

Gama ışınıyla (Kobalt 60) elde edilmiş mutant elma popülasyonunda sonbahar yaprak renk değişimi

Ayşe Nilgün ATAY¹ Ersin ATAY¹ Burak KUNTER²

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Burdur Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Bahçe Tarımı Programı, Burdur

² Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon ve Hızlandırıcı Teknolojileri Dairesi Başkanlığı, Ankara

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: anatay@mehmetakif.edu.tr

ORCID:0000-0002-7557-360X

Makale Bilgisi/Article Info

Derim, 2020/37(1):95-101

doi: 10.16882/derim.2020.663488

Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 23.12.2019

Kabul Tarihi/Accepted: 15.05.2020



Öz

Elmanın da yer aldığı ılıman iklim meyve türlerinde, sonbaharda yapraklara yeşil rengi veren klorofil parçalanmaya başlamakta ve yaprak dökümü öncesi renk değişimleri meydana gelmektedir. Sonbaharda görülen bu farklı yaprak renklerinin basitçe yaprak yaşlanmasının tesadüfi bir sonucu olmadığı kabul edilmekte ve bu konuda foto-koruma ve hayvan-bitki etkileşimlerine dayanan farklı hipotezler öne sürülmektedir. Özellikle antosiyanin kaynaklı kırmızı gibi koyu pigmentli yaprakların koruyucu veya savunma gibi bir işaret taşıdığı düşünülmektedir. Bu çalışmada, sonbaharda yapraklarda görülen renk değişimleri hakkındaki mevcut bilgi birikimini arttırmak ve konunun daha iyi anlaşılmasına yardımcı olabilmek amacıyla 'Amasya' elmasında gama ışını uygulaması ile elde edilmiş mutant popülasyonda ($n=374$) sonbahar yaprak rengi değişimleri incelenmiştir. Renk kodlamaları, rengin yaprakların %80'inden fazla veya az olma durumuna göre tanımlanmış ve her çeşit veya mutant birey için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda popülasyonun %82'sinin sonbaharda sarı yaprak rengine sahip olduğu ve orijinal 'Amasya' elması ile aynı yaprak rengi grubunda yer aldığı belirlenmiştir. 'Granny Smith', 'Crissp Pink' ve 'Braeburn' gibi ticari çeşitlerin sonbaharda yaprak renklerinin 'Amasya' elmasına kıyasla oldukça yeşil kaldığı belirlenmiştir. Popülasyonda yaprak rengi tamamen kırmızı olan birey bulunmadığı tespit edilmiştir. Ancak oldukça koyu pigmentlere sahip sarı-kırmızı grupta toplam popülasyonun %15'ini oluşturan 58 birey yer almıştır. Bu gruptaki bireylerde L^* ve h^o değerlerindeki azalış, daha yüksek antosiyanin pigmentine sahip olduğunun bir göstergesidir. Daha net bir polimorfizme sahip oldukları için yaprak rengi farklı mutantlar ile yapılacak sonraki çalışmalar sonbahardaki bu renk değişimlerinin anlaşılmasında önemli katkılar sağlayabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Abiyotik stres; *Malus x domestica*; *Malus slyvestris*; Yaprak biti popülasyonu

Autumn leaf colour changes in gamma-ray (Cobalt 60)-induced mutant apple population

Abstract

In temperate deciduous fruits covering apples, the chlorophyll, gives the leaves green colour, begins to breakdown in autumn, and the colour changes occur before leaf fall. It is assumed that these different leaf colours observed in autumn are not simply an effect of leaf senescence, and several hypotheses based on photo-protection and animal-plant interactions have emerged. It is also suggested the dark pigments especially like red anthocyanin-derived have a warning signal as a protection or defense. In this study, autumn leaf colour changes in putative apple 'Amasya' mutants generated by gamma ray irradiation were investigated to provide the current knowledge on autumn colours. The colour codes were defined according to the presence on more or less than 80% of leaves and were assessed for each putative mutants and cultivar. It was determined that 82% of population had yellow leaf colour in autumn and was in the same leaf colour group as the original 'Amasya'. Leaf colours of 'Granny Smith', 'Crissp Pink' and 'Braeburn' were found to be quite green compared to 'Amasya'. There was no mutant with a completely red leaf colour in the population. However, in the yellow-red group with very dark pigments there were 58 mutants constituting 15% of the population. The decrease in L^* and h^o values in this group is an indication of a higher anthocyanin pigment. As they have a clearer polymorphism, further researches to be done with different leaf colour mutants may provide important contributions to understanding these colour changes in autumn.

Keywords: Abiotic stress; *Malus x domestica*; *Malus slyvestris*; Aphid population

1. Giriş

ılıman iklim bölgelerinde, yazın bitimi ve kış aylarına doğru yaklaştıkça, her yıl ağaçların yaprakları yeşil renkten sarı, turuncu ve kırmızı gibi tonlara dönüşmektedir. Sonbaharda görülen bu renk değişiminin, gerçek sebebi günümüzde tam olarak bilinmemektedir (Ougham vd., 2008). Bunun sadece yaprak yaşlanmasının bir yan etkisi olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle geçtiğimiz on yılda sonbaharda yaprakların neden renk değiştirdiği sorusunun cevaplanmasına yönelik çeşitli hipotezler öne sürülmüştür (Archetti vd., 2009). Özellikle kırmızı renk sonbaharda görüldüğü için, yapraklardaki bu renk değişimi esas olarak antosiyaninlerle ilişkilendirilmiştir.

Bitki fizyologları tarafından öne sürülen hipotezlerden ilki abiyotik faktörlere karşı koruma üzerine yoğunlaşmıştır. Foto-koruma olarak da bilinen bu hipoteze göre, antosiyaninler düşük sıcaklıkta ışığın zararlı etkilerine ve güneşe karşı doğrudan koruyucu olarak hareket ederek veya reaktif oksijen ile diğer olası foto-reaktif molekülleri inaktif hale getirerek dolaylı olarak foto-oksidatif stresi hafifletmeye çalışır (Hoch vd., 2001; Lee vd., 2003; Archetti vd., 2009). Hayvan-bitki etkileşimlerini esas alan diğer bir hipoteze göre ise antosiyaninler, sonbaharda ağaçlara göç eden böcekler için bir uyarı sinyalidir (Hamilton ve Brown, 2001). Bu açıdan kırmızı renk, ağacın böcekler için uygun bir konukçu olmadığı ve kimyasal savunma için bir işaret anlamı taşımaktadır. Özellikle birçok yaprak biti türü bu sinyalin muhtemel alıcılarıdır (Chittka ve Döring, 2007; Archetti, 2009a). Nitekim sonbahar göçü, birçok böcek gibi yaprak biti yaşam döngüsü için de oldukça önemlidir. Çok sayıda türde geniş konukçu dizisine sahip olan yaprak bitleri, sonbaharda yumurtalarını ağaçların dallarına bırakır ve ilkbaharda yumurtadan çıkıp yaz mevsiminde başka yerlere taşınana kadar ağaç üzerinde gelişir (Döring ve Chittka, 2007). Dolayısıyla yaprak bitleri uygun konukçuyu bulabilmek için güçlü bir dürtü ile hareket ederler. Yaprak bitlerinin kırmızı yapraklardan ziyade yeşil renkteki yapraklarda kolonileşmeyi tercih ettikleri ifade edilmektedir (Ramirez vd., 2007; Döring vd., 2009). Bununla birlikte bu etkinin, renklerin yansıma oranları ile doğrudan ilişkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim yüksek yansıma oranına sahip olan sarı renk, yaprak bitleri için

yeşilden çok daha cazip bulunmuştur (Archetti ve Leather, 2005; Döring vd., 2009). Ayrıca değişen aydınlatma koşullarında görsel farklılıkların kaybolabilmesi ve birçok böceğin fotoreseptörden yoksun olması nedeniyle sadece rengin değil, kimyasallar veya uçucu maddeler gibi bazı faktörlerin de bu tercihte etkili olduğu ileri sürülmüştür (Chittka ve Döring, 2007; Schaefer ve Rolshausen, 2007).

Foto-koruma ve hayvan-bitki etkileşimlerine dayanan bu iki temel hipotezden türetilen farklı hipotezler de ileri sürülmüştür (Hoch vd., 2001; Archetti, 2009b). Fakat şimdiye kadar önerilen hipotezlerden hiçbiri tamamen kanıtlanmış ya da kabul edilmiş değildir (Archetti vd., 2009; Mannisto vd., 2017). Bununla birlikte sonbahar renklerinin tümünü sergileyebilen bir tür bulmak zor olduğu için, yapılan çalışmalarda genellikle birbirinden tamamen farklı olan kırmızı, sarı veya yeşil yapraklı ağaç türleri kullanılmıştır. Bu durumda yaprak rengi yeşil ve kırmızı ağaçları veya farklı türleri karşılaştırmanın zor olduğu ve ideal olarak yaprak rengi farklı mutantlar ile çalışılması önerilmiştir (Archetti, 2009a).

Bu nedenle çalışmada, daha önce 'Amasya' elmasında mutasyon ıslahı kapsamında gama ışını uygulaması ile oluşturulan popülasyonun sonbahar yaprak rengi değişimleri açısından taranması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, Eğirdir-Isparta'da bulunan Meyvecilik Araştırma Enstitüsü'nde (37°48' 52.16" K, 30°52' 39.66" D', d.s. 920 m) yürütülmüştür. Kurumda, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu işbirliği ile yüksek yeme kalitesine, kendine özgü cazip bir görünüme ve uzun depo ömrüne sahip yeni elma çeşitlerinin geliştirilmesini amaçlayan mutasyon ıslahı programı 2011 yılında başlatılmıştır. Çalışmanın bitkisel materyalini, bu program kapsamında elde edilen mutant popülasyon oluşturmaktadır. Popülasyonun oluşturulmasında orijinal 'Amasya' elma çeşidinde ait 1 yaşlı odun dalları kullanılmıştır. Işınlama ile ilgili detaylar Atay vd. (2018)'de belirtilmiştir. Işınlama çalışmalarında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nda bulunan kobalt 60 (⁶⁰Co) kaynağı kullanılmıştır. Işınlamalarda sürgün uzunluğunu %50 azaltan en uygun mutajen dozu dikkate alınmıştır. Işınlamadan hemen sonra aşı kalemleri M9 anacı üzerine

dilicikli aşı ile aşılanmışlardır. Elde edilen fidanlar 2014 yılında 4 m sıra arası ve 1 m sıra üzeri mesafe ile araziye dikilmiştir. Her bitki için ayrı bir etiket ve ayrı bir kayıt sistemi oluşturulmuştur. Sulama, gübreleme, hastalık ve zararlılarla mücadele, yabancı ot kontrolü gibi bütün kültürel işlemler bölgedeki ticari bahçelerde olduğu gibi rutin olarak yapılmıştır.

Çalışma parselinde 374 adet mutant bireyin yanı sıra, ticari çeşitlerden orijinal 'Amasya', 'Braeburn', 'Granny Smith' ve 'Cripps Pink' çeşitleri de yer almıştır. Ticari çeşitler (her biri için 10 ağaç) parselde her 8-10 mutanta 1 ağaç düşecek şekilde yerleştirilmiştir. Kasım 2017'de (yaprakların yaklaşık %5-10'unun döküldüğü dönem) ağaçlardaki yaprak rengi, ağacın kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinden ayrı ayrı dikkate alınarak görsel olarak değerlendirilmiştir. Renk kodlamaları Archetti (2009a)'ya göre yapılmıştır. Her çeşit veya mutant bireye bir renk kodu verilmiştir. Kodlamalar, eğer renk yaprakların %80'inden fazlasında mevcutsa yeşil (Y), sarı (S), kırmızı (K) olarak ya da yaprakların %80'inden az ise ait olduğu iki renge göre yeşil-sarı (YS), sarı-kırmızı (SK) ve yeşil-kırmızı (YK) şeklinde yapılmıştır. Belirsiz durumlar için YSK kodu kullanılmıştır.

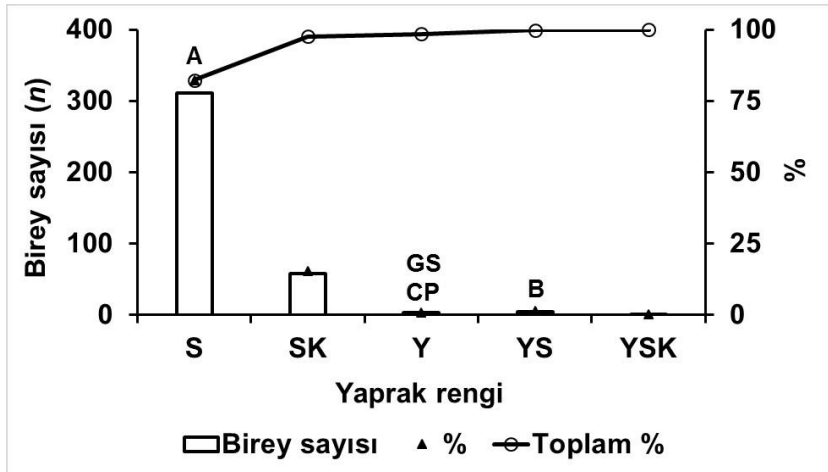
Minolta CR-400 (Konika Minolta Inc., Japonya) renk ölçer yardımıyla her renk grubuna ait L*, a*, b*, C* ve h° değerleri ölçülmüştür. Ölçümler, her gruptan tesadüfen alınan 50 yaprak üzerinde yapılmıştır. Farklı renk kodlarına sahip bireyler arasındaki büyüme kuvveti farklılıklarını

incelemek amacıyla Aralık-2017 döneminde her gruptaki bireylerde bitki boyu (cm), gövde kesit alanı (GKA, cm²) ve gelişim kuvveti (1-5 skalası) değerleri belirlenmiştir. GKA hesaplamaları için ağaçların aşı yerinin 15 cm üzerinden dijital kumpas yardımı ile gövde çapı (cm) ölçülmüştür. Gövde kesit alanı; $GKA = \pi (\text{gövde çapı}/2)^2$ formülüne göre hesaplanmıştır. Gelişim kuvveti skalasında 1 zayıf gelişen ağaçları, 5 ise çok kuvvetli gelişen ağaçları ifade etmektedir.

Elde edilen veriler SAS-JMP 7.0 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Mutant bireylerin ve kontrol olarak alınan ticari çeşitlerin sonbahar yaprak rengi değişimi Şekil 1'de sunulmuştur. 'Amasya' elmasının da içinde bulunduğu 'S' renk kodlu grup, 311 bireyle en büyük grup olup tüm popülasyonun yaklaşık %82'sini oluşturmuştur. Birey sayısı en az grup 'Y' olup 'Granny Smith', 'Crisp Pink' ve 'M676' nolu mutant adayı bireyden oluşmuştur. 'Braeburn' diğer ticari çeşitlerden farklı olarak 'YS' grubunda yer almıştır. Yine 'M93', 'M694', 'M726' ve 'M855' 'YS' grubunda yer alan diğer bireylerdir. Popülasyonda yaprak rengi tamamen kırmızı olan hiçbir birey bulunmamaktadır. Ancak 'SK' grubunda toplam 58 birey bulunmakta ve bu da toplam popülasyonun %15'ini oluşturmaktadır.



Şekil 1. Sonbaharda yaprak rengi değişimine göre mutant bireylerin (n=374) ve incelenen ticari çeşitlerin (n=4) dağılımı (Toplam n=378). S: sarı, SK: sarı-kırmızı, Y: yeşil, YS: yeşil-sarı, YSK: belirsiz yaprak rengi. A: 'Amasya', GS: 'Granny Smith', CP: 'Crisp Pink' ve B: 'Braeburn'

ılıman iklim meyve türlerinde, büyüme periyodu süresince yeşil renk, yüksek klorofil konsantrasyonu nedeniyle diğer pigmentlere göre genellikle yapraklarda daha baskındır. Ancak sonbaharda yaşanan yapraklar farklı renklere sahip olabilmektedir. Sonbaharda görülen renk değişimi esas olarak karotenoidler (sarı-turuncu) ve antosiyaninlerden (kırmızı-mor) kaynaklanmaktadır (Lee, 2002; Archetti vd., 2009). Karotenoidler, antosiyaninlerin aksine yapraklarda yıl boyunca bulunmaktadır. Fakat klorofiller tarafından maskelendikleri için sadece sonbaharda yaprak yaşlanması sırasında hücre içi yer değiştirme ve kimyasal modifikasyon nedeniyle görünür hale gelmektedir (Tanaka vd., 2008). Antosiyaninler sonbaharda, yaprak dökümünden kısa bir süre önce sentezlenmektedir (Lee, 2002). Kırmızı rengin yoğunluğu, klorofil konsantrasyonu, pH, pigmentasyon, metal iyonlarının varlığı, yüksek ışık, düşük sıcaklıklar ve kuraklık gibi faktörlere göre değişebilmektedir (Feild vd., 2001; Archetti vd., 2009).

Sonbaharda yaprak rengi değişen türler içerisinde önemli bir varyasyon bulunmaktadır. Bizim çalışmamızda da bazı ticari çeşitlerin yaprakları dökülmeden hemen önce bile hâlâ yeşil iken, diğer çeşitler ve mutant popülasyonda sarı-kırmızı gibi çeşitli renkler görülmüştür. Sonbaharda yaprak renklerindeki bu değişim esasen güçlü bir genetik temele sahiptir (Schaberg vd., 2003). Nitekim sonbahar yapraklarındaki renk değişimi yabani popülasyonlarda kültür çeşitlerine kıyasla daha yaygındır (Archetti, 2009a). Dünyanın bazı bölgelerinde özellikle doğal ormanlarda kırmızı sonbahar renkleri ağaç türlerinin %10-70'inde bulunurken, %15-30'u sarı renklidir (Lee vd., 2003; Archetti, 2009a). Bununla birlikte çevresel faktörler de özellikle sonbahar renk değiştirme periyodunun uzunluğu ve başlangıcında büyük değişimler meydana getirebilmektedir (Schaberg vd., 2003). Davis (1972)'e göre 'Amasya' elması olarak bilinen *M. sylvestris* subsp. *orientalis* var. *microphylla* Browicz, endemiktir ve doğal halde yayılışı dünyada sadece Amasya'dadır. 'Amasya' elmasının özellikle morfolojik özellikler açısından diğer kültür elmalarına kıyasla oldukça farklı olduğu ve birçok açıdan yabani formları andırdığı bilinmektedir (Atay vd., 2018). Dolayısıyla çalışmada 'Amasya' elmasının ve oluşturulan popülasyonun diğer kültür çeşitleri ile farklılıklar göstermesi doğaldır.

Çalışmada renk kodları arasındaki farklılıkları belirlemek için her gruba ait L*, a*, b*, C* ve h° değerleri ölçülmüştür (Çizelge 1). Ele alınan renk özellikleri açısından gruplar arasında belirgin bir farklılığın olduğu ve sonuçların istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). L* değerinin en düşük SK grubunda en yüksek ise S grubunda olduğu belirlenmiştir. L* değeri rengin açık (100) ya da koyu (0) olması ile ilişkili bir ifadedir (Fairchild, 2005). Çalışılan popülasyonda yaprakların rengi sarıdan kırmızıya doğru değiştiğiçe daha düşük L* değerine ve dolayısıyla daha koyu bir renge sahip oldukları belirlenmiştir. L* değerindeki azalış antosiyanin konsantrasyonundaki artışı göstermektedir ve bu nedenle daha kırmızı bir renk elde edilmektedir (Whale vd., 2008; Atay vd., 2012). h° değerinde ise yine en düşük değer SK grubunda en yüksek değer ise Y grubundaki bireylerde tespit edilmiştir. h°, a* ve b* değerlerine göre hesaplanmakta, kırmızı (a*) ve sarı (b*) gibi belirli renklerin görsel niteliğini tanımlamaktadır (Fairchild, 2005). Ayrıca h° değerinin antosiyanin konsantrasyonunun belirleyicisi olarak kullanılabildiği de ifade edilmektedir (Moore, 1997). Çalışmamızda da SK grubundaki düşük h° değeri yoğun kırmızı rengin arttığının bir göstergesidir. Düşük C* değeri rengin doygunluk durumunu diğer bir ifade ile mat ve soluk olduğunu, yüksek C* ise canlı ve parlak renkleri ifade etmektedir (Fairchild, 2005). Buna göre 'Amasya' elmasının da içinde bulunduğu 'S' grubundaki bütün genotipler daha yüksek C* değerine sahipken, 'Y', 'YSK' ve 'SK' grubundaki diğer genotipler daha düşük C* değeri ile daha soluk ve mat bir renge sahiptir (Şekil 2).

Çalışmada farklı renk kodlarına sahip bireyler arasındaki büyüme kuvveti farklılıklarını incelemek amacıyla her gruptaki bireylerde bitki boyu ve gövde kesit alanı değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3 a, b). Ayrıca bireyler gelişim kuvveti dikkate alınarak 1-5 skalasına göre gruplandırılmıştır (Şekil 3c). Bununla birlikte, bitkilerin büyüme kuvveti ile sonbahar yaprak renkleri arasında istatistiki yönden anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Nitekim yapraklardaki kırmızı renk, önemli bir sinyal olsa bile, sadece kuvvetli gelişen ağaçlarda bulunması beklenmemektedir (Archetti vd., 2009). Böceklerden kaçınmaya daha çok ihtiyaç duydukları için zayıf ağaçların da farklı sonbahar renkleri göstermesi olasıdır (Archetti ve Brown, 2004).

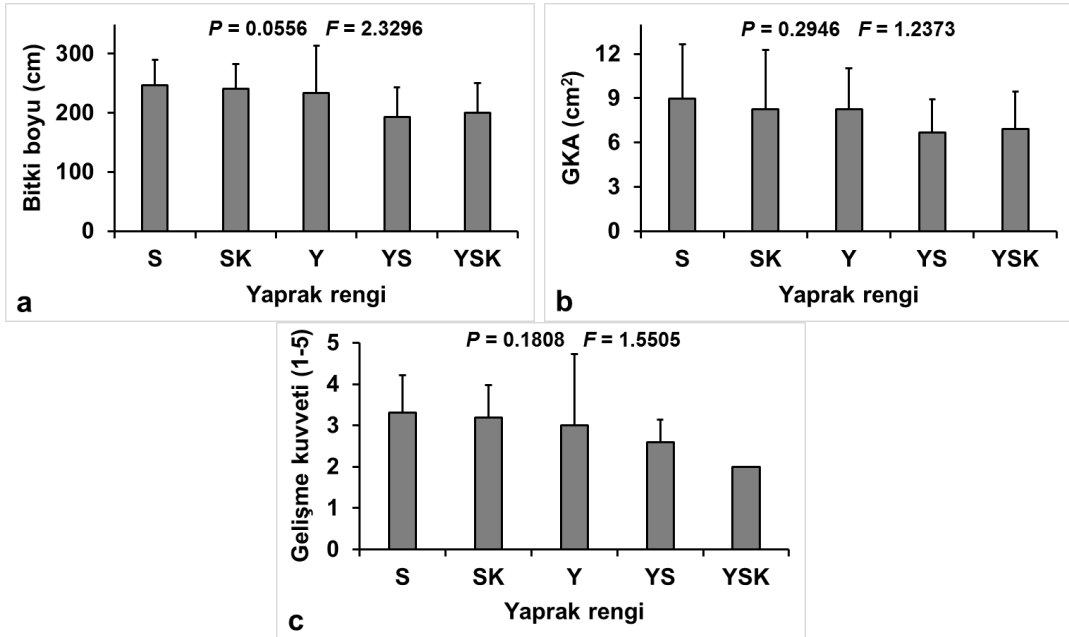
Çizelge 1. Mutant bireylerin ($n=374$) ve incelenen ticari çeşitlerin ($n=4$) renk kodlarına göre L^* , a^* , b^* , C^* ve h° değerleri (Ortalama±Standart Sapma, SS)

Renk kodu	n	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
S	311	62.72±3.27 a*	5.43±2.54 b*	52.38±5.08 a*	52.74±4.85 a*	83.90±3.37 c*
SK	58	37.67±2.01 d	16.09±3.94 a	13.11±2.67 d	20.93±3.90 c	39.89±8.23 e
Y	3	40.67±2.13 c	-9.72±1.26 d	16.57±2.68 c	19.25±2.63 c	120.67±4.11 a
YS	5	51.35±9.53 b	-3.76±4.80 c	34.93±5.42 b	36.51±4.12 b	102.87±8.32 b
YSK	1	40.44±2.42 c	7.76±6.08 b	16.65±3.84 c	23.06±2.44 c	66.12±8.30 d
P		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
F		102.5527	43.9550	103.5704	88.7501	63.3469

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir ($P<0.05$) (n: birey sayısı). S: sarı, SK: sarı-kırmızı, Y: yeşil, YS: yeşil-sarı, YSK: belirsiz yaprak rengi



Şekil 2. Bazı yaprak rengi kodlarına ait görünüm. (a) Y: yeşil, (b) S: sarı ve (c) SK: sarı-kırmızı

Şekil 3. Mutant popülasyonda renk kodlarına ait bitki büyüme kuvveti değerleri (Ortalama±SS). (a) Bitki boyu (cm), (b) Gövde kesit alanı (cm²) ve (c) Gelişme kuvveti (1-5). S: sarı, SK: sarı-kırmızı, Y: yeşil, YS: yeşil-sarı, YSK: belirsiz yaprak rengi

Sonbaharda ağaçlara taşınan böceklerin, kırmızı yapraklardan ziyade sarı ve yeşil renkli yapraklarda kolonileştikleri birçok çalışma ile ispatlanmıştır (Hamilton ve Brown, 2001; Chittka ve Döring, 2007; Archetti vd., 2009). Uzun yıllar süren arazi çalışmalarımızda da 'Amasya' elmasında diğer çeşitlere kıyasla daha yoğun bir böcek popülasyonu olduğu gözlenmiştir. Nitekim çalışmadan elde edilen sonuçlarda görülmektedir ki 'Amasya' elması ve ondan elde edilen mutant popülasyon sonbaharda büyük oranda sarı yaprak rengine sahiptir. Dolayısıyla 'Amasya' elmasında görülen yoğun böcek popülasyonunun, sonbaharda bu çeşidin yumurta bırakımı için çok fazla tercih edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonbahar yaprak renkleri üzerine hem abiyotik hem de biyotik faktörlere dayanan birçok hipotezin test edilebilmesi için yaprak biti büyüme oranları ve antosiyaninlerin fonksiyonel rolü üzerine yapılan çalışmalarda sonuçlar genellikle çelişkilidir (Lee vd., 2003; Ramirez vd., 2007; Archetti vd., 2009; Mannisto vd., 2017). Nitekim sonbaharda ağaçlarda görülen yaprak rengi değişimi oldukça karmaşık ve değişkenlik gösterebilen bir olaydır. Özellikle birbirinden tamamen farklı olan ağaç türleri ile çalışılması, bu konuda farklı açıklamaların öne sürülmesine sebep olmaktadır. Daha dikkatli bir şekilde tasarlanmış denemeler yapılabilmesi açısından elde ettiğimiz bu mutant popülasyonun önemli bir avantaja sahip olduğu düşünülmektedir.

4. Sonuç

Sonuç olarak, bu çalışmada sonbahar yaprak renkleri hakkındaki mevcut bilgi birikimini arttırmak ve konunun daha iyi anlaşılmasına yardımcı olabilmek amacıyla mutant bireylerdeki renk değişimleri tespit edilmiştir. Popülasyonun büyük bir çoğunluğu orijinal çeşit ile aynı grupta olmasına rağmen farklı renk gruplarında yer alan bireyler de tespit edilmiştir. Özellikle bu farklı renklere sahip bireyler sonraki çalışmalarda daha yoğun bir şekilde incelenmeye başlandıkça, sonbaharda görülen yaprak rengi değişiminin açıklanabilmesi için önemli bir adım sağlanabileceği öngörülmektedir. Biyokimya, fizyoloji, ekoloji ve bitki koruma gibi disiplinler tarafından bir arada tasarlanacak çalışmalar, konunun kapsamlı bir

şekilde açıklanmasında ve gelecek çalışmaların doğru planlanmasında faydalı olacaktır.

Kaynakça

- Archetti, M., & Brown, S.P. (2004). The coevolution theory of autumn colours. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 271:1219-1223.
- Archetti, M., & Leather S.R. (2005). A test of the coevolution theory of autumn colours: colour preference of *Rhopalosiphum padi* on *Prunus padus*. *Oikos*, 110(2):339-343.
- Archetti, M. (2009a). Evidence from the domestication of apple for the maintenance of autumn colours by coevolution. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 276:2575-2580.
- Archetti, M. (2009b). Classification of hypotheses for the evolution of autumn colours. *Oikos*, 118(3):328-333
- Archetti, M., Döring, T.F., Hagen, S.B., Hughes, N.M., Leather, S.R., Lee, D.W., Lev-Yadun, S., Manetas, Y., Ougham, H.J., Schaberg, P.G., & Thomas, H. (2009). Unravelling the evolution of autumn colours: an interdisciplinary approach. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(2):166-173.
- Atay, A.N., Koyuncu, F., Atay, E., & Koyuncu, M.A. (2012). Hasat öncesi etefon uygulamasının starking delicious elmasında renklenme ve meyve kalitesi üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1):107-112.
- Atay, A.N., Atay, E., Lauri, P.E., Kunter, B., & Kantoğlu, K.Y. (2018). Phenotyping gamma-ray-induced mutant population of 'Amasya' apple for architectural traits, precocity, floral phenology and fruit characteristics. *Scientia Horticulturae*, 233:195-203.
- Chittka, L., & Döring, T.F. (2007). Are autumn foliage colors red signals to aphids? *PLoS Biology* 5:1640-1644.
- Davis, P.H. (1972). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, Vol. 4. Edinburgh.
- Döring, T., & Chittka, L.L. (2007). Visual ecology of aphids – a critical review on the role of colours in host finding. *Arthropod Plant Interact.* 1:3-16.
- Döring, T.F., Archetti, M., & Hardie, J. (2009). Autumn leaves seen through herbivore eyes. *Proc. R. Soc. B.* 276, 121-127. doi:10.1098/rspb.2008.0858.
- Fairchild, M.D. (2005). *Color appearance models*. 2nd ed. John Wiley, Chichester, England.
- Feild, T.S., Lee, D.W., & Holbrook, N.M. (2001). Why leaves turn red in autumn. the role of anthocyanins in senescing leaves of red-osier dogwood. *Plant Physiology*, 127:566-574.
- Hamilton, W.D., & Brown, S.P. (2001). Autumn tree colours as a handicap signal. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 268:1489-1493.
- Hoch, W.A., Zeldin, E.L., & McCown, B.H. (2001). Physiological significance of anthocyanins during

- autumnal leaf senescence. *Tree Physiology*, 21:1-8.
- Lee, D.W. (2002). Anthocyanins in autumn leaf senescence. *Advances in Botanical Research*, 37:147-165.
- Lee, D.W., O'Keefe, J., Holbrook, N.M., & Feild, T.S. (2003). Pigment dynamics and autumn leaf senescence in a New England deciduous forest, eastern USA. *Ecological Research*, 18:677-694.
- Mannisto, E., Holopainen, J.K., Haikio, E., & Klemola, T. (2017). A field study with geometrid moths to test the coevolution hypothesis of red autumn colours in deciduous trees The Netherlands *Entomological Society Entomologia Experimentalis et Applicata*, 165:29-37.
- Moore, P.P. (1997). Estimation of anthocyanin concentration from color meter measurements of red raspberry fruit. *Hortscience*, 32(1):135.
- Ougham, H.J., Thomas, H., & Archetti, M. (2008). The adaptive value of leaf colour. *New Phytologist*, 179:9-13.
- Ramirez, C.C., Lavandero, B., & Archetti, M. (2007). Coevolution and the adaptive value of autumn tree colours: Colour preference and growth rates of a southern beech aphid. *Journal of Evolutionary Biology*, 21:49-56.
- Schaberg, P.G., Van Den Berg, A.K., Murakami, P.F., Shane, J.B., & Donnelly, J.R. (2003). Factors influencing red expression in the autumn foliage of sugar maple trees. *Tree Physiology*, 23:325-333.
- Schaefer, H.M., & Rolshausen, G. (2007). Aphids do not attend to leaf colour as visual signal, but to the handicap of reproductive investment. *Biology Letters*, 3:1-4.
- Tanaka, Y., Sasaki, N., & Ohmiya, A. (2008). Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *Plant Journal*, 54:733-749.
- Whale, S., Singh, Z., Behboudian, H., Janes, A., & Dhaliwal, S. (2008). Fruit quality in 'Crips Pink' apple, especially colour, as affected by preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. *Scientia Horticulturae*, 115(4):342-351.