerde kahverengileşme şeklinde meydana gelen güneş yanıklığı zararının; normal pigmentasyondaki bozulmalar, hücrelerarası ve hücre içerisinde fenolik maddelerin birikmesi, epiderma altındaki hücre duvarının süberinleşmesi veya bu faktörlerin birkaçının meydana getirdiği savunma mekanizması sonucu oluşan bir zararlanma olduğu belirlenmiştir (Polito ve ark., 2002).

Bunun yanında, sıcaklığın hücre zarı üzerine olan etkisi de oldukça önemlidir. Yüksek sıcaklıklar, hücre zarının geçirgenliğini ve katalitik fonksiyonlarını bozmaktadır. Hücre zarları, yüksek sıcaklık sonucu akışkanlığın daha fazla olmasını engellemek için, yüksek oranda doymuş yağ asidi biriktirmektedirler. Yüksek sıcaklıkta hücre zarındaki proteinlerin polar grupları arasındaki hidrojen bağlarının ve elektrostatik ilişkilerin kuvvetinin de azaldığı bildirilmiştir. Böylece yüksek sıcaklıklar zarar içeriğini ve yapısını değiştirerek iyon sızıntısına neden olmaktadır. Zarın bozulmasının, zarla beraber bulunan elektron taşıyıcılarının ve enzimlerin aktivitelerine bağımlı olan fotosentez ve solunum gibi süreçleri de etkilediği bildirilmiştir (Kacar ve ark., 2002).

Güneş yanıklığı meydana gelmiş ve sağlam meyvelerin anatomisinin incelendiği bir çalışmada ise; özellikle meyvelerin kortekslerinde çok belirgin

farklılıkların ortaya çıktığı görülmüştür. Güneş yanıklığı meydana gelmiş meyvelerin epidermal hücrelerinde çökmelerin olduğu ve hücrelerin sitoplazmik içeriklerinin değiştiği bildirilmiştir. Meyve gelişmesi devam ederken ve yaklaşık meyve büyüklüğünün yarısına gelindiğinde epidermal hücrelerde lekelenmeler ve epiderma altı hücrelerin duvarlarında şişmelerin ve kabarmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Yanıklığın ilerlediği olgunlaşmış meyvelerde ise epidermal hücrelerin tümüyle çöktüğü ve parçalandığı, epiderma altı hücrelerin duvarlarının kalınlaştığı belirtilmiştir. Hücreler arası yüzeyde ise pektik bileşiklerin arttığı, lifli selüloz bileşiklerinin biriktiği, ayrıca hücre duvarında süberinleşmelerin olduğu, kütikula tabakasının ise incelenerek yanıklığın fazla olduğu kabuk kısmında tamamen dağıldığı tespit edilmiştir (Polito ve ark., 2002).

Bitki dokularından buhar biçiminde suyun kaybolması olan transpirasyon ise, yine bitkinin yaprak ve meyvelerinde tutulan ısı enerjisinin çoğunu transfer etmek için kullandığı önemli bir savunma mekanizmasıdır. Bu yolla yaprak ve meyve sıcaklıkları önemli derecede azalmaktadır. Bitkilerin sadece transpirasyon yoluyla aldıkları yüksek miktardaki ısı enerjisini transfer edebilecekleri ve böylece yüksek sıcaklığın zararlı etkilerinden kurtulabilecekleri bildirilmiştir (Kacar ve ark., 2002).

2.2.Yüksek Işık Şiddeti ve Bitkilerin Göstermiş Olduğu Biyokimyasal Tepkiler

Sıcaklığın tek başına güneş yanıklığına neden olmadığı, güneş yanıklığının oluşabilmesi için yüksek

ışık koşullarının da olması gerektiği değişik araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Johnson ve ark., 1999).

Yeryüzündeki tüm canlılar güneşten kaynaklanan radyant enerjiden yararlanırlar. Işık yoğunluğunun gerektiğinden fazla olduğu koşullarda ise bitkilerdeki metabolik işlevler önemli derecede etkilenmektedir (Robinowitch ve ark., 1986).

Güneş ışığının % 41 kadarı bitkiler için önemli olup dalga boyu 400-700 nm arasında değişmektedir. Yaprak ve meyveye giren ışık değişik komponentler tarafından absorbe edilir. UV, büyük ölçüde epidermal mum tabakası, kütikula ve yaprak içindeki fenolik bileşikler tarafından da absorbe edilmektedir. Görünebilir ışık, kloroplast pigmentleri tarafından absorbe edilirken, dalga boyu 700 nm'den büyük olan kızıl ötesi ışık da bitki tarafından kolaylıkla absorbe edilebilmektedir (Kadioğlu, 1998).

Meyve türlerinin güneş ışığını absorbe etmeleri ile güneş yanıklığına karşı göstermiş oldukları duyarlığa etki eden etmenlerden birisinin de meyve yüzeyinin fizikokimyasal özelliklerinin olduğu bildirilmiştir. Örneğin, kütikula tabakasının bir örneği, kalınlığı ve bileşimi, meyve yüzeyindeki tüylerin varlığı, yüzey pigmentlerinin niceliği gibi özellikler görünür ve kızılötesi ışığın yansımalarını arttırmak suretiyle meyve sıcaklığını azaltarak güneş yanıklığına karşı bir koruma sağladıkları tespit edilmiştir. Kızılötesi ışığın %70'i, görülebilir ışığın % 6-12'si ve morötesi (UV) ışığın da %3 kadarı bitki yaprakları tarafından yansıtıldığı, yine yeşil ışığın %10-20 kadarının yansıtılırken, kırmızı ışığın ancak %3-10 kadarının yansıtıldığı, ışık geçirgenliği üzerine ise temelde kabuk yapısı ve kalınlığının etki ettiği bildirilmiştir. Kalınlık arttıkça

geçirgenliğin azaldığı, ayrıca meyve yüzeyi fazla yansıtıcı olan meyvelerin de güneş zararına daha az eğilimli oldukları tespit edilmiştir (Wünsche ve ark., 2002).

Yaprak ve meyvelerin ağaç üzerindeki düzenleri ve pozisyonlarının da meyvelerin yüksek sıcaklıktan korunmasında etkili olduğu, güneş ışınlarına paralel olarak yönelen yaprakların minimum düzeyde güneş enerjisini absorbe ederek dik açı oluşturan yapraklara göre biraz daha serin kalabildikleri bildirilmiştir. Yine güneş yanıklığının doğrudan güneş ışığına maruz kalmış meyvelerde tacın iç kısmındaki meyvelerden daha fazla görüldüğü, ayrıca güneş yanıklığının en fazla güney ve batı yönlerinde bulunan meyvelerde meydana geldiği tespit edilmiştir. Yine bir yaprak veya meyve ışığa karşı dik pozisyondan ışığa doğru 10°'lik bir açı ile döndürülürse sıcaklık absorpsiyonunun %15 düzeyinde azalacağı bildirilmiştir (Khemira ve ark., 1993).

Işığın gereksinimden fazla bulunması durumunda oluşan ışık stresinde yaprak ve meyvelerde gerçekleştirilen değişimler sonucunda fotosentez etkilenirken yüksek ışık intensitesine karşı önlem alındığı, stomal geçirgenliğin absorbe edilecek karbondioksit miktarını etkileyecek şekilde değiştiği saptanmıştır (Nogues ve ark., 1999).

Yüksek ışık şiddeti koşullarında bitkilerdeki anatomik yapılarda da değişimlerin söz konusu olduğu, örneğin, palisat hücrelerinin uzadığı, hücre sayısının arttığı, ortalama hücre çapının büyüdüğü bildirilmiştir. Yüksek ışık stresine karşılaşmış meyve ve yapraklarda mantarlaşmanın yaygınlaştığı, mum tabakasının oluştuğu ve kütin tabakasının kalınlaştığı, bunun

bir sonucu olarak da ışığın daha fazla yansıtıldığı saptanmıştır (Anderson ve Osmond, 1987).

Yukarıda belirtilen adaptasyonları sağlayamadıklarından, yüksek ışık stresine dayanma kapasitesi sınırlı olan bitkilerin, bu koşullarda genelde zarar gördükleri, güneş bitkilerinin ise yukarıda belirtilen adaptasyonların yanında karbon metabolizmasında görev yapan enzim miktarını artırmak, fotosentezde elektron taşıma zincirini güçlendirmek ve karbondioksit taşıma kapasitesini yükseltmek suretiyle yüksek ışık stresinin zararlı etkilerinden korunabildikleri bildirilmiştir. Yine yaprak ve meyvelerin B-karoten, ksantofil ve fosfolipid içerikleri artırılarak klorofilin zarar görmesinin olabildiğince azaltılabileceği tespit edilmiştir (Panwar ve ark., 1994).

2.3. Ultraviyole Işık ve Bitkilerin Göstermiş Olduğu Biyokimyasal Tepkiler

Ultraviyole ışınları dalga boyları 200-400 nm arasında değişen ışınlardır. Ultraviyole ışınlar UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320 nm) ve UV-C (200-280 nm) olmak üzere üç grup altında toplanmaktadır. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının %7' sinden azının UV ışınları olduğu bildirilmiştir (Bieza ve Lois, 2001).

Bitki hücrelerine giren ve absorbe edilen UV ışınlarının yüksek enerjiye sahip olmaları nedeniyle önemli zarara yol açtıkları, uzun dalga boyuna sahip UV-A ışınları fotooksidatif etki yaparken UV- B ışınlarının fotooksidatif etki yanında özellikle biyomembranlarda fotolezyonlara neden oldukları bildirilmiştir. Protoplazmada bulunan protein moleküllerinin disülfit bağlarının parçalandığı ve DNA'nın önemli ölçüde

etkilendiği saptanmıştır. UV ışınlarının bitkide enzim aktivitesi üzerine de önemli etkilerinin olduğu, peroksidaz enzim aktivitesi artarken sitokrom enzim aktivitesinin azaldığı ve hücrelerdeki enerji kaynaklarının olumsuz şekilde etkilendiği tespit edilmiştir. Yine UV ışınlarının bitkide fotosentezin azalmasına, yapraklarda büyüme ve gelişmenin olumsuz şekilde etkilenmesine neden olduğu değişik araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Robinowitch ve ark., 1974, Teramura ve Ziska, 1989, Jordan ve ark., 1992, Karause ve ark., 1999, Xiong ve Day, 2001).

Bitkiler tarafından UV ışınlarının büyük bir bölümünün epidermis hücrelerinin vakuollerinde, bir bölümünün de dış duvarlarında absorbe edildikleri, bu nedenle iç duvara yakın yerde bulunan hücre çekirdeğinin zarar görmediği, UV ışınlarının %5-10 gibi küçük bir bölümü de mezofilin üst tabakasında absorbe edildikleri bildirilmiştir (Pfundel ve ark., 1992). Bu arada yüksek bitkilerde kütin tabakasındaki mumlar ile hücre özsuyunda çözülmüş şekilde bulunan flavonoidlerin UV ışınlarını absorbe ederek hücre protoplazmasını UV ışınlarının zararlı etkilerinden korudukları, güneş yanıklığına maruz kalmış meyvelerde öncelikle bir renk değişikliğinin meydana geldiği, güneş yanıklığının pigmentasyonu da etkilediği belirtilmiştir. UV ışınlarına maruz kalmış bitkilerin koruyucu pigmentlerin sentezini hızlandırmak suretiyle UV stresine karşı dayanıklılık kazandıkları, meyve yüzeyinde bu pigmentlerin varlığının ise meyvelerin güneş yanıklığına karşı göstermiş oldukları hassasiyeti etkilediği bildirilmiştir (Caldwell, 1993).

Güneş yanıklığı oluşmuş Fuji elma çeşidinin meyve yüzeyinde meydana gelen anatomik, biyokimyasal ve fizyolojik değişikliklerin incelendiği bir çalışmada; Yoğun güneş ışığının neden olduğu meyve yüzeyindeki renk açılmasının güneş yanıklığı meydana gelmiş meyvelerde görülen en belirgin semptom olduğu, örneğin güneş yanıklığı oluşmuş meyvelerde kırmızı rengin azaldığı sarı rengin ise arttığı, böylece, yaprak ve meyvelerde bulunan klorofil ve diğer renk pigmentlerinin fotooksidatif zararlanmayı etkilediği bildirilmiştir. Klorofil normalde güneş enerjisini kimyasal enerjiye çevirmektedir. Ancak aşırı güneş ışığı koşullarında klorofilin elektronları harekete geçirmek suretiyle zararlı olabileceği, bu koşullarda klorofilin kendi elektronlarını aktif oksijen bileşiklerine devrettiği, bu bileşiklerin de çok tehlikeli oksidantlar olduğu tespit edilmiştir. Antosiyaninlerin de aşırı UV'yi absorbe etmek suretiyle aktif oksijen bileşiklerini yok ettikleri, UV radyasyonun sebep olduğu stresin bir göstergesi olarak meyve yüzeyindeki bazı flavonoidlerin miktarlarının ise artış gösterdiği ve güneş yanıklığına karşı bir koruma sağladığı bildirilmiştir. Güneş ışığından etkilenen meyvelerde ise bir karotenoid olan β - karoten miktarının gölgedeki meyvelerden daha fazla bulunduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar güneş yanıklığı oluşmuş meyvelerde meydana gelen renk değişikliğinin bir çeşit koruma reaksiyonu sonucu oluştuğunu göstermektedir (Arakawa ve ark., 1985; Andrews ve Johnson, 1996).

Güneş yanıklığı meydana gelmiş elma kabuğunun anatomisinin incelendiği bir çalışmada, hem elektron hem de ışık mikroskop görüntüleri meyve yüzeyinde renk değişimi meydana gelmeden önce güneş

yanıklığının bir belirtisi olarak; hücreler arasında fenolik madde birikimi, hücre duvarı kalınlaşması ve ligninleşmesi gibi birtakım hücresel olayların ortaya çıktığını göstermiştir. Bu çalışmalar sonucunda; hücreler arasında bulunan fenolik bileşiklerin bir diğer görevlerinin de antioksidant madde olduğu, ayrıca güneş yanıklığının görünür semptomlarının ortaya çıkmadan önce hücre organellerinin zarar gördüğü bildirilmiştir (Andrews ve Johnson, 1997).

Değişik meyvelerde yapılan çalışmalar sonucunda UV radyasyonun güneş yanıklığı zararını arttırdığı tespit edilmiştir (Caldwell, 1981). Elmalarda kızılötesi ve morötesi ışığın neden olduğu zararlanmaların incelendiği bir çalışmada 'Golden Delicious', 'Red Spur', 'Granny Smith' çeşitlerine UV-C, UV- B, Kızılötesi (IR) ve bu ışınların kombinasyonları değişik zamanlarda uygulanmıştır. UV-B'nin 'Red Spur' ve 'Granny Smith' çeşitlerinde renklenmeyi azalttığı, 'Golden Delicious' çeşidinde ise renklenme üzerine bir etki yapmadığı belirtilmiştir. UV-C'nin ise her üç çeşitte de zararlanma ve renk değişikliği meydana getirdiği saptanmıştır. Meyve yüzeyindeki kutikuladaki mumsu tabakanın yıkanması ve uzaklaştırılmasının 'Golden Delicious' elma çeşidinde UV-C zararını önemli derecede arttırdığı saptanmıştır. Özellikle 'Golden Delicious' ve 'Granny Smith' elma çeşitlerinde UV-C zararının meydana getirdiği semptomların güneş yanığının meydana getirdiği semptomlarla benzer bulunduğu bildirilmiştir. Bu çalışma sonucunda güneş yanıklığı üzerine, güneş ışığının UV oranının yüksek sıcaklıklardan (IR) daha etkili olduğu belirtilmiştir (Naseri, 2002).

Renquist ve ark., (1989) Ahududu (*Rubus ideus L.*)'larda güneş yanıklığının 42 °C hava sıcaklığında UV-B dozu ile orantılı olduğunu, sıcaklığı düşürmeden sadece UV absorpsiyonunu azaltmanın ahududuları güneş zararından koruduğunu saptamışlardır.

3. SONUÇ

İklim faktörleri bitkilerin değişik bölgelerde optimum düzeyde yetişmelerini belirleyen çevresel etmenlerdendir. Bu faktörler normal koşullarda bitkinin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan ancak aşırı ve yetersiz olduklarında fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açmak suretiyle bitkilerde büyümeyi ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkileyen, üründe verim ve kalite kaybı ile bitkinin ve bitki organlarının yaşantısını yitirmesine neden olan etmenlerdir.

Güneş yanıklığına neden olan etmenler ve bitkilerin güneş yanıklığına karşı geliştirmiş oldukları savunma mekanizmaları (güneş yanıklığının fizyolojisi)'nin tam olarak anlaşılması oldukça önemlidir. Çünkü bu bilgiler ışığında, günümüzde birçok meyve türünde güneş yanıklığını azaltmak için değişik uygulamalar yapılmaktadır ve bu uygulamalar sonucunda güneş yanıklığı zararı önemli derecede azaltılabilmektedir.

KAYNAKLAR

Akman, Y., Küçüköyük, M., Düzenli, S. ve Tuğ, N. 2001. Bitki Fizyolojisi. ISBN No: 975-974 36-0-4, 16. bölüm, sayfa: 708-764, Ankara.

Anderson, J.M. and Osmond, C.B. 1987. In: Photoinhibition (d.j. Kyle, C.B. Osmond

and C.J. Arntzen eds.) pp. 1-38. Elsevier, Amsterdam.

Andrews, P.K. and Johnson, J.R. 1996. Physiology of Sunburn Development in Apples. Pulman, Washington.

Andrews, P.K. and Johnson, J.R. 1997. Anatomical Changes and Antioxidant Levels in the Peel of Sunscald Damaged Apple Fruit. *Plant Physio.* 44:103-114.

Arakawa, O., Hori, Y. and Ogata, R. 1985. Relative Effectiveness and Interaction of Ultraviolet B, Red and Blue Light in Anthocyanin Synthesis of Apple Fruit. *Physiol. Plant.* 64: 323-327.

Arndt, H.P. 1992. Apple Shading to Reduce Heat Damage. *Tree Fruit Leader*, Vol. 1(1) Feb.

Bieza, K. and Lois R. 2001. An Arabidopsis Mutant Tolerant to Lethal Ultraviolet-B Levels Shows Constitutively Elevated Accumulation of Flavonoids and Other Phenolics. *Plant Physiology*, 126:1105-1115.

Burchanan, B.B., Gruissem, W. and Jones, R.L. 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. p. 1-1367. American Society of Plant Physiologist. Rockville, Maryland, USA.

Caldwell, M.M. 1981. Plant Response to Solar Ultraviolet Radiation. *Physiological Plant Ecology*. p: 170-197. Springer- Verlag. Berlin.

Caldwell, C. 1993. Ultraviolet-Induced Photodegradation of Cucumber (*Cucumis Sativus L.*) Crosomal and Soluble Protein Tryptophanyl Residues in vitro. *Plant Physiol* 101:947-953.

Criddle, R.S., Hopkin, M.S., Mcartur, E.D. and Hansen, L.D.1994. Plant Distribution and the Temperature Coefficient of Metabolism. *Plant Cell Environ.* 17: 233-244.

Curry, E., Baer, Donald and Young,J. 2002. X-Ray Microanalysis of Apples Treated with Kaolin Indicates Wax-Embedded Particulates in the Cuticle. XXVith International Horticultural Congress & Exhibition, August 11-12, p:497-503, Toronto.

Dat J., Vandenbeebe, S., Vranova, E., Van Montagu, M., Inze, D. And Van Breusegm, F. 2000. Dual Action of the Active Oxygen Species During Plant Stress Responses. *Cell Mol Life Sci.* 57: 779-795.

- Desikan, R., Mackerness, S.A.H., Hancock, J.T. and Neill, S.J. 2001. Regulation of the Arabidopsis Transcriptome by Oxidative Stress. *Plant Physiology*, 127: 159-172.
- Drake, S.R., Larsen, F.E. and Higgins, S.S. 1991. Quality and Storage of 'Granny Smith' and 'Greenspur' Apples on Seedling, M.26, and MM 111 Rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:261-264.
- Finkel, T. and Holbrook, N.J. 2000. Oxidants, Oxidative Stress and the Biology of Ageing. *Nature* 408:239-247.
- Johnson, J.R., Deirdre, F., Gish, N and Andrews, P.K. 1999. Influence of Ascorbic acid Sprays on Apple Sunburn. Dept. Horticulture & Landscape Architecture, Washington State University, Pulman.
- Jordan, Br., HE, J., Chow, W.S. and Anderson, JM. 1992. Changes in mRNA Levels and Polypeptide Subunits of Ribulose 1,5-Bisphosphate Carboxylase in Response to Supplementary Ultraviolet-B Radiation. *Plant Cell Environ* 15:91-98.
- Kacar, B., Katkat, V. Ve Öztürk, Ş. 2002. Bitki Fizyolojisi. ISBN No: 975-564-133-5, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No: 198, sayfa:493-544, Bursa.
- Kadioğlu, A. 1998. Bitki Fizyolojisi. Bölüm 14. sayfa: 340-362. Eser Ofset, Trabzon.
- Karause, G.H., Schmude, C., Garden, H., Koroleva, O.Y. and Winter, K. 1999. Effects of Solar Ultraviolet Radiation on the Potential Efficiency of Photosystem II in Leaves of Tropical Plants. *Plant Physiology*, 121; 1349-1358.
- Khemira, H., Lombart, P.B., Sugar, D. and Azarenko, A.N. 1993. Hedgerov Orientation Affects Canopy Exposure, Flowering, and Fruiting of 'Anjou' Pear Trees. *HortScience*, 28:984-987.
- Naseri, L. 2002. Infrared and Ultraviolet Light Injury of Apple Fruits. XXVIth International Hort. Cong. & Exh., August 11-12, Toronto.
- Nogues, S., Allen, D.J., Morison J.I.L. and Baker, N.R., 1999. Characterization of Stomatal Closure Caused by Ultraviolet-B Radiation. *Plant Physiology*, 121: 489-496.
- Panwar, S.K., Desai, V.T. and Choudhari, S.M. 1994. *Annals of Arid Zone*, 33(1): 83-84.
- Parchomlochuk, P. and Meheriuk, M. 1996. Orchard Cooling with Pulsed Overtree Irrigation to Prevent Solar Injury and Improve Fruit Quality of 'Jonagold' Apples. *HortScience* 31:802-804.
- Pfundel, E.E., Pan, R.S and Dill, R.A. 1992. Inhibition of Violaxanthin De-Epoxydation by Ultraviolet-B Inhibition in Isolated Chloroplasts and Intact Leaves. *Plant Physiol* 98:1372-1380.
- Polito, V.S., Larson, K.D. and Pinney, K. 2002. Anatomical and Histochemical Factors Associated with Bronzing Development in Strawberry Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(3): 355-357.
- Renquist, H.D., Hughes, H.G. and Rogoyski, M.K. 1989. Combined High Temperature and Ultraviolet Radiation Injury of Red Raspberry Fruit. *HortScience* 24:597-599.
- Robinowitch, H.D., Kedar, N. and Dudowski, P. 1974. Induction of Sunscald in Tomatoes under Natural and Controlled Conditions. *Scientia Hort.* 2:265-272.
- Robinowitch, H.D., Frideman, M. and Ben-David, B. 1986. Light is Essential for Sunscald Induction in Cucumber and Pepper Fruits, Whereas Heat Conditioning Provides Protection. *Scientia Hort.* 29:21-29.
- Schrader, L., Zhang, J and Sun, J. 2002. Environmental Stresses that Cause Sunburn of Apple. XXVIth International Horticultural Congress & Exhibition, August 11-12, p: 397-405, Toronto.
- Teramura, A.H. and Ziska, L.H. 1989. Ultraviolet-B Radiation and Photosynthesis. In Nr Baker, ed., *Photosynthesis and the Environment*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp 435-450.
- Wünsche, J.N., Lombardini, L., Greer, D.H., Palmer, J.W. and Woolf, A.B. 2002. 'Surround' Particle Film Applications-Effect on Whole Canopy Physiology of Apple. XXVIth International Horticultural Congress & Exhibition, August 11-12, p: 565-571, Toronto.
- Xiong, F.S. and Day, T.A. 2001. Effects of Solar Ultraviolet-B Radiation during Springtime Ozone Depletion on Photosynthesis and Biomass Production of Antarctic Vascular Plants. *Plant Physiology*, (125):738-751.
- Yuri, J.A., Bastias, R., Torres, C. and Retamales, J.B. 2002. Sunburn on Apples: Inducing Factors, Biochemical Responses and Control Methods. XXVIth International Horticultural Congress & Exhibition, August 11-12, Toronto.