



Elma Bitkisi (*Malus domestica* L.)'nde Foliar Uygulanan Salisilik Asitin Donmaya Karşı Etkileri

Bengü Türkyılmaz Ünal^{1*}, Oğuzhan Mentiş¹, Ethem Akyol²

^{1*}Niğde Üniversitesi, Ulukışla Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 51900 Ulukışla/Niğde, Türkiye

²Niğde Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 51100 Niğde, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Geliş 03 Kasım 2014
Kabul 19 Aralık 2014
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

Anahtar Kelimeler:

Donma
Elma
Peroksidaz
Salisilik asit
Süperoksit dismutaz

* Sorumlu Yazar:

E-mail: bngtrkylmz@yahoo.com.tr

ÖZET

Türkiye ve dünya ekonomisinde önemli bir yeri olan elma'nın donma zararına direncini artırmayı, verim ve kalitesini yükseltmeyi amaçladığımız çalışmamızda elma (*Malus domestica* L.) bitkilerinde fenolojik ve morfolojik gözlemler ile fizyolojik ve biyokimyasal analizler yapılmıştır. Bu bitkinin donma stresine karşı gösterdiği adaptasyon ile kalite ve verimi üzerine foliar salisilik asitin (0, 500 ppm/bitki ve 1000 ppm/bitki) etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Yaprakta fotosentetik pigment içerikleri, total protein miktarı, prolin miktarı ile süperoksit dismutaz ve peroksidaz enzim aktiviteleri ölçülmüştür. Çalışma tesadüfi deneme desenine göre planlanmış ve verilerin istatistik analizleri SPSS paket programıyla (LSD testi) yapılmıştır. Elma bitkilerinin sürgün ve meyve sayılarının 500 ppm salisilik asit uygulamalarında, meyve ağırlıklarının ise 500 ppm ve 1000 ppm salisilik asit uygulamalarında kontrol grubuna göre artış gösterdiği, aynı zamanda uygulama gruplarında elma renklerinin de koyulaştığı tespit edilmiştir. K_{la}, k_{lb}, toplam kl, prolin, süperoksit dismutaz ve peroksidaz miktarları uygulama gruplarında kontrol grubuna göre istatistiki açıdan önemli derecede artmıştır. Karotenoid ve protein miktarlarında meydana gelen artışlar ise istatistiki açıdan önemli değildir. Elde edilen veriler ışığında foliar salisilik asit uygulamalarının elma bitkisinde donma stresinin etkilerini azalttığı, verim ve kaliteyi artırdığı saptanmıştır.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 3(5): 221-225, 2015

Effects of Foliar Treatments of Salicylic Acid on Apple (*Malus domestica* L.) Against Freezing

ARTICLE INFO

Article history:

Received 03 November 2014
Accepted 19 December 2014
Available online, ISSN: 2148-127X

Keywords:

Apple
Freezing
Peroxidase
Salicylic acid
Superoxide dismutase

* Corresponding Author:

E-mail: bngtrkylmz@yahoo.com.tr

ABSTRACT

In our study we aim to increase frost resistance and improve the yield and quality of apple is important in Turkey and world economy. Phenological and morphological observations, physiological and biochemical analyzes were carried out in apple (*Malus domestica* L.) plants. It was studied to determine the effects of foliar Salicylic acid (0, 500 ppm/plant and 1000 ppm/plant) on adaptation of this plant when exposed to freezing stress, the quality and yield. Leaf photosynthetic pigment contents, total protein amount, proline amount, superoxide dismutase and peroxidase enzymatic activities were measured. The study planned by random experimental design and statistical analysis of data with SPSS program (LSD test) were made. It was determined that fruit and shoot numbers were increased in samples exposed to 500 ppm salicylic acid and while fruit weights were increased in samples exposed to 500 ppm and 1000 ppm salicylic acid compared to the control. Also, colour of plants were darkened. Ch_{la}, ch_{lb}, total chl, proline, superoxide dismutase and peroxidase amounts were increased significantly compared to the control group. Increases occurred in the carotenoid and the protein amounts are not significant statistically. In the light of obtained data, foliar application of salicylic acid were found to reduce the effects of freezing stress and to increase the yield and quality of apple plants.

Giriş

Biyotik (hastalık stresi, zararlı stresi, rekabet stresi vd.) ve abiyotik (su stresi, tuz stresi, ışık stresi, ağır metal stresi, sıcaklık stresi, soğuk stresi, donma stresi vd.) stres faktörleri çeşitli bitkilerde büyüme ve verimliliği sınırlamakta, dolayısıyla insan ve hayvan beslenmelerini olumsuz şekilde etkilemektedir (Kacar ve ark., 2002).

Donma stresi abiyotik stres faktörleri arasında bitki üretimini sınırlayıcı temel faktörlerden biridir. Donma stresine dayanıklılık mekanizması üzerindeki tartışmalar günümüzde de sürmektedir. En son bilgilere göre bitkilerde donma stresine dayanıklılık üç şekilde oluşmaktadır. Bunlar; a. Membranların stabilizasyonu, b. Şekerlerin, diğer ozmolitlerin ve antifriz proteinlerin birikimi, c. Gen ekspresyonundaki değişikliklerdir (Kacar ve ark., 2002). Donma stresine dayanıklılığın sağlanmasında başta basit şekerler olmak üzere prolin gibi diğer ozmolitlerin hücrede birikiminin önemli etki yaptığına inanılmaktadır. Prolin birikimi doku suyunu ve hücre membranlarını korumada yardımcı olduğu gibi, osmotik ayarlama sürecinde de önemli bir rol oynar (Anjum ve ark., 2012; Kaya ve ark., 2007). Aklimasyon sırasında kimi bitkilerde biriken ve buz kristallerinin oluşumunu engelleyen Apoplastik PR proteinlerinin donma stresine dayanıklılığı artırdığı da saptanmıştır (Kacar ve ark., 2002). Ayrıca, antioksidanların da donma toleransını yükseltmede önemli bir rol oynadığı bulunmuştur (Blokhina ve ark., 2003; Foyer ve Fletcher, 2001).

Salisilik asit (SA) bitkilerde fizyolojik düzenlemeyi sağlayan, fenolik doğal bir içsel büyüme düzenleyici ve sinyal moleküldür (Fariduddin ve ark., 2003; Gunes ve ark., 2007; Raskin, 1992). Tasgin ve ark. (2003) salisilik asitin donma stresinin azaltılmasında da etkili olduğunu göstermiştir.

Yumuşak çekirdekli meyvelerin en önemli temsilcilerinden ve gülgiller (Rosaceae) familyasından olan elmalarda özellikle geç ilkbahar donlarının çiçek tomurcuklarına zarar vererek meyve verimini azalttığı hatta kimi zaman tamamen yok ettiği Aygün ve Şan (2005)'in çalışmalarında saptanmıştır.

Çalışmamızda yüksek besin değeri ve hoş lezzeti ile ülkemiz ve dünya ekonomisinde önemli bir yere sahip olan elma (*Malus domestica* L.) bitkisine foliar uygulanan salisilik asitin, donma stresini azaltıp azaltmadığını, buna bağlı olarak da verim ve kalite artışı üzerinde etkisi olup olmadığını belirlemek amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmamızda bitkisel materyal olarak Niğde Üniversitesi Ulukışla M.Y.O. bahçesinde bulunan 10 yaşında yarı bodur Red Chief elma (*Malus domestica* L.)

çeşidi ağaçları kullanılmıştır. Salisilik asitin elma bitkisinin donma stresine adaptasyonunun incelenmesi için 2013 Mayıs ayı başından Haziran ayı sonuna kadar haftada bir gün olmak üzere her hafta elma ağaçlarının yaprak-çiçeklerine (her gruptan 50 ağaca) püskürtme yoluyla (foliar) 0, 500 ve 1000 ppm salisilik asit uygulaması yapılmıştır. Yapraklanmanın görüldüğü, çiçeklenmenin sona erdiği ve meyve tutumunun başladığı Haziran ayı sonunda bitkilerden rastgele alınan ve uygun şekilde hazırlanan yaprak örneklerinde, fotosentetik pigment içerikleri (Witham ve ark., 1971), toplam protein miktarı (Bradford, 1976) ve prolin miktarı tayinleri (Bates ve ark., 1973) ile antioksidan enzimlere ilişkin aktivite tayinleri analizleri (SOD için Beauchamp ve Fridovich, 1971; POX için Herzog ve Fahimi, 1973) yapılmıştır. Her analiz 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler SPSS 16.0 One-Way Anova Multiple Range testlerinden LSD kullanılarak $p < 0,05$ önemlilik derecesine göre istatistik olarak değerlendirilmiştir. Ortalamaların standart hata ve standart sapma değerleri de yine aynı programda hesaplanmıştır. Ayrıca, çiçeklenmenin başladığı Mayıs ayından meyve hasatının yapıldığı Eylül ayına kadar fenolojik gözlemler gerçekleştirilmiştir. Deneme serilerindeki ağaçların sürgün sayıları, meyve sayıları, meyve ağırlıkları ve renklerine bakılmıştır. Her deneme serisine ait meyveler fotoğraflanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çiçeklenmenin başladığı ve ilkbahar geç donlarının görüldüğü Mayıs ayından itibaren salisilik asit uygulaması yapılmış olan elma ağaçlarında yaprak ve çiçek sayılarının kontrol grubundaki ağaçlara göre daha fazla olduğu fenolojik olarak gözlenmiştir. Salisilik asit vejetatif gelişmeyi dolayısıyla yapraklanmayı da hızlandırmaktadır (Aktaş, 2001). Elma bitkilerinin sürgün ve meyve sayıları karşılaştırıldığında 500 ppm SA uygulamalarında kontrol grubuna göre artış saptanmış, fakat bu artışın istatistik olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. 1000 ppm SA uygulamalarında ise sürgün ve meyve sayılarında bir azalma olduğu, bunlardan yalnızca meyve sayısının istatistik olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Meyve ağırlıklarının SA uygulama gruplarında kontrol grubuna oranla artış gösterdiği ve bu artışların istatistik açıdan önemli olduğu ($p < 0,05$) da görülmektedir (Tablo 1).

Çalışmamıza benzer şekilde, Babalar ve ark. (2007) ve Karlıdag ve ark. (2009) SA'in tekrarlı foliar uygulanmasının bitki metabolizmasını uyardığını ve çilek kalitesini artırdığını saptamışlardır.

Tablo 1 Donma stresine maruz kalmış elma (*Malus domestica* L.) bitkisine farklı konsantrasyonlarda salisilik asit (SA) uygulamasının sürgün sayısı, elma sayısı ve elma ağırlıkları üzerine etkisi (\pm SE).

Gruplar	n	Sürgün sayısı	Meyve sayısı	Meyve ağırlıkları (g)
Kontrol	50	10,000 \pm 2,098 ^a	37,833 \pm 6,432 ^a	131,500 \pm 8,346 ^a
500 ppm SA	50	10,500 \pm 1,000 ^a	39,667 \pm 4,932 ^a	168,000 \pm 6,976 ^b
1000 ppm SA	50	07,500 \pm 0,707 ^a	22,000 \pm 1,414 ^b	158,000 \pm 9,899 ^b

Sonuçlar istatistik olarak LSD (SPSS 16.0 One-Way Anova) testine göre $p < 0,05$ seviyesinde analiz edilmiştir. Her kolonda farklı harfler önemlilik derecesinde farklılığı göstermektedir.



Şekil 1 Elma (*Malus domestica* L.) meyveleri (1: Kontrol gurubu 2: 500 ppm SA uygulaması 3: 1000 ppm SA uygulaması)

Elmalara foliar uygulanan SA konsantrasyonlarının kontrol gurubuna göre meyve rengini koyulaştırdığı görülmüştür (Şekil 1). Benzer şekilde Babalar ve ark. (2007)'nin yaptığı çalışmada SA uygulamaları Selva çilek meyvelerinin kırmızı rengini koyulaştırmış ve toplam kalitesini olumlu yönde etkilemiştir.

Haziran ayında elma bitkilerinin yaprak-çiçeklerine yapılan son SA uygulamasından 72 saat sonra fotosentetik pigment miktarına bakılmış ve kLa, kLb, toplam kl ve karotenoid miktarları Tablo 2.'de verilmiştir.

KLa, kLb ve toplam kl miktarında SA uygulamalarının kontrol grubuna göre önemlilik derecesinde ($p < 0,05$) artışlar sağladığı Tablo 2'de görülmektedir. En yüksek artışlar 1000 ppm SA uygulamalarında (kLa için %43,26; kLb için %56,11 ve toplam kl için %47,03) saptanmıştır (Tablo 2). El-Tayeb (2005), Karlıdag ve ark. (2009), Türkyılmaz ve ark. (2005) ile Yıldırım ve ark. (2006) SA uygulamasının stresli ve stressiz koşullar altında yetişen bitki yapraklarının klorofil konsantrasyonlarının artmasına neden olduğunu göstermiştir. Bu durum foliar uygulanan SA'in senesens ve çevresel streslerin neden olduğu klorofil yıkımını azaltmasına bağlı olabilir (Raskin, 1992). Lu ve Yu (2004) ile Sayyari ve ark.'nin (2013) çalışmalarında, SA uygulaması donma stresine maruz kalan karpuz fidelerinin büyüme parametrelerini ve klorofil içeriğini artırırken, SA uygulanmamış bitkilere oranla donma stresine karşı önemli bir koruma sağlamıştır.

Tablo 2'ye bakıldığında SA uygulamalarının

karotenoid miktarında artışa neden olduğu ve bu artışın %8,17 ile 1000 ppm uygulamasında en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. Benzer şekilde, Kalarani ve ark. (2002) domates meyvelerinin askorbik asit, karoten ve likopen konsantrasyonlarının SA uygulanmış bitkilerde maksimum olduğunu tespit etmiştir.

Bitkiler hücre içi ve hücrelerarası ölümcül buz şekillenmesine karşı hücreleri korumak için birçok bileşik üretmektedirler. Birçok kış bitkisi şekerler, aminoasitler ve apoplastik bölgede antifriz proteinlerini de içeren antifriz bileşiklerini biriktirirler (Atıcı ve Nalbantoglu, 1999, 2003; Griffith ve Yaish, 2004). Bununla birlikte, reaktif oksijen türlerini ortadan kaldıran sistemin etkili şekilde çalışmadığı durumlarda, onları proteolitik yıkıma yatkın hale getiren proteinlerin yapısal modifikasyonları bitki metabolizmasını değiştirebilir (Pell ve Dann 1991).

Protein miktarı uygulama gruplarında kontrol grubuna göre artış göstermiştir. En büyük artış %19,20 ile 1000 ppm SA uygulamasında ortaya çıkmıştır (Tablo 3). SA ve soğuk, antifriz proteinleri de içeren apoplastik proteinlerin birikimi ile donma toleransını artırmaktadır. Apoplastik antifriz proteinlerinin seviyelerinin tahıllarda donma toleransı ile yüksek derecede ilişkili olduğu ve dışsal SA uygulamalarının bu proteinlerin düzenlenmesinde önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir (Antikainen ve Griffith, 1997). Kış çavdarı yapraklarına SA spreylendiği zaman antifriz aktivitesi olmaksızın apoplastik proteinler birikmiştir (Yu ve ark., 2001).

Tablo 2 Donma stresine maruz kalmış elma (*Malus domestica* L.) bitkisine farklı konsantrasyonlarda salisilik asit (SA) uygulamasının klorofil ve karotenoid miktarları üzerine etkisi (\pm SE).

Gruplar	n	KLa (mg ml^{-1})	KLb (mg ml^{-1})	Total kl (mg ml^{-1})	Karotenoid (mg ml^{-1})
Kontrol	4	0,631 \pm 0,088 ^a	0,262 \pm 0,026 ^a	0,893 \pm 0,114 ^a	3,782 \pm 0,549
500 ppm SA	4	0,886 \pm 0,033 ^b	0,374 \pm 0,014 ^b	1,260 \pm 0,047 ^b	4,011 \pm 0,205
1000 ppm SA	4	0,904 \pm 0,079 ^b	0,409 \pm 0,037 ^b	1,313 \pm 0,116 ^b	4,091 \pm 0,323

Sonuçlar istatistik olarak LSD (SPSS 16.0 One-Way Anova) testine göre $p < 0,05$ seviyesinde analiz edilmiştir. Her kolonda farklı harfler önemlilik derecesinde farklılığı göstermektedir.

Tablo 3 Donma stresine maruz kalmış elma (*Malus domestica* L.) bitkisine farklı konsantrasyonlarda salisilik asit (SA) uygulamasının yaprak protein, prolin, peroksidaz ve süperoksit dismutaz enzim miktarları üzerine etkisi (\pm SE).

Gruplar	n	Protein (mg ml^{-1})	Prolin ($\mu\text{mol g}^{-1}$ fw)	PO (enzim unit.g taze ağırlık ⁻¹)	SOD (enzim unit.g taze ağırlık ⁻¹)
Kontrol	4	0,099 \pm 0,009	4,986 \pm 2,371 ^a	24,295 \pm 3,428 ^a	234,256 \pm 14,404 ^a
500 ppm SA	4	0,114 \pm 0,010	9,467 \pm 2,257 ^b	40,767 \pm 2,531 ^b	306,849 \pm 7,754 ^b
1000 ppm SA	4	0,118 \pm 0,038	9,536 \pm 2,799 ^b	35,231 \pm 4,474 ^c	262,312 \pm 11,843 ^c

Sonuçlar istatistik olarak LSD (SPSS 16.0 One-Way Anova) testine göre $p < 0,05$ seviyesinde analiz edilmiştir. Her kolonda farklı harfler önemlilik derecesinde farklılığı göstermektedir.

Çalışmamızda prolin miktarı uygulama gruplarında önemlilik derecesinde ($p<0,05$) artışlar göstermiş ve en yüksek değerine 1000 ppm SA uygulamasında (%91,26) ulaşmıştır (Tablo 3). Sayyari (2012) çalışmasında, donma stresinin sonunda kontrolle karşılaştırıldığında SA uygulamasının hıyar bitkilerinin prolin içeriğini artırdığını tespit etmiştir. Buna ilave olarak, balkabağı genotiplerinde donmanın ilerlemesiyle prolin, glukoz ve fruktoz miktarları artışını sürdürmüş ve bu artış toleranslı genotiplerde duyarlı olanlara oranla daha belirgin olmuştur (Kusvuran ve ark., 2013)

Bitkiler düşük sıcaklığın teşvik ettiği oksidatif zarardan korunmak veya zararı azaltmak için enzimatik antioksidan sistemler ve antioksidan bileşiklerle bu toksik ve reaktif türleri yok etmek üzere mekanizmalar geliştirmiştir (Atıcı ve Nalbantoğlu, 2003; Kang ve ark., 2003; Yan ve ark., 2008). Antioksidan enzimler oksidatif zarar üzerinde daha fazla etkilidir (Halliwell ve Gutteridge, 1999). En etkili olanları SOD, CAT ve POX enzimleridir (Scandolios, 1993).

Çalışmamızda peroksidaz ve süperoksit dismutaz enzim aktiviteleri SA uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre önemlilik derecesinde artışlar göstermiştir. 500 ppm uygulamasında en yüksek artışlar %67,80 ile peroksidazda, %30,99 ile süperoksit dismutazda ortaya çıkmıştır (Tablo 3). Çalışmamızla uyumlu şekilde, SA ile muamele edilen balkabağında (Kusvuran ve ark., 2013), buğdayda (Yordanova ve Popova, 2007), hibrit mısırlarda (Farooq ve ark., 2008), karpuzda (Lu ve Yu, 2004), kavun ve acı baklada (El-Bahy 2002; Hua ve ark., 2008), zencefilde (Ghasemzadeh ve Jaafar, 2013) antioksidan enzimlerin (katalaz, süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz vd.) aktivasyonu teşvik edilerek donma toleransının artırıldığı bildirilmiştir.

Yoğun tarım nedeniyle abiyotik stresler daha yaygın hale gelmekte ve ekilebilir arazi talebi artmaktadır. Soğuk ya da donma stresi, kuraklık ve tuzluluk streslerinin yanı sıra tüm dünyada üretimi sınırlayan en önemli faktörlerdendir (Reyes ve Jennings, 1994). Dışsal SA uygulamalarının apoplastik proteinleri, prolin vb. osmolitleri ve antioksidan enzim aktivitelerini düzenleyerek elmada soğuk toleransını artırdığı, bununla birlikte Ulukışla M.Y.O. elma bahçesi etrafına yerleştirilen arı kovanlarına olumsuz bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Elde edilen veriler ve literatür bilgileri ışığında, dışsal SA uygulamalarının tozlaştırıcı böcekler vb. canlılara zarar vermeyerek doğal dengeyi koruması, adaptasyon, verim ve kaliteyi artırması, ekonomik olması ve basit bir metotla uygulanabilmesi nedenleriyle donma stresine karşı rahatlıkla kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu araştırmayı FEB 2012/08 numaralı proje olarak destekleyen Niğde Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne yardım ve katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Aktaş YL. 2001. *Vitis vinifera* L. cv. Sultani'de salisilik asit uygulamasının yaprak proteinleri içeriği üzerine etkileri. Doktora tezi, Ege Üniv. Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir.

- Anjum SA, Farooq M, Xie X, Liu XJ, Ijaz MF. 2012. Antioxidant defense system and proline accumulation enables hot pepper to perform better under drought. *Sci. Hort.*, 140: 66-73.
- Antikainen M, Griffith M. 1997. Antifreeze protein accumulation in freezing-tolerant cereals. *Physiol. Plant.*, 99: 423-432.
- Atıcı Ö, Nalbantoğlu B. 1999. Effect of apoplastic proteins on freezing tolerance in leaves. *Phytochemistry*, 50: 755-761.
- Atıcı Ö, Nalbantoğlu B. 2003. Antifreeze proteins in higher plants. *Phytochemistry*, 64: 1187-1196.
- Aygün A, Şan B. 2005. The late spring frost hardiness of some apple varieties at various stages of flower buds. *Ankara Üniv. Tarım Bil. Dergisi*, 11: 283-285.
- Babalar M, Asghari M, Talaei A, Khosroshahi A. 2007. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chem.*, 105: 449-453.
- Bates LS, Waldren RP, Tevre, IU. 1973. Rapid determination of free proline for waterstress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- Beauchamp C, Fridovich I. 1971. Superoxide Dismutase: Improved assay and applicable to acrylamide gels. *Anal. Biochem.*, 44: 276-287.
- Blokina O, Virolainen E, Fagerstedt K. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Ann. Bot.*, 91: 179-194.
- Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for quantation of microgram quantities of proteins utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem.*, 72: 248-250.
- El-Bahy MM. 2002. Metabolic changes, phytohormonal level and activities of certain related enzymes associated with growth of presoaked lupine seeds in salicylic and gallic acid. *Bull. Fac. Sci., Assuit Univ.*, 31: 259-270.
- El-Tayeb MA. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul.*, 45: 215-224.
- Fariduddin Q, Hayat S, Ahmda A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*, 41: 281-284.
- Farooq M, Aziz T, Basra SMA, Cheema MA, Rehman H. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. *J. of Agron. and Crop Sci.*, 194: 161-168.
- Foyer CH, Fletcher JM. 2001. Plant antioxidants: colour me healthy. *Biologist*, 48: 115-120.
- Ghasemzadeh A, Jaafar HZE. 2013. Interactive effect of salicylic acid on some physiological features and antioxidant enzymes activity in Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules*, 18: 5965-5979.
- Griffith M, Yaish MWF. 2004. Antifreeze proteins in overwintering plants: a tale of two activities. *Trends Plant Sci.*, 9: 399-405.
- Gunes A, Inal A, Alpaslan M, Eraslan F, Bagci EG, Cicek N. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J. Plant Physiol.*, 164: 728-736.
- Halliwell B, Gutteridge JMC. 1999. Free radicals in biology and medicine. Oxford University Press, New York.
- Herzog V, Fahimi H. 1973. Determination of the activity of peroxidase. *Anal. Biochemistry*, 55: 554-562.
- Hua YJ, Yuan G, Man LY, Hua QX, Fang ZM. 2008. Salicylic acid-induced enhancement of cold tolerance through activation of antioxidative capacity in watermelon. *Scientia Hort.*, 118: 200-205.
- Kacar B, Katkat V, Öztürk Ş. 2002. Bitki Fizyolojisi, Uludağ Üniv. Güçlendirme Vakfı, Yayın no: 198, Bursa, s. 493, 494, 510-513.

- Kalarani MK, Thangaraj M, Sivakumar R, Mallika V. 2002. Effects of salicylic acid on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) productivity. Crop Res. (Hisar), 23: 486-492.
- Kang G, Wang C, Sun G, Wang Z. 2003. Salicylic acid changes activities of H₂O₂-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environ. and Exp. Bot., 50: 9-15.
- Karlıdag H, Yildirim E, Turan M. 2009. Exogenous applications of salicylic acid affect quality and yield of strawberry grown under antifrost heated greenhouse conditions. J. Plant Nutr. Soil Sci., 172: 270-276.
- Kaya C, Tuna AL, Ashraf M, Altunlu H. 2007. Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. Environ. Exp. Bot., 60: 397-403.
- Kusvuran S, Ellialtıoglu S, Polat Z. 2013. Antioxidative enzyme activity, lipid peroxidation, and proline accumulation in the callus tissues of salt and drought tolerant and sensitive pumpkin genotypes under chilling stress. Hort. Environ. Biotechnol., 54: 319-325.
- Lu JF, Yu JH. 2004. Effects of SA on physiological indexes of chilling-tolerance in watermelon seedlings. J. of Gansu Agric. Univ.
- Pell EJ, Dann MS. 1991. Multiple stress and plant senescence. In: H. A. Mooney, W. E. Winner, and E. J. Pell, eds. Integrated Response of Plants to Stress, pp. 189-284, Academic Press, San Diego, CA.
- Raskin I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Molec. Biol., 43: 439-463.
- Reyes, E, Jennings PH. 1994. Response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and squash (*Cucurbita pepo* L. var. *melo pepo*) roots to chilling stress during early stages of seedling development. J. Am. Soc. Hort. Sci. 119:964-970.
- Sayyari M. 2012. Improving chilling resistance of cucumber seedlings by salicylic acid. American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci., 12: 204-209.
- Sayyari M, Ghanbari F, Fatahi S, Bavandpour F. 2013. Chilling tolerance improving of watermelon seedling by salicylic acid seed and foliar application. Not. Sci. Biol., 5(1): 67-73.
- Scandalios JG. 1993. Oxygen stress and superoxide dismutases. Plant Physiol., 101:7-12.
- Tasgin E, Atici Ö, Nalbantoglu B. 2003. Effect of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. Plant Growth Regul., 41: 231-236.
- Türkyılmaz B, Aktaş L, Güven A. 2005. *Phaseolus vulgaris* L.'te salisilik asit uyarımlı bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimler. Fırat Üniv., Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 17: 319-326.
- Witham FH, Blayles DF, Devlin RM. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp. 55-56.
- Yan DY, Cheng WP, Jia C, Peng SC. 2008. Comprehensive functional analysis of the catalase gene family in *Arabidopsis thaliana*, (Special Issue: Understanding abiotic stresses and the solution), J. Integrative Plant Biol., 5: 1318-1326.
- Yildirim E, Guvenc I, Karatas A. 2006. Effect of different number foliar salicylic acid applications on plant growth and yield of cucumber, VI. Turkey National Vegetable symposium, Kahramanmaraş, Turkey, September 19–22.
- Yordanova R, Popova L. 2007. Effect of exogenous treatment with salicylic acid on photosynthetic activity and antioxidant capacity of chilled wheat plants. Gen. Appl. Plant Physiol., 33: 155-170.
- Yu XM, Griffith M, Wiseman SB. 2001. Ethylene induces antifreeze activity in winter rye leaves. Plant Physiol., 126: 1232-1240.