



Farklı Amerikan Asma Anaçlarında Kurşun Stresi Üzerine Salisilik Asit Uygulamalarının Etkileri^A

Selda DALER^{1*}, Emine Sema ÇETİN², Salih SEREN³

Öz: Salisilik asit (SA), bitkilerde biyotik ve abiyotik stres kaynaklı birçok fizyolojik tepkiye aracılık eden önemli bir sinyal molekülüdür. Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda kurşun [Pb(NO₃)₂] stresine maruz bırakılan 5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında değişen dozlardaki SA uygulamalarının morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. Dikimden 6 hafta sonra 0, 1.0, 2.5 ve 5.0 mM dozlardaki SA, bitkilerin tüm yeşil aksamına pülverizasyon yöntemiyle; 0, 10, 25 ve 50 ppm konsantrasyonlardaki Pb(NO₃)₂, bitki kök bölgesine enjeksiyon yöntemiyle uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, farklı konsantrasyonlarda Pb(NO₃)₂ ve SA uygulamalarına yanıt olarak her üç anaçta da incelenen özellikler bakımından farklılıklar olduğunu göstermektedir. Köklenme oranı bakımından en etkili uygulamanın 5.0 mM SA konsantrasyonu olduğu belirlenirken, fiziksel zararlanma derecesi ve membran zararlanma derecesinin azaltılmasında tüm SA konsantrasyonlarının etkili olduğu tespit edilmiştir. Klorofil miktarının, 5 BB ve 1103 P anaçlarında artan SA konsantrasyonlarına paralel olarak artış gösterdiği; fenolik madde içeriğinin 5 BB ve 41 B anaçlarında 2.5 mM SA konsantrasyonunda en yüksek değere ulaştığı, prolin miktarının 5 BB anaçında, 1.0 mM; 41 B anaçında, 2.5 ve 5.0 mM; 1103 P anaçında ise 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA konsantrasyonlarında azalma

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Selda DALER, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, 66900, Erdoğan Akdağ Kampüsü, Yozgat-TÜRKİYE, selda.daler@yobu.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0422-1444](https://orcid.org/0000-0003-0422-1444)

² Emine Sema ÇETİN, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, 66900, Erdoğan Akdağ Kampüsü, Yozgat-TÜRKİYE, esema.cetin@yobu.edu.tr, [OrcID 0000-0001-7601-8491](https://orcid.org/0000-0001-7601-8491)

³ Salih SEREN, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, 66900, Erdoğan Akdağ Kampüsü, Yozgat-TÜRKİYE, salihseren10@gmail.com, [OrcID 0000-0001-9295-8619](https://orcid.org/0000-0001-9295-8619)

gösterdiği ve sürgün uzunluğunun ise 5 BB anacında, 5.0 mM SA konsantrasyonuyla en yüksek değeri aldığı belirlenmiştir. Aynı zamanda köklenme oranı ile toplam fenolik madde miktarı; fiziksel zararlanma derecesi ile klorofil miktarı ve membran zararlanma derecesi ile klorofil miktarı arasında önemli düzeyde ancak negatif yönde bir ilişki olduğu saptanmıştır. Çalışmada ekzojen SA uygulamalarının, bitkilerde $Pb(NO_3)_2$ varlığından kaynaklanan oksidatif stresi hafifletme bakımından etkili bir uygulama olduğu ve SA aktivitesinin, Amerikan asma anaçlarının türlerine bağlı olarak değişiklik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Anaç, ağır metal, asma, kurşun stresi, salisilik asit.

Effects of Salicylic Acid Application on Lead Stress in Different American Grapevine Rootstocks

Abstract: Salicylic acid (SA) is an important signalling molecule that mediates many physiological responses from biotic and abiotic stress-induced in plants. In this study, the effects on morphological, physiological and biochemical properties of varying doses of SA applications in 5 BB, 41 B and 1103 P American grapevine rootstocks exposed to different concentrations of lead [$Pb(NO_3)_2$] stress were investigated. Six weeks after planting, 0, 1.0, 2.5 and 5.0 mM doses of SA were applied onto the entire green surface of the plant by the pulverisation method; 0, 10, 25 and 50 ppm concentrations of $Pb(NO_3)_2$ were applied by the injection method to the plant root zone. The results show that there were differences in the examined properties in all three rootstocks in response to $Pb(NO_3)_2$ and SA applications at different concentrations. It was determined that the most effective application in terms of rooting rate 5.0 mM SA concentration, determined that all SA concentrations effective in reducing the degree of physical damage and the degree of membrane damage. It was found that the amount of chlorophyll increased in parallel with the rising SA concentrations in 5 BB and 1103 P rootstocks; It determined that phenolic content reached the highest value at 2.5 mM SA concentration in 5 BB and 41 B rootstocks, the amount of proline decreased in SA concentrations of 1.0 mM in 5 BB rootstocks, 2.5 and 5.0 mM in 41 B rootstocks, and 1.0, 2.5 and 5.0 mM in 1103 P rootstocks. It was determined that 5.0 mM SA concentration increased shoot length in 5 BB rootstocks. Simultaneously, it was determined that there a significant but negative correlation between rooting rate with total phenolic substance content, the degree of physical damage with the amount of chlorophyll and the degree of membrane damage with the amount of chlorophyll. In the study, it was concluded that exogenous SA applications an effective application in terms of alleviating the oxidative stress caused by the presence of $Pb(NO_3)_2$ in plants, and the activity of SA varies depending on the species of American grapevine rootstocks.

Keywords: Grapevine, heavy metal, lead stress, salicylic acid, rootstock.

Giriş

Topraklarda ağır metal kirliliği en önemli çevresel sorunlardan biridir. Ağır metallerin toprakta birikmesinin sadece toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla insan ve hayvan sağlığı üzerine de olumsuz etkileri bulunmaktadır (Özay ve Mammadov, 2013). Ağır metallerin yayılım kaynakları arasında; endüstriyel faaliyetler, kentsel atıklar, egzoz gazları, madencilik, volkanik olaylar, gübre ve pestisitlerin kullanımı da dahil olmak üzere pek çok faktör yer almaktadır (Shrivastav, 2001; Sharma ve Dubey, 2005; Seven ve ark., 2018).

Atomik yoğunluğu 6 g/cm³'ten büyük olan metal ve metaloitler grubu olarak tanımlanan ağır metallere; bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni) ve kobalt (Co), bitkilerin gelişmesi için mutlak gerekli olan mikro besin elementleri arasında yer aldıkları halde, yüksek konsantrasyonlarda fitotoksik etki göstermektedirler. Arsenik (As), cıva (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller ise bitki gelişimi için gerekli olmayıp, aksine toksik etki gösteren elementler olarak bilinmektedir (Raskin ve ark., 1994; Rascio ve Navari-Izzo, 2011).

Ağır metallerin bitki dokularındaki birikimi; mineral besin maddelerinin alımı, transpirasyon, fotosentez, enzim aktivitesi, nükleik asit yapısı, klorofil biyosentezi ve çimlenme gibi çok sayıda fizyolojik olayı olumsuz yönde etkilemektedir (Kıran ve ark., 2015). Hücresel metabolizma sırasında oluşan hidrojen peroksit, hidroksil ve süperoksit radikalleri gibi reaktif oksijen türlerinin (ROS) artışıyla birlikte, serbest radikal üretimi ve antioksidan sistem arasındaki oksidatif denge bozulmakta; bunun sonucunda oksidatif stres meydana gelmektedir (Cai ve ark., 2015). Ağır metal toksisitesine karşı bitkilerin göstermiş oldukları tolerans derecesi, bitkinin ve elementin türüne, strese maruz kalma süresine ve şiddetine, strese maruz kalan doku veya organın yapısına bağlı olarak değişmektedir (Yerli ve ark., 2020).

Toksik madde içeren ve çevresel kirlilik yaratan ağır metaller arasında ilk sırada yer alan kurşun, bitkiler tarafından bulunduğu ortamlardan absorbe edilerek, doku ve organlarda biriktirilmektedir (Nriagu, 1992). Özellikle hassas bitki türlerinin gösterdikleri birikim derecesi, kurşun yönünden zengin ortamlarda çok daha fazla olmaktadır (Singh ve ark., 1997). Kurşun toksisitesinin şiddeti; metalin absorpsiyonuna, hareketliliğine ve hücredeki bölgesel birikimine bağlı olarak değişmektedir. Kurşun toksisitesine toleransı olmayan bitkilerde, hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesi olumsuz yönde etkilenmekte, bitki su rejimi bozulmakta, stoma hareketleri yavaşlamakta ve yaprak alanı azalmaktadır (Miranda ve Ilangovan, 1996). Ayrıca yapılan çalışmalar kurşun stresinin bitkilerde; mitoz hasarı (Kıran ve Şahin, 2005), çekirdek hasarı (Liu ve ark., 1994), kök büyümesinin inhibisyonu (Maestri ve ark., 2010), enzim aktivitelerinin inhibisyonu (Van Assche ve Cliisters, 1990), kloroz (Şafak, 2011) ve fotosentezin azalmasına (Dere, 2019) yol açabileceğini bildirmektedir. Günümüzde ise kurşundan kaynaklanan toksik etki, toksisitenin nedenleri, toksisiteye karşı oluşturulan fizyolojik ve moleküler cevaplar ve genel tolerans mekanizmalarının aydınlatılmasına yönelik araştırmalar halen sürdürülmektedir (Koç ve ark., 2013).

Çevresel stres koşulları altındaki bitkilere dışsal olarak uygulanan bitki büyüme düzenleyicilerinin, içsel hormonların konsantrasyonundaki eksikliği ortadan kaldırarak stresin inhibe edici etkilerini azaltabildiği bilinmektedir (Ashraf ve Foolad, 2007; Ashraf ve ark., 2008). Bitki büyüme ve gelişmesinin düzenlenmesinde önemli bir fitohormon olarak görev yapan salisilik asit (SA), bir dizi savunma proteininin sentezlenmesi de dahil olmak üzere, bitki fizyolojisini ve metabolizmasını etkileyerek çeşitli çevresel stres faktörlerinden kaçınma ve kısmen de olsa üstesinden gelme konusunda bitkilere destek sağlamaktadır (Vicente ve Plasencia, 2011; Cai ve ark., 2015). Stres koşulları altındaki bitkilerde endojen SA seviyesi artarken; ekzojen SA uygulamalarının bitkilerde antioksidan sistem de dahil olmak üzere çeşitli fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler süreçleri doğrudan veya dolaylı olarak etkilediği bildirilmiştir (Horváth ve ark., 2007; Saruhan ve ark., 2012; Janda ve ark., 2014). Yapılan araştırmalar büyüme ve gelişmeye katkılarının yanı sıra SA uygulamalarının bitkilerde lokal ve sistemik direnci teşvik ederek, patojen enfeksiyonu gibi biyotik faktörler (Mandal ve ark., 2009) ile asma da dahil birçok farklı türde tuz stresi (El-Tayeb, 2005; Dong ve ark., 2011; Kök, 2012; Yenilmez, 2016; Ciğerli, 2018); herbisit, ozon, UV, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklık stresi (Senaratna ve ark., 2000; Borsani ve ark., 2001; Ananieva ve ark., 2004; Wang ve ark., 2010; Aydın ve Nalbantoğlu, 2011; Kadıoğlu ve ark., 2011); kadmiyum, kurşun ve diğer ağır metallere kaynaklı abiyotik stres faktörleri (Choudhury ve Panda, 2004; Hayat ve Ahmad, 2007; Krantev ve ark., 2007; Guo ve ark., 2008; Ivanova ve ark., 2008; Koç ve ark., 2013) üzerine olumlu etkilerinin bulunduğunu göstermektedir. Araştırmacılar aynı zamanda SA uygulamalarının; bitkinin türü, SA konsantrasyonu ve çevresel koşullara bağlı olarak bitki toleransını farklı derecelerde etkileyebildiklerini bildirmişlerdir (Hakimi ve Hamada, 2011; Sahar ve ark., 2011; Ghasemzadeh ve Jaafar, 2012; Agamy ve ark., 2013; Janda ve ark., 2014).

Stres kaynaklı zararlanma, geniş üretim alanına sahip ve ekonomik getirisi yüksek bitki türlerinde önemli ekonomik kayıplara yol açabilmektedir. 6.9 milyon ha bağ alanı ve 77.1 milyon ton üretim miktarı ile üzüm, dünya üzerinde ekonomik açıdan en değerli bitki türleri arasında yer almaktadır (Anonymous, 2019). Asma yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan 5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında farklı konsantrasyonlardaki kurşun stresine karşı SA uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüş bu çalışmada, bazı morfolojik (sürgün ağırlığı, sürgün uzunluğu, sürgün başına ortalama yaprak sayısı, fiziksel zararlanma derecesi ve köklenme oranı), fizyolojik (membran zararlanma derecesi ve klorofil miktarı) ve biyokimyasal (prolin miktarı ve toplam fenolik madde miktarı) özellikler incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Salisilik asit uygulamalarının farklı Amerikan asma anaçlarında kurşun stresi üzerine etkilerinin incelendiği bu araştırma, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait araştırma serası ve laboratuvarlarında yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak filoksera zararlısı nedeniyle bağcılıkta kullanımı zorunlu olan ve asma bitkisinin toprak altı aksamını oluşturan 5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarına

ait çelikler kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan bitkisel materyaller, Bursa Fidancılık Süs Bitkileri San. Tic. Ltd. Şti.'nden temin edilmiş olup, anaçlara ait özellikler aşağıda kısaca açıklanmıştır (Çelik, 1996).

-Kober 5 BB: *V. berlandieri* × *V. riparia* melezidir. Kuvvetli gelişen, vejetasyon süresi kısa, kök-ur nematodlarına ve kirece dayanımı orta derece, nemli ve kumlu topraklara iyi uyum sağlayabilen, kurak koşullara hassas bir anaçtır. Çelikleri kolay köklenir, bağda aşılama kaleminden kök oluşturma eğilimi yüksektir.

-41 B Millardet et de Grasset (41 B MGT): *V. vinifera* × *V. berlandieri* melezidir. Vejetasyon periyodu kısa, erkencilik ve yüksek verim sağlayan anaç kirece karşı çok yüksek bir dayanım gösterirken, filokseraya orta derecede toleranslı; ilkbahar yağışlarına, nematodlara, mildiyöye ve toprak tuzluluğuna karşı hassastır. Çelikleri zor köklenir, masa başı aşılama başarı oranı düşük olup, bağda aşılama daha yüksektir.

-1103 Paulsen: *V. berlandieri* × *V. rupestris* melezidir. Kuvvetli gelişen, alt katmanı killi-kireçli ve nemli topraklara iyi uyum sağlayabilen, kök-ur nematodlarına, toprak tuzluluğuna ve kirece orta derece dayanıklı bir anaçtır. Çelikleri kolay köklenir, aşı randımanı yüksektir.

Yöntem

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarına ait çelikler, 2000 ppm konsantrasyonda IBA (Indol Butirik Asit) ile hızlı daldırma uygulamasına tabi tutulduktan sonra, 15×15×18 cm ebatlarındaki siyah PE potlar içerisine, eşit hacimde steril torf: perlit (1:1) içeren ortamlara dikilmişlerdir. Dikimi tamamlanan çelikler, 25 ± 2°C sıcaklık ve uzun fotoperiyoda (16 saat aydınlık/8 saat karanlık) sahip sera koşullarında yetiştirilmişlerdir. Bitkilerde köklenme süresince düzenli sulama yapılmış, köklenmeyi takiben analizlerin yapılacağı zamana kadar sulama ve gübreleme (Hoagland besin çözeltisi) fertigasyon şeklinde uygulanmıştır. Bu amaçla kullanılan standart Hoagland besin çözeltisinin (mM) içeriği 12 N-NO₃, 3.8 N-NH₄, 2.8 P, 8.4 K, 3.5 Ca, 1.4 Mg, 9.5 Na, 8.0 Cl, 2.7 S, 0.04 Fe kimyasal kaynaklarının birleşiminden oluşturulmuştur (Alberici ve ark., 2007). Dikimden 6 hafta sonra çeliklerde yeterli sürgün gelişiminin sağlanmasıyla 0, 1.0, 2.5 ve 5.0 mM dozlarındaki SA (Merck; CAS No:69-72-7) solüsyonları bitkilerin tüm yeşil yüzeyine püskürtülmüştür. SA uygulamalarından 4 hafta sonra ise 0, 10, 25 ve 50 ppm konsantrasyonlardaki Pb(NO₃)₂ (CARLO ERBA; CAS No:10099-74-8), kök bölgesine enjeksiyon yöntemiyle uygulanmıştır. Bitkiler, Pb(NO₃)₂ uygulamasını takiben 2 hafta sonra hasat edilerek morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

Morfolojik Analizler

Sürgün ağırlığı: Her bir sürgünün ağırlığı 0,0001 g hassasiyetindeki analitik terazi yardımıyla tartılarak ortalamaları g cinsinden ifade edilmiştir.

Sürgün uzunluğu: Her bir sürgünün uç kısmından dip noktasına kadar olan mesafe bir cetvel yardımıyla ölçülerek ortalamaları cm olarak kaydedilmiştir.

Sürgün başına ortalama yaprak sayısı: Sürgünün uç kısmında bulunan tam açılmış ilk yaprak, birinci yaprak kabul edilerek dip kısma doğru tüm yapraklar sayılmış ve ortalamaları adet olarak belirlenmiştir.

Fiziksel zararlanma derecesi: Fiziksel zararlanma derecesi, Materne (1989) tarafından oluşturulan skorlama sistemi modifiye edilerek belirlenmiştir. Kurşun stresinden kaynaklanan klorotik dokulara sahip olmayan bitkiler “0 derece”, yaprak kenarlarındaki hafif saramalar “1. derece”, yaprağın %50’sinden fazlasında sararma “2. derece”, bitkinin ölümüne neden olan klorozlar ise “3. derece” olarak skorlanmıştır.

Köklenme oranı: Fidanların sökümünü takiben farklı uygulamalardan elde edilen köklü anaç sayısının, toplam anaç sayısına oranlanması ile belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir.

Fizyolojik Analizler

Membran zararlanma derecesi: Yaprak hücrelerinde membran zararlanması, stres koşulları altındaki bitki hücrelerinden dışarıya verilen elektrolitin ölçülmesi şeklinde belirlenmiştir (Fan ve Blake, 1994). Her bir uygulama grubunda bulunan yapraklardan alınan 17 mm çapındaki diskler, deiyonize su içerisinde 4 saat süreyle bekletildikten sonra EC değerleri belirlenmiş, aynı diskler 100°C’de 10 dakika bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülerek membran zararlanma derecesi (MZD) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerin ortalamaları % olarak ifade edilmiştir.

$$\%MZD=(Lt-Lc/1-Lc)\times 100$$

Lt: Stres uygulanan yaprağın otoklav öncesi EC değeri/otoklav sonrası EC değeri

Lc: Kontrol yaprağının otoklav öncesi EC değeri /otoklav sonrası EC değeri

Klorofil miktarı: Her bir sürgündeki 5 yaprağın ana damara yakın iki bölgesi portatif klorofilmetre cihazı (Konica Minolta SPAD-502) kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen değerlerin ortalamaları SPAD cinsinden ifade edilmiştir (Geravandi ve ark., 2011).

Biyokimyasal Analizler

Prolin miktarı: Örneklerde prolin miktarının belirlenmesinde Bates ve ark. (1973)’nin metodundan yararlanılmıştır. Yaklaşık 0.5 g taze yaprak örneği %3’lük sülfosalisilik asit ile homojenize edilerek santrifüjlenmiş, ardından üst fazda oluşan sıvı kısım alınarak üzerine asit ninhidrin reaktifi (2 ml 6 M ortofosforik asit içinde 0.125 g ninhidrin ve 3 ml asetik asit) eklenmiş ve 100°C’de 1 saat süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyonun hemen sonrasında buz banyosuna alınan örneklerin, toluen ile ekstrakte edilmesiyle oluşan sıvı fazdan aspire edilen toluen fraksiyonu, spektrofotometre aracılığıyla 520 nm absorbansta okunmuştur. Prolin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi yardımıyla hesaplanarak, mmol/g taze ağırlık olarak kaydedilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarı: Toplam fenolik bileşiklerin belirlenmesi amacıyla ekstraksiyon işlemi Kiselev ve ark. (2007)’nin yöntemine göre yapılmıştır. Taze asma yaprakları (~2 g) sıvı azot kullanılarak, havan ve havaneli yardımıyla iyice ezilmiş ve üzerine 10 ml etanol ilave edilerek homojenize edilmiştir. 50 °C’de 30 dk süreyle ultrasonik su banyosunda inkübasyona bırakılmış ve ardından 9000 ×g’de 5 dk süreyle santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatant yeni bir tüpe aktararak evaporatör yardımıyla etanolün uçması sağlanmış ve

kalan kısım 1 ml metanol ile çözülmüştür. Asma yapraklarının toplam fenolik içerikleri Folin Ciocalteu kolorimetrik metodu kullanılarak Singleton ve Rossi (1965)'ye göre belirlenmiştir. Absorbanslar, UV-Vis Spektrofotometre (Perkin Elmer Lambda 25) kullanılarak 765 nm dalga boyunda okunmuş ve elde edilen sonuçlar, standart gallik asit çözeltisinden hazırlanan eğri yardımıyla gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden mg/g olarak hesaplanmıştır

Deneme Deseni ve Verilerin Değerlendirilmesi

Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak, her tekerrürde 10 bitki bulunacak şekilde dizayn edilmiştir. Elde edilen sayısal veriler; IBM SPSS 20.0 paket programı kullanılarak varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ($p \leq 0.05$) kullanılmıştır. Aynı zamanda incelenen özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu araştırmada, kurşun stresine karşı farklı konsantrasyonlarda salisilik asit uygulamalarının 5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, köklenme oranı ve membran zararlanma derecesi bakımından 'anaç x SA x Pb' interaksyonu, fiziksel zararlanma derecesi ve sürgün ağırlığı bakımından 'anaç x SA' interaksyonu, prolin miktarı bakımından 'SA x Pb' interaksyonu, klorofil miktarı bakımından 'anaç x Pb' interaksyonu ve toplam fenolik madde miktarı bakımından 'anaç x SA', 'anaç x Pb' ve 'SA x Pb' interaksyonları istatistiki açıdan önemliyken; sürgün uzunluğu bakımından 'anaç', 'SA' ve 'Pb'; sürgün başına ortalama yaprak sayısı bakımından ise 'anaç' ve 'Pb' faktörleri önemli bulunmuştur.

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarının köklenme oranlarına ilişkin bulgular Çizelge 1'de sunulmuştur. Buna göre, en yüksek köklenme oranları; 5 BB anacında 0 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 0, 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA; 10 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 0 mM SA; 25 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 5.0 mM SA; 50 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0 ve 5.0 mM SA uygulamalarından elde edilirken, 41 B anacında 0 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 0, 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA; 10 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 2.5 ve 5.0 mM SA; 25 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0 ve 5.0 mM SA; 50 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0 ve 5.0 mM SA uygulamalarında belirlenmiştir. 1103 P anacında ise 0 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 0, 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA; 10 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 0, 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA; 25 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0 mM SA; 50 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 5.0 mM SA uygulamalarından elde edilmiştir (Şekil 1). Çalışma sonuçlarına benzer olarak, Verma ve Dubey (2003), çeltik bitkisinde 500 ve 1000 μM $Pb(NO_3)_2$ uygulanması sonucunda kök büyümesinin %22-42 ve sürgün büyümesinin %25 oranında azaldığını ifade etmişlerdir. Zengin ve Munzuroğlu (2004), benzer şekilde ortamda kurşun varlığının bitki kök gelişimini olumsuz yönde etkilediğini bildirirken; Choudhury ve Panda (2004) ise çeltikte Cd stresine karşı SA uygulamalarının kök büyümesi ve kök kuru ağırlığında artış sağladığını kaydetmiştir. Yenilmez (2016), tuz stresi uygulanan asma anaçlarında 3-6 mM konsantrasyonlardaki SA uygulamalarının

köklenme oranı bakımından kontrol gruplara benzer sonuç verdiğini, 9 mM konsantrasyonundaki uygulamaların ise en düşük köklenme oranıyla sonuçlandığını tespit etmiştir.

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarının fiziksel zararlanma derecelerine ilişkin bulgular Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre, en yüksek fiziksel zararlanma derecesi ortalamaları; her 3 anaç için de 0 mM salisilik asit uygulamasında tespit edilmiştir (5 BB: 1.00; 41 B: 1.45; 1103 P: 1.65). Bununla birlikte her 3 anaç için de artan salisilik asit konsantrasyonlarının fiziksel zararlanma derecesini azalttığı belirlenmiştir. En yüksek fiziksel zararlanma derecesi ortalamaları 1103 P anacında, 0 mM ve 1.0 mM salisilik asit konsantrasyonları için sırasıyla 1.65 ve 1.20 iken; 41 B anacında, 0 ve 1.0 mM salisilik asit konsantrasyonlarında sırasıyla 1.45 ve 1.00 ve 5 BB anacında, 0 mM konsantrasyonda 1.00 olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Salisilik asit konsantrasyonlarının aksine, her üç anaç için de artan $Pb(NO_3)_2$ konsantrasyonlarının fiziksel zararlanma derecesini arttırdığı belirlenmiştir. 5BB anacında 0, 10, 25 ve 50 ppm $Pb(NO_3)_2$ konsantrasyonunda fiziksel zararlanma derecesi ortalamaları sırasıyla 0.55, 0.50, 0.70 ve 0.60, 41 B anacında 0.85, 0.65, 0.85 ve 1.25, 1103 P anacında 0.65, 0.85, 0.80 ve 0.90 olarak saptanmıştır. Çalışma sonuçlarına benzer olarak; Pal ve ark. (2002), Cd stresi altındaki mısır bitkisinde 0.5 mM SA uygulamasının bitkilerdeki fiziksel zararlanmayı kontrol gruplara göre azalttığını bildirirken; Kök (2012), tuz stresi altındaki 5 BB, SO_4 ve 140 Ru asma anaçlarında SA uygulanan anaçların sürgün ve yapraklarında tuz zararının daha düşük oranlarda ortaya çıktığını tespit etmiştir. Yenilmez (2016), tuz stresine karşı artan SA dozlarıyla birlikte asma yapraklarındaki fiziksel zararlanma derecesinin azaldığını belirlemiş, Ciğerli (2018) ise tuz stresi altındaki 41 B ve 1103 P anaçlarında en yüksek düzeyde zararlanmanın SA uygulaması yapılmayan kontrol bitkilerde gözlemlendiğini bildirmiştir.

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarının sürgün ağırlıklarına ilişkin bulgular Çizelge 3’te yer almaktadır. Buna göre, 5 BB’nin sürgün ağırlığı ortalamaları bakımından en yüksek değere (5.60 g) sahip anaç olduğu belirlenirken, 41 B’nin sürgün ağırlığı bakımından en düşük ortalama değeri (4.43 g) taşıdığı ve 1103 P ile (4.78 g) aynı istatistik grup içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Farklı $Pb(NO_3)_2$ konsantrasyonlarına karşı SA uygulamalarının ise 5 BB, 41 B ve 1103 P anaçlarında sürgün ağırlığı yönünden önemli farklılıklara neden olmadığı belirlenmiştir (Şekil 3). Bulgularımıza benzer şekilde Yenilmez (2016) de, farklı SA konsantrasyonlarının tuz stresi altındaki 41 B, 110 R ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında sürgün yaş ağırlıkları bakımından etkili olmadığını saptamıştır. Ayrıca, Ciğerli (2018) tarafından da, SA uygulamalarının in vitro koşullarda tuz stresine maruz bırakılan 41 B ve 1103 P anaçlarının sürgün yaş ağırlıklarını arttırması bakımından istatistiki olarak önemli bir farklılığa neden olmadığı tespit edilmiştir. Sonuçlarımıza paralel olarak Akpınar ve ark. (2021), Cd stresi uygulanan ıspanakta yaş ve kuru ağırlık bakımından herhangi bir değişikliğin tespit edilmediğini bildirmişlerdir. Yapılan bazı araştırmalarda da çeşitli bitkilerde kurşun stresi altında büyüme inhibisyonunun meydana geldiği ve bu semptomların kurşun maruziyeti altında makro elementlerin (özellikle K, P, Ca ve Mg) alım kabiliyetlerinin azalmasına atfedilebileceği bildirilmektedir (Mesmar ve Jaber, 1991; Kosobrukhov ve ark., 2004; Akıncı ve ark., 2010; Lamhamdi ve ark., 2013; Kıran ve ark., 2015).

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarının sürgün uzunluklarına ilişkin bulgular Çizelge 4’te sunulmuştur. Buna göre, 5 BB anacı hariç diğer anaçların farklı konsantrasyonlardaki SA ortalamaları arasında istatistiki açıdan bir farklılık bulunmamıştır. 5 BB anacında sürgün uzunluklarına ait en yüksek ortalama

değerlerin 5.0 mM salisilik asit konsantrasyonundan elde edildiği (28.08 cm) belirlenmiştir (Şekil 4). Sürgün uzunluklarına ilişkin en düşük ortalama değerlerin elde edildiği 0 mM salisilik asit uygulaması (21.90 cm), 1.0 ve 2.5 mM salisilik asit konsantrasyonları ile aynı istatistik grup içerisinde yer almıştır. Çalışmada aynı zamanda artan $Pb(NO_3)_2$ konsantrasyonlarının 5BB anacında sürgün uzunluğunu ortalamalarını azalttığı belirlenmiştir. 0 ppm $Pb(NO_3)_2$ konsantrasyonunda 28.18 cm; 10 ppm $Pb(NO_3)_2$ 'de 25.00 cm, 25 ppm $Pb(NO_3)_2$ 'de 24.05 cm ve 50 ppm $Pb(NO_3)_2$ 'de 24.13 cm olarak saptanmıştır. Bulgularımızla uyumlu olarak Ciğerli (2018), 41 B ve 1103 P anaçlarında tuz stresine karşı farklı SA dozlarının mikro çeliklerin sürgün uzunlukları üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığını ifade etmiştir. Yenilmez (2016), tuz stresi uygulanan asma anaçlarında; Metwally ve ark. (2003) ise kadmiyum stresi altındaki arpa bitkisinde SA uygulamalarının sürgün uzunluğunu arttırdığını bildirmişlerdir. Guo ve ark. (2008), çeltik bitkisinde sürgünlerin büyümesi üzerine kadmiyumun neden olduğu olumsuz etkilerin SA ön muamelesi ile hafifletilebileceğini tespit etmişlerdir.

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarının sürgün başına ortalama yaprak sayılarına ilişkin bulgular Çizelge 5'te verilmiştir. Buna göre, 41 B'nin ortalama yaprak sayısı bakımından en düşük ortalama değere (4.70 adet) sahip olduğu belirlenirken, 1103 P'in en yüksek ortalama değeri (8.21 adet) taşıdığı ve 5 BB ile (5.70 adet) aynı istatistik grup içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamalarının ise istatistiki açıdan önemli bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir (Şekil 5). Bulgularımıza benzer şekilde Ciğerli (2018), tuzluluk stresine karşı farklı dozlardaki SA uygulamalarının 41 B ve 1103 P anaçlarına ait mikro çeliklerdeki yaprak sayısı üzerine uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılık göstermediğini bildirirken, Yenilmez (2016) ise 41 B, 110 R ve 1103 P asma anaçlarında tuz stresine karşı SA uygulamalarının sürgünlerdeki ortalama yaprak sayısını arttırdığını belirlemiştir.

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarının membran zararlanmalarına ilişkin bulgular Çizelge 6'da yer almaktadır. Buna göre, en fazla membran zararlanması; her 3 anaç için de 50 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 0 mM SA uygulamasından elde edilmiştir. 41 B anacında, 10 ve 25 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 0 mM SA uygulamaları da en fazla membran zararlanmasının gözlemlendiği istatistik grup içerisinde yer almıştır. En az membran zararlanması ise 5 BB anacında 0 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA; 10 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA; 25 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA; 50 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0 mM SA uygulamalarında tespit edilirken, 41 B anacında 25 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0 ve 5.0 mM SA uygulamalarında belirlenmiş, 1103 P anacında ise 0 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 0, 1.0 ve 5.0 mM SA; 10 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0 ve 5.0 mM SA; 25 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0 mM SA; 50 ppm $Pb(NO_3)_2$ ile 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA uygulamalarından elde edilmiştir (Şekil 6). Bulgularımıza benzer olarak yapılan farklı araştırmalar, SA ön uygulamasının çeltikte kurşun ve cıvadan kaynaklanan; mısır ve arpada kadmiyum toksisitesinin neden olduğu membran zararlanmasını azaltıcı etki gösterdiğini bildirmektedir (Janda ve ark., 1999; Pal ve ark., 2002; Metwally ve ark., 2003). Krantev ve ark. (2007) mısırdaki Cd stresine karşı SA uygulamasının membran zararlanma derecesini önemli oranda düşürdüğünü; El-Tayeb (2005) ise NaCl stresi altındaki arpa bitkisinde SA uygulamalarının elektrolit sızıntısını önemli derecede azaltarak membran bütünlüğünü koruyucu etki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarının klorofil miktarlarına ilişkin bulgular Çizelge 7'de sunulmuştur. Buna göre, klorofil miktarı bakımından her 3 anaçın da farklı dozlardaki salisilik asit

uygulamalarına ve değişen kurşun konsantrasyonlarına göre farklı tepkiler gösterdikleri belirlenmiştir. 5 BB, 41 B ve 1103 P anaçlarında en düşük klorofil miktarı ortalamaları 0 mM salisilik asit uygulamalarından, sırasıyla; 17.62, 16.37 ve 13.69 olarak elde edilmiştir (Şekil 7). Salisilik asit konsantrasyonları dikkate alınmaksızın her 3 anaçta da değişen $Pb(NO_3)_2$ konsantrasyonları ile birlikte klorofil miktarlarının anaçlara göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. 5BB anacında 0, 10, 25 ve 50 ppm $Pb(NO_3)_2$ konsantrasyonunda klorofil miktarı ortalamaları sırasıyla 20.15, 20.27, 21.05 ve 17.09; 41 B anacında 21.25, 21.39, 21.32 ve 19.83; 1103 P anacında 17.30, 18.27, 21.18 ve 19.63 olarak saptanmıştır. Bulgularımıza benzer olarak, önceki çalışmalar da, kurşunun bitki doku ve organlarında aşırı birikiminin çeşitli bitkilerde klorofil biyosentezinin engellenmesine yol açtığını göstermiştir (Sengar ve Pandey, 1996; Zengin ve Munzuroğlu, 2005; Haider ve ark., 2006; Akıncı ve ark., 2010; Lamhamdi ve ark., 2013; Kıran ve ark., 2015). Bununla birlikte Metwally ve ark. (2003), salisilik asit uygulamasının Cd stresine maruz bırakılan arpa yapraklarında klorofil miktarını arttırdığını bildirirken, Krantev ve ark. (2007) mısır bitkisinde Cd stresine karşı SA uygulamasının oksidatif stresi azaltarak fotosentezi arttırdığını ifade etmişlerdir. Koç ve ark. (2013), domateste kadmiyum stresine karşı SA uygulamalarının klorofil a ve b içeriği bakımından artış sağladığını gözlemlerken; Yenilmez (2016) ise SA'nın tuz stresi uygulanan Amerikan asma anaçlarında toplam klorofil miktarını arttırdığını tespit etmiştir.

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarının prolin miktarlarına ilişkin bulgular Çizelge 8'de verilmiştir. Buna göre, kurşun stresine maruz bırakılan her 3 anaç da değişen konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamalarına karşı prolin miktarı bakımından farklı tepkiler göstermiştir. En düşük prolin miktarı ortalamaları, 5 BB anacında 1.0 mM salisilik asit uygulamasında (0.026 $\mu\text{mol/g}$) tespit edilirken; 41 B'de 2.5 ve 5.0 mM salisilik asit uygulamalarından (sırasıyla 0.025 ve 0.026 $\mu\text{mol/g}$) ve 1103 P anacında ise 1.0, 2.5 ve 5.0 mM salisilik asit uygulamalarından (sırasıyla 0.024, 0.023 ve 0.023 $\mu\text{mol/g}$) elde edilmiştir (Şekil 8). Yapılan çalışmalar, bitkilerde ağır metal gibi stres durumlarında prolin birikiminin genellikle arttığını (Verbruggen ve Hermans, 2008; Vernay ve ark., 2008; Demirevska ve ark., 2010; Lamhamdi ve ark., 2011) ve prolinin reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonunda görev alarak bitkisel stresi azalttığını göstermektedir (Siripornadulsil ve ark., 2002). Lamhamdi ve ark. (2013), buğday ve ıspanak yapraklarında prolin içeriğinin artan kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak arttığını bildirirken, Krantev ve ark. (2007), mısırdaki kadmiyum stresinin prolin artışına neden olduğunu bildirerek, SA uygulamalarının prolin sentezini azalttığını kaydetmişlerdir. Koç ve ark. (2013), $CdCl_2$ stresine karşı SA uygulamalarının domateste prolin artışına neden olarak bitki savunma mekanizmasını devreye soktuğunu ifade etmiştir. Bulgularımızla uyumlu olarak Zanganeh ve ark. (2019) mısırdaki Pb stresine ve Mostafa ve ark. (2015) çeltikte tuz stresine karşı SA uygulamalarının bitkilerdeki prolin birikimini azalttığını gözlemlenmişlerdir. Prolin, kurşun toksisitesine karşı spesifik olmayan savunma sistemlerinin bir bileşeni olup stres koşulları altında metal şelatör ve protein stabilizatörü olarak hareket ederek metal toksisitesini azaltmaktadır (Sharma ve Dubey, 2005; Lamhamdi ve ark., 2013).

5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarının toplam fenolik madde miktarlarına ilişkin bulgular Çizelge 9'da yer almaktadır. Buna göre, toplam fenolik madde miktarları bakımından her 3 anaç da farklı dozlardaki salisilik asit uygulamalarına ve değişen kurşun konsantrasyonlarına karşı farklı tepkiler gösterdikleri belirlenmiştir. 5 BB ve 41 B anaçlarında en yüksek fenolik madde miktarı ortalamaları 2.5 mM salisilik asit

uygulamalarından, sırasıyla; 22.11 ve 10.50 mg/g olarak elde edilirken; 1103 P anacında ise en yüksek ortalamalar 0 ve 2.5 mM salisilik asit uygulamalarında, sırasıyla; 12.43 ve 12.41 mg/g olarak belirlenmiştir (Şekil 9). Kısa ve ark. (2019), 50 ppm Pb stresine maruz bırakılan domates yapraklarında toplam fenolik madde içeriğinin 10 ve 20 ppm gruplarına kıyasla önemli ölçüde artış gösterdiğini bildirmişler; Alamer ve Fayed (2020), 1.0 ve 2.0 mM Pb stresine maruz bırakılan maydanoz yapraklarında toplam fenolik bileşiklerin kontrole kıyasla tüm uygulamalarda önemli ölçüde arttığını, SA uygulamalarınınsa bulgularımızla paralel olarak Pb stresine yanıt olarak toplam fenolik içeriği önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Ağır metal stresine karşı bitki savunma sistemlerinin birincil tepkileri, serbest radikallerin üstesinden gelmek için antioksidan sistemleri devreye sokarak fenolik asitler, flavonoidler, kumarinler ve linyinler dahil olmak üzere çeşitli sekonder metabolitleri sentezlemeleridir (Gratão ve ark., 2005; Sanchez-Rodriguez ve ark., 2011). Fenolik bileşikler, bitkilerde oldukça yaygın olarak bulunan ve çevresel stres altında bitkilerde hücrel redoks dengesini sağlamak için serbest radikal süpürücüler olarak görev yapan ve hücreleri oksidatif stresten koruyan metabolik değişikliklerin ürünleri ve sekonder metabolitlerin ana gruplarından biri olarak kabul edilmektedir (Mustafa ve Verpoorte, 2007; Król ve ark., 2014; Mittler, 2017; Soares ve ark., 2019). Bitkilerin fenolik madde içerikleri genotipe, bitkinin yaşına, dokuya, mevsime ve strese maruz kalma süresine bağlı olarak değişmektedir (Amarowicz ve ark., 2010; Yuan ve ark., 2010; Petridis ve ark., 2012; Sartor ve ark., 2013; Waśkiewicz ve ark., 2013; Król ve ark., 2015). Bununla birlikte ağır metal stresi altındaki bitkilerin tepki olarak fenolik bileşiklerini değiştirdiği yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur (Bhattacharya ve ark., 2010; Cheynier, 2012; Elguera ve ark., 2013; Król ve ark., 2014; Bautista ve ark., 2016; Kisa ve ark., 2019).

Çizelge 1. Farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat ile SA uygulamalarının 5 BB, 41 B, 1103 P anaçlarında köklenme oranı (%) üzerine etkileri

Anaç	Salisilik Asit (mM)																		Ort.						
	0						1.0						2.5							5.0					
	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25		50	Ort.				
	Pb(NO ₃) ₂ (ppm)																								
5 BB	96,67 a	70,00 af	60,00 bf	60,00 bf	71,67 A	80,00 ad	46,67 df	40,00 ef	73,33 ae	60,00 B	90,00 ab	40,00 ef	36,67 f	40,00 ef	51,67 C	63,33 af	50,00 cf	80,00 ad	83,33 ac	69,67 A	63,13 B				
41 B	90,00 ac	60,00 ce	56,67 de	43,33 e	62,50 C	80,00 ad	66,67 be	96,67 ab	86,67 ac	82,50 B	90,00 ac	90,00 ac	40,00 e	36,67 e	64,17 C	90,00 ac	76,67 ad	100,0 a	86,67 ac	88,34 A	74,38 A				
1103 P	96,67 ab	93,33 ab	73,33 b	33,33 d	74,17 BC	96,67 ab	100,0 a	80,00 ab	50,00 bd	81,67 B	86,67 ab	90,00 ab	43,33 cd	40,00 d	65,00 C	100,0 a	96,67 ab	50,00 bd	96,67 ab	85,84 A	76,67 A				

Pb(NO₃)₂: Kurşun Nitrat

* Aynı satırda küçük harf ile gösterilen ortalamalar aynı anaçta farklı uygulamaları, büyük harf ile gösterilen ortalamalar ise farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir (p≤0.05).

Çizelge 2. Farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat ile SA uygulamalarının 5 BB, 41 B, 1103 P anaçlarında fiziksel zararlanma derecesi (0-3 skalası) üzerine etkileri

Anaç	Salisilik Asit (mM)																		Ort.						
	0						1.0						2.5							5.0					
	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25		50	Ort.				
	Pb(NO ₃) ₂ (ppm)																								
5 BB	0,80 ac	0,80 ac	1,00 ab	1,40 a	1,00 A	0,60 ac	0,60 ac	1,40 a	0,40 bc	0,75 B	0,20 bc	0,20 bc	0,00 c	0,40 bc	0,20 C	0,60 ac	0,40 bc	0,40 bc	0,20 bc	0,40 C	0,59 C				
41 B	1,00 bd	1,20 bc	1,40 b	2,20 a	1,45 A	1,20 bc	0,80 bd	1,00 bd	1,00 bd	1,00 AB	0,40 cd	0,40 cd	0,80 bd	1,20 bc	0,70 B	0,80 bd	0,20 d	0,60 bd	0,45 C	0,90 A	0,90 A				
1103 P	1,00 bc	1,80 ab	1,80 ab	2,00 a	1,65 A	1,00 bc	1,00 bc	1,40 ab	1,40 ab	1,20 A	0,40 cd	0,20 cd	0,00 d	0,00 d	0,15 B	0,20 cd	0,40 cd	0,00 d	0,20 cd	0,20 B	0,80 B				

Pb(NO₃)₂: Kurşun Nitrat

* Aynı satırda küçük harf ile gösterilen ortalamalar aynı anaçta farklı uygulamaları, büyük harf ile gösterilen ortalamalar ise farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir (p≤0.05).

Çizelge 3. Farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat ile SA uygulamalarının 5 BB, 41 B, 1103 P anaçlarında sürgün ağırlığı (g) üzerine etkileri

Anaç	Salisilik Asit (mM)																		Ort.						
	0						1.0						2.5							5.0					
	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25		50	Ort.				
	Pb(NO ₃) ₂ (ppm)																								
5 BB	5,11 ab	4,97 b	4,50 b	4,24 b	4,71 A	6,27 ab	5,46 ab	5,59 ab	6,20 ab	5,88 A	7,48 a	4,51 b	4,94 b	5,33 ab	5,57 A	6,34 ab	5,74 ab	6,46 ab	6,38 ab	6,23 A					
41 B	5,38 a	5,24 a	5,16 ab	4,99 ab	5,19 A	4,44 ab	2,98 bc	5,16 ab	5,26 a	4,46 A	2,07 c	4,32 ab	3,75 ac	4,97 ab	3,78 A	4,18 ab	4,67 ab	3,62 ac	4,62 ab	4,43 B					
1103 P	5,09 ac	5,04 ac	4,82 ac	3,76 bc	4,68 A	4,39 ac	4,95 ac	5,43 ac	6,53 a	5,33 A	4,10 ac	4,80 ac	6,42 a	6,04 a	5,34 A	3,31 c	4,18 ac	4,08 ac	3,58 bc	3,79 A					

Pb(NO₃)₂: Kurşun Nitrat

* Aynı satırda küçük harf ile gösterilen ortalamalar aynı anaçta farklı uygulamaları, büyük harf ile gösterilen ortalamalar ise farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir (p≤0.05).

Çizelge 4. Farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat ile SA uygulamalarının 5 BB, 41 B, 1103 P anaçlarında sürgün uzunluğu (cm) üzerine etkileri

Anaç	Salisilik Asit (mM)																		Ort.						
	0						1.0						2.5							5.0					
	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25		50	Ort.				
	Pb(NO ₃) ₂ (ppm)																								
5 BB	25,70 a	23,00 a	18,70 a	20,20 a	21,90 B	25,80 a	26,30 a	28,20 a	23,20 a	25,88 B	30,60 a	21,80 a	23,10 a	26,50 a	25,50 B	30,60 a	28,90 a	26,20 a	26,60 a	28,08 A					
41 B	18,80 a	16,60 ab	16,40 ab	11,25 ac	15,76 A	10,20 bc	7,80 c	15,80 ac	14,80 ac	12,15 A	10,70 ac	9,90 bc	13,50 ac	12,60 ac	11,68 A	14,10 ac	14,98 ac	11,10 ac	14,10 ac	13,29 C					
1103 P	34,70 a	26,60 a	27,84 a	26,00 a	28,79 A	27,60 a	32,70 a	34,60 a	35,90 a	32,70 A	27,30 a	32,10 a	32,70 a	33,40 a	31,38 A	24,80 a	28,20 a	29,90 a	24,90 a	26,95 A					

Pb(NO₃)₂: Kurşun Nitrat

* Aynı satırda küçük harf ile gösterilen ortalamalar aynı anaçta farklı uygulamaları, büyük harf ile gösterilen ortalamalar ise farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir (p≤0.05).

Çizelge 5. Farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat ile SA uygulamalarının 5 BB, 41 B, 1103 P anaçlarında sürgün başına ortalama yaprak sayısı (adet) üzerine etkileri

Anaç	Salisilik Asit (mM)																		Ort.															
	0						1.0						2.5							5.0														
	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25		50	Ort.	0	10	25	50	Ort.								
	Pb(NO ₃) ₂ (ppm)																																	
5 BB	6,00 ab	5,60 ab	5,40 ab	5,60 ab	5,65 A	5,60 ab	6,40 a	5,60 ab	5,60 ab	5,80 A	6,20 a	4,60 b	5,40 ab	5,80 ab	5,50 A	5,80 ab	5,80 ab	6,00 ab	5,80 ab	5,70 AB	9,40 ab	9,20 ac	6,80 bc	6,60 c	8,00 A	8,80 ac	8,80 ac	7,40 ac	7,70 A	7,80 ac	8,40 ac	8,40 ac	8,35 A	8,21 A
41 B	5,20 ab	5,00 ac	5,20 ab	4,60 ac	5,00 A	5,20 ab	4,20 bc	5,00 ac	5,60 a	5,00 A	3,80 c	4,00 bc	4,40 ac	4,80 ac	4,25 A	4,20 bc	4,60 ac	4,80 ac	4,60 ac	4,70 B	9,40 ab	9,20 ac	6,80 bc	6,60 c	8,00 A	8,80 ac	8,80 ac	7,40 ac	7,70 A	7,80 ac	8,40 ac	8,40 ac	8,35 A	8,21 A
1103 P	9,40 ab	9,20 ac	6,80 bc	6,60 c	8,00 A	8,80 ac	8,80 ac	7,40 ac	7,70 A	7,80 ac	8,40 ac	8,40 ac	7,80 ac	7,20 ac	7,70 A	7,80 ac	8,40 ac	8,40 ac	8,35 A	8,21 A														

Pb(NO₃)₂: Kurşun Nitrat

* Aynı satırda küçük harf ile gösterilen ortalamalar aynı anaçta farklı uygulamaları, büyük harf ile gösterilen ortalamalar ise farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir (p≤0.05).

Çizelge 6. Farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat ile SA uygulamalarının 5 BB, 41 B, 1103 P anaçlarında membran zararlanma derecesi (%) üzerine etkileri

Anaç	Salisilik Asit (mM)																		Ort.																						
	0						1.0						2.5							5.0																					
	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25	50	Ort.	0	10	25		50	Ort.	0	10	25	50	Ort.															
	Pb(NO ₃) ₂ (ppm)																																								
5 BB	14,95 b	15,14 b	16,27 b	20,18 a	16,64 A	10,73 cd	9,54 d	8,51 d	9,10 d	9,47 B	10,46 d	11,03 cd	11,28 cd	16,08 b	12,21 AB	9,53 d	10,97 cd	8,79 d	13,79 bc	12,27 A	14,78 b	14,78 b	16,67 ab	17,16 a	16,30 A	14,93 b	11,55 d	9,96 ef	13,66 bc	12,53 B	11,45 d	11,79 d	11,91 d	11,18 de	10,75 de	11,77 d	8,97 f	13,21 c	11,18 B	12,89 A	
41 B	14,78 b	14,78 b	16,67 ab	17,16 a	16,30 A	14,93 b	11,55 d	9,96 ef	13,66 bc	12,53 B	11,45 d	11,79 d	11,91 d	11,18 de	11,58 B	10,75 de	11,77 d	8,97 f	13,21 c	11,18 B	11,04 cf	13,00 bc	14,72 b	18,79 a	14,39 A	10,30 df	11,31 cf	10,04 df	9,52 ef	10,29 B	11,85 ce	12,43 bd	11,87 ce	9,49 ef	11,41 B	9,28 f	11,66 cf	14,29 b	9,74 ef	11,24 B	11,83 B
1103 P	11,04 cf	13,00 bc	14,72 b	18,79 a	14,39 A	10,30 df	11,31 cf	10,04 df	9,52 ef	10,29 B	11,85 ce	12,43 bd	11,87 ce	9,49 ef	11,41 B	9,28 f	11,66 cf	14,29 b	9,74 ef	11,24 B																					

Pb(NO₃)₂: Kurşun Nitrat

* Aynı satırda küçük harf ile gösterilen ortalamalar aynı anaçta farklı uygulamaları, büyük harf ile gösterilen ortalamalar ise farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir (p≤0.05).

Çizelge 7. Farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat ile SA uygulamalarının 5 BB, 41 B, 1103 P anaçlarında klorofil miktarı (SPAD) üzerine etkileri

Anaç	Salisilik Asit (mM)																		Ort.						
	0						1.0						2.5							5.0					
	0	10	25	50	Ort.		0	10	25	50	Ort.		0	10	25	50	Ort.			0	10	25	50	Ort.	
5 BB	18,60	19,07	18,80	14,00 c	17,62 B	20,40	21,20	23,80 a	21,20	17,83	18,33	20,81 A	19,40	21,17	19,67	19,64 A	23,27	18,80	23,03	16,87	20,49	20,10	21,60	20,95 A	
	20,60	14,53 b	14,53 b	15,80 b	16,37 B	24,97 a	22,33 a	23,23 a	20,63	22,79 A	19,20	24,87 a	25,27 a	22,80 a	23,04 A	20,23	23,83 a	22,23 a	20,10	21,60	20,95 A				
1103 P	14,47	14,03	13,53	12,73 e	13,69 B	18,50	24,27	19,03	24,27	24,23	17,77	21,51 A	18,23	26,50 a	21,57	21,02 A	18,47	21,77	20,43	20,0 bd	20,17	20,17	20,17	19,10 B	
	ce	ce	de			be	ab	be	ab	ab	be	ab	be	ac	ab	ac	bc	ab	ac		A	A	A		

Pb(NO₃)₂: Kurşun Nitrat

* Aynı satırda küçük harf ile gösterilen ortalamalar aynı anaçta farklı uygulamaları, büyük harf ile gösterilen ortalamalar ise farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir (p≤0.05).

Çizelge 8. Farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat ile SA uygulamalarının 5 BB, 41 B, 1103 P anaçlarında prolin miktarı (µmol/g) üzerine etkileri

Anaç	Salisilik Asit (mM)																		Ort.						
	0						1.0						2.5							5.0					
	0	10	25	50	Ort.		0	10	25	50	Ort.		0	10	25	50	Ort.			0	10	25	50	Ort.	
5 BB	0,034	0,031	0,037	0,041 a	0,036 A	0,023 c	0,026	0,026	0,027	0,030	0,026 B	0,035	0,029	0,038	0,024	0,031 A	0,032	0,029	0,031 ac	0,022 c	0,028	0,030 A			
	0,021 b	0,033	0,029	0,042 a	0,031 A	0,023	0,021 b	0,039	0,038	0,030 A	0,022 b	0,027	0,029	0,025 ab	0,023 b	0,025 B	0,024	0,034	0,025 ab	0,021 b	0,026	0,028			
1103 P	0,027	0,030	0,031	0,035 a	0,031 A	0,025	0,023	0,030	0,030	0,017 c	0,024 B	0,022	0,024	0,024	0,019	0,023 B	0,019	0,023	0,027 ac	0,020 bc	0,023	0,025 B			
	ac	ab	ab			ac	ac	ac	ac	ac	ac	ac	ac	ac	bc	ac	bc	ac		B	B	B			

Pb(NO₃)₂: Kurşun Nitrat

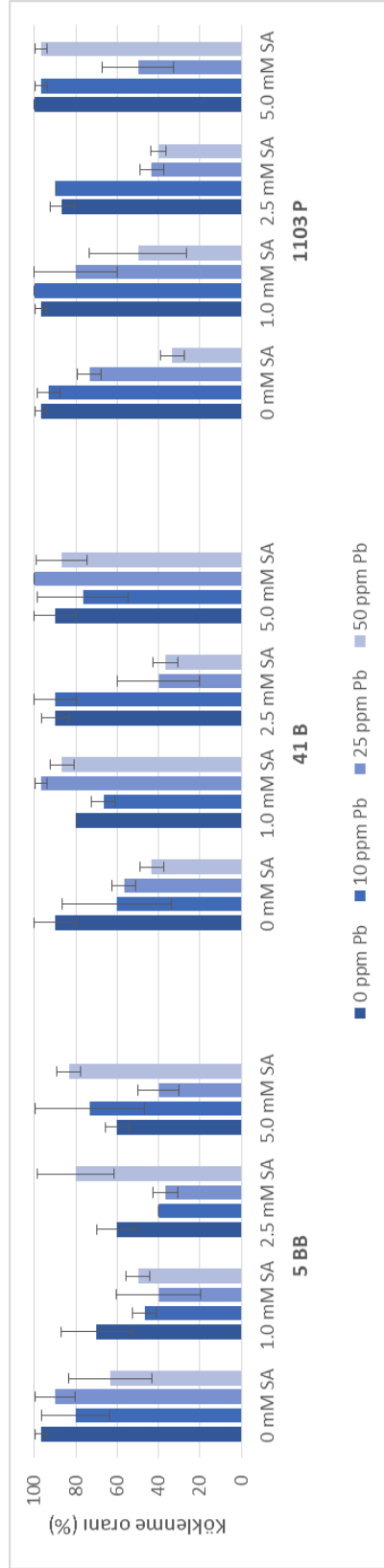
* Aynı satırda küçük harf ile gösterilen ortalamalar aynı anaçta farklı uygulamaları, büyük harf ile gösterilen ortalamalar ise farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir (p≤0.05).

Çizelge 9. Farklı konsantrasyonlarda kurşun nitrat ile SA uygulamalarının 5 BB, 41 B, 1103 P anaçlarında toplam fenolik madde miktarı (mg/g) üzerine etkileri

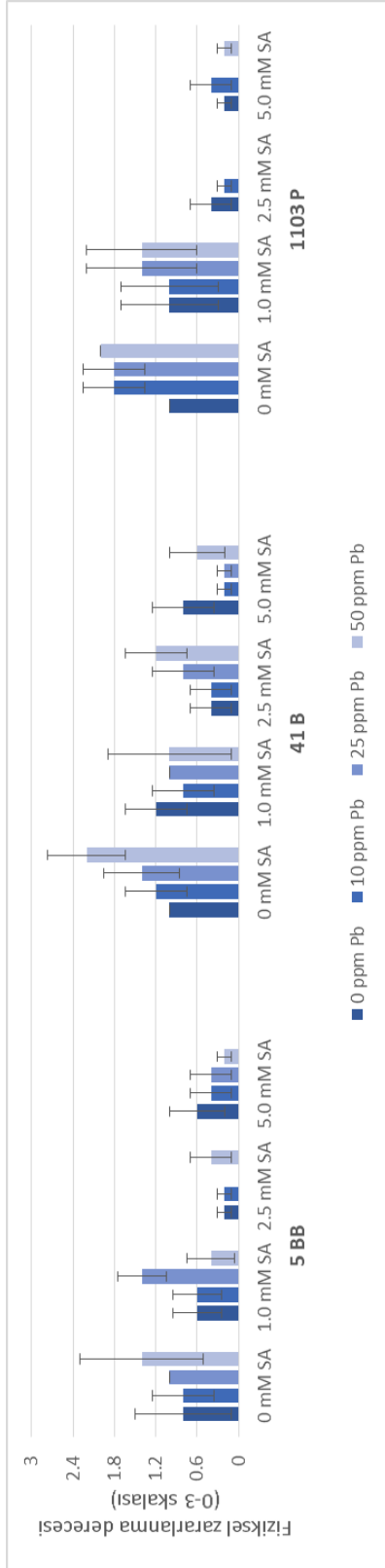
Anaç	Salisilik Asit (mM)																		Ort.							
	0						1.0						2.5							5.0						
	0	10	25	50	Ort.		0	10	25	50	Ort.		0	10	25	50	Ort.			0	10	25	50	Ort.		
	Pb(NO ₃) ₂ (ppm)																									
5 BB	4,64 h	7,59 g	12,58 ef	20,62 bc	11,36 B	17,55 d	12,48 ef	7,55 g	6,99 g	11,14 B	23,83 a	19,16 cd	21,40 b	24,06 a	22,11 A	14,57 e	13,95 e	11,39 f	10,89 f	12,70 B	14,33 A					
41 B	4,44 cd	9,45 ab	6,92 bc	11,04 a	7,96 B	4,13 cd	5,58 cd	7,47 bc	7,07 bc	6,06 B	7,07 bc	11,22 a	11,15 a	12,54 a	10,50 A	7,57 bc	7,65 bc	6,69 bc	2,42 d	6,08 B	7,65 C					
1103 P	8,80 gi	11,98 ce	14,21 ab	14,73 a	12,43 A	9,52 fh	10,42 eg	9,38 fh	7,91 hi	9,31 B	14,21 ab	12,60 bd	13,11 ac	9,72 fh	12,41 A	12,57 bd	10,96 df	7,03 i	8,57 gi	9,78 B	10,98 B					

Pb(NO₃)₂: Kurşun Nitrat

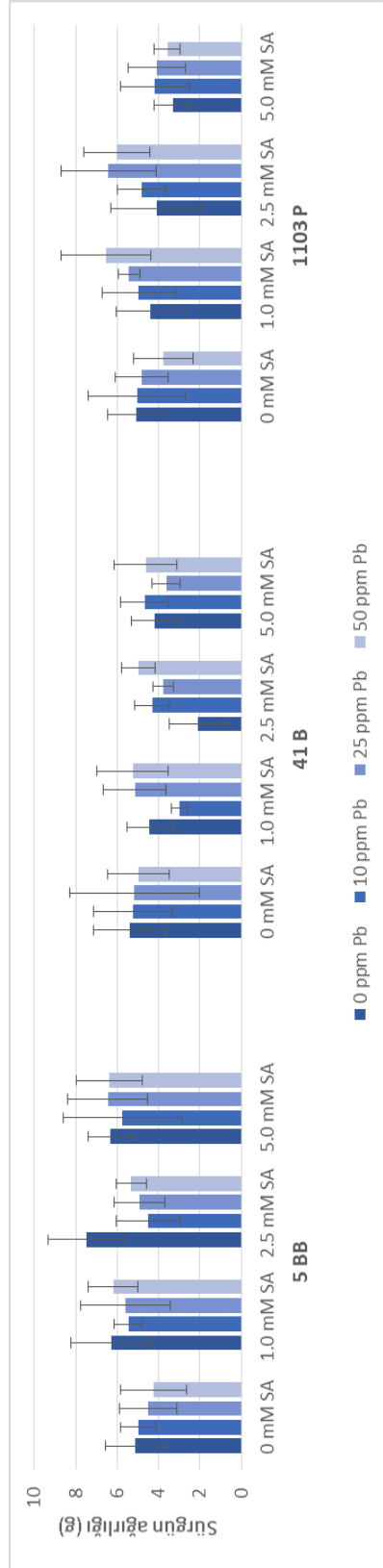
* Aynı satırda küçük harf ile gösterilen ortalamalar aynı anaçta farklı uygulamalar, büyük harf ile gösterilen ortalamalar ise farklı konsantrasyonlardaki salisilik asit uygulamaları arasındaki farklılıklar göstermektedir (p≤0.05).



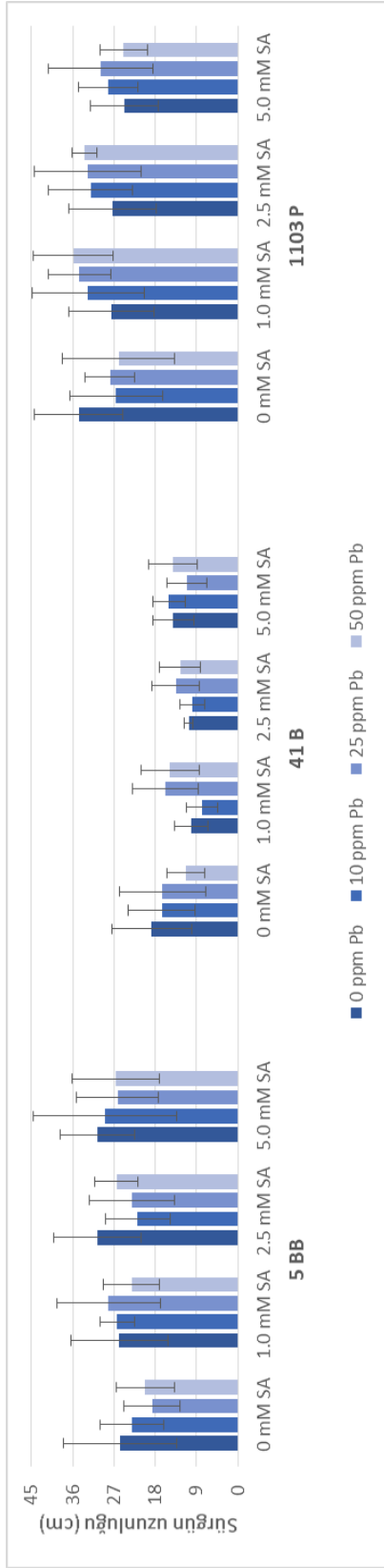
Şekil 1. Pb(NO₃)₂ stresine karşı farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Amerikan asma anaçlarında köklenme oranı üzerine etkileri



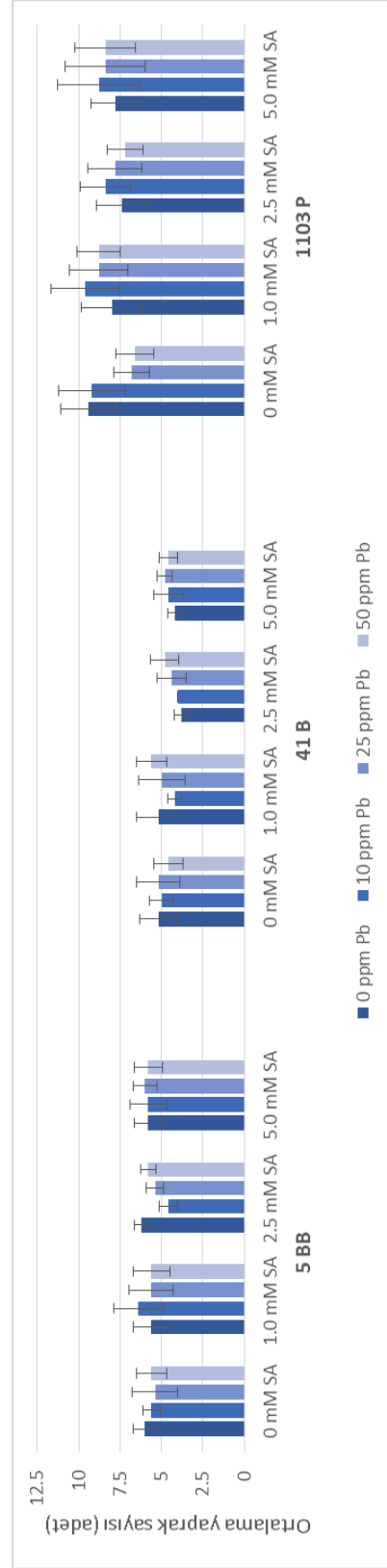
Şekil 2. $Pb(NO_3)_2$ stresine karşı farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Amerikan asma anaçlarında fiziksel zararlanma derecesi üzerine etkileri



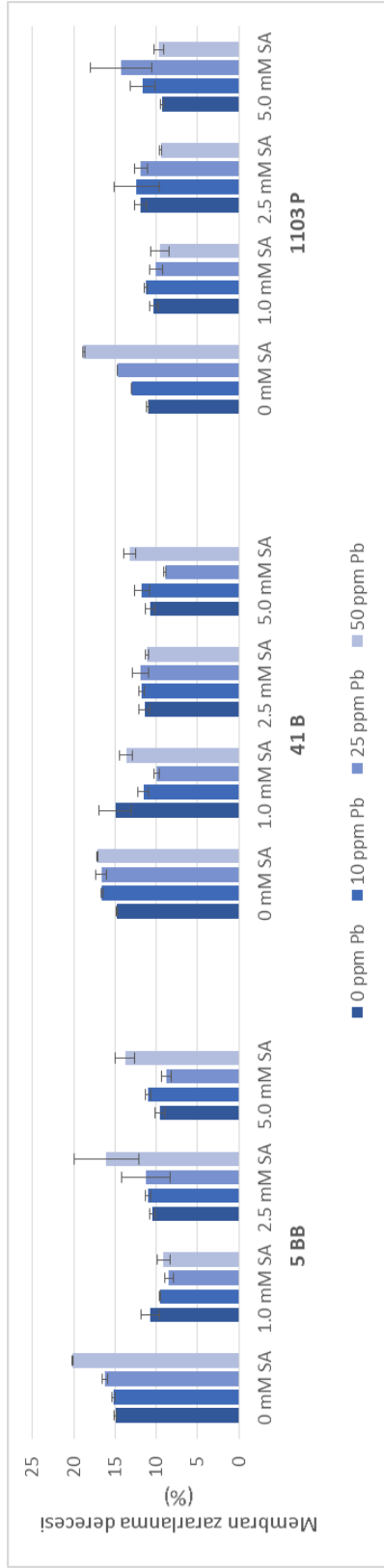
Şekil 3. $Pb(NO_3)_2$ stresine karşı farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Amerikan asma anaçlarında sürgün ağırlığı üzerine etkileri



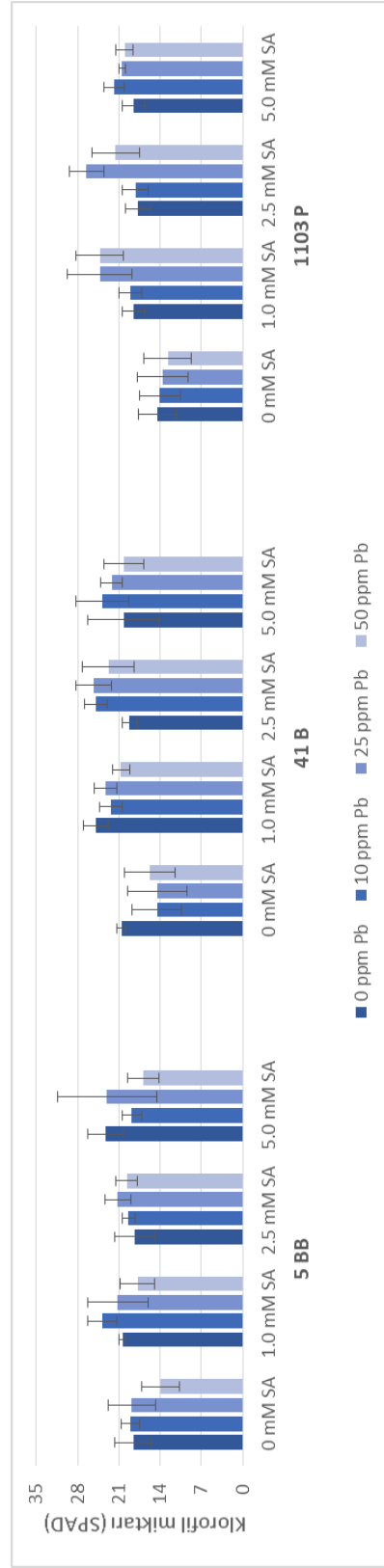
Şekil 4. $Pb(NO_3)_2$ stresine karşı farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Amerikan asma anaçlarında sürgün uzunluğu üzerine etkileri



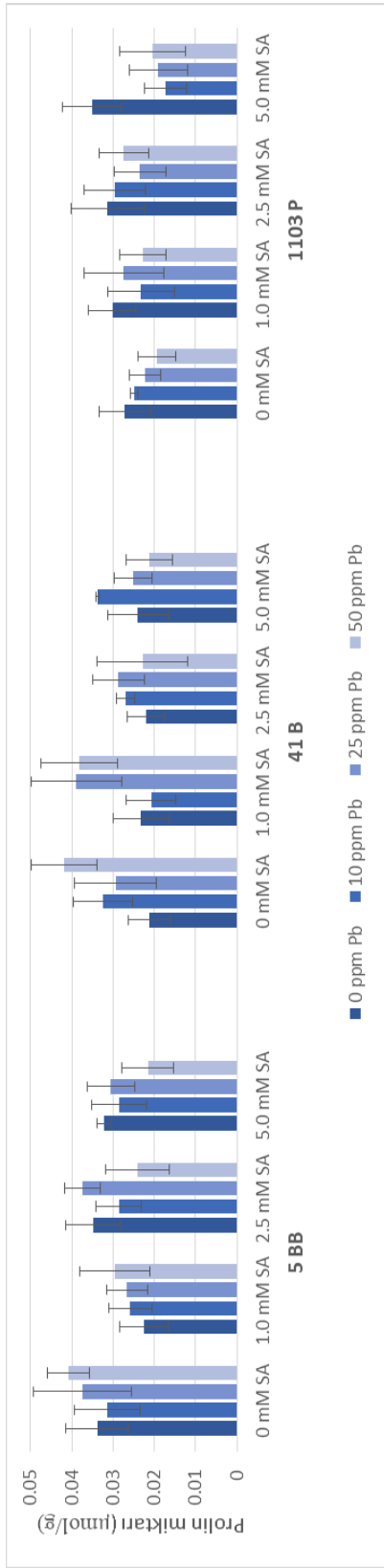
Şekil 5. $Pb(NO_3)_2$ stresine karşı farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Amerikan asma anaçlarında ortalama yaprak sayısı üzerine etkileri



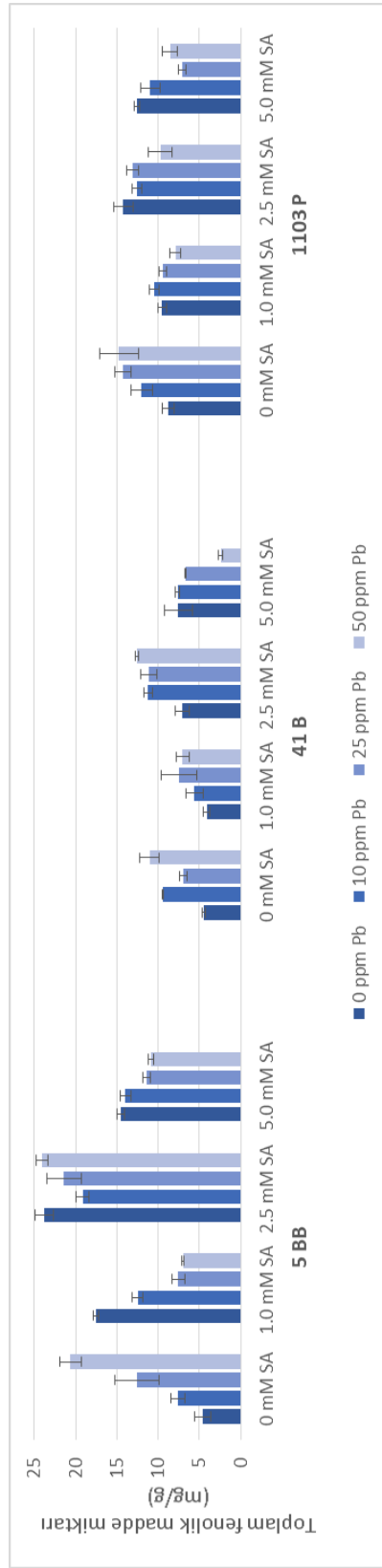
Şekil 6. $Pb(NO_3)_2$ stresine karşı farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Amerikan asma anaçlarında membran zararlanma derecesi üzerine etkileri



Şekil 7. $Pb(NO_3)_2$ stresine karşı farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Amerikan asma anaçlarında klorofil miktarı üzerine etkileri



Şekil 8. $Pb(NO_3)_2$ stresine karşı farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Amerikan asma anaçlarında prolin miktarı üzerine etkileri



Şekil 9. $Pb(NO_3)_2$ stresine karşı farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Amerikan asma anaçlarında toplam fenolik madde miktarı üzerine etkileri

Çalışmada incelenen morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler arasındaki ilişkilerin istatistiksel açıdan incelenmesinde korelasyon analizinden yararlanılmış olup, korelasyon analizine ilişkin veriler Çizelge 10'da yer almaktadır. Çizelge 10'a göre; köklenme oranı ile toplam fenolik madde miktarı; fiziksel zararlanma derecesi ile klorofil miktarı; membran zararlanma derecesi ile klorofil miktarı arasında önemli düzeyde ancak negatif yönde bir ilişki görülürken (korelasyon katsayıları sırasıyla; 0,229**, 0,236**, 0,295**) köklenme oranı ile sürgün ağırlığı, sürgün uzunluğu, ortalama yaprak sayısı ve klorofil miktarı; fiziksel zararlanma derecesi ile membran zararlanma derecesi; sürgün ağırlığı ile sürgün uzunluğu, ortalama yaprak sayısı, klorofil miktarı, prolin miktarı ve toplam fenolik madde miktarı; sürgün uzunluğu ile ortalama yaprak sayısı, klorofil miktarı, prolin miktarı ve toplam fenolik madde miktarı; ortalama yaprak sayısı ile klorofil miktarı ve prolin miktarı; membran zararlanma derecesi ile prolin miktarı; klorofil miktarı ile prolin miktarı; prolin miktarı ile toplam fenolik madde miktarı ise önemli düzeyde ve pozitif yönde bir korelasyon oluşturmuştur (0,192*, 0,198*, 0,332**, 0,171*, 0,369**, 0,719**, 0,440**, 0,469**, 0,503**, 0,269**, 0,830**, 0,267**, 0,293**, 0,324**, 0,164*, 0,168*, 0,419**, 0,200* ve 0,283**). Sürgün uzunluğu ile ortalama yaprak sayısı (0,830**) ve sürgün ağırlığı (0,719**) ile yüksek oranda korelasyon göstermiştir. Sürgün ağırlığının prolin miktarı (0,889**) ile olan istatistiksel ilişkisi orta seviyelerde kalırken, köklenme oranı ile ortalama yaprak sayısı ve toplam fenolik madde miktarı; fiziksel zararlanma derecesi ile membran zararlanma derecesi ve klorofil miktarı; sürgün ağırlığı ile ortalama yaprak sayısı, klorofil miktarı, toplam fenolik madde miktarı; sürgün uzunluğu ile klorofil miktarı, prolin miktarı ve toplam fenolik madde miktarı; membran zararlanma derecesi ile klorofil miktarı ve prolin miktarı; prolin miktarı ile toplam fenolik madde miktarı “zayıf” ve köklenme oranı ile sürgün ağırlığı, sürgün uzunluğu ve klorofil miktarı; ortalama yaprak sayısı ile klorofil miktarı ve prolin miktarı; klorofil miktarı ile prolin miktarı ise çok zayıf korelasyon göstermiştir.

Çizelge 10. Amerikan asma anaçlarında incelenen morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler arasındaki korelasyon değerleri

	<i>KO</i>	<i>FZD</i>	<i>SA</i>	<i>SU</i>	<i>OYS</i>	<i>MZD</i>	<i>KM</i>	<i>PM</i>	<i>TFMM</i>
<i>KO</i>	1								
<i>FZD</i>	-	1							
<i>SA</i>	,192*	-	1						
<i>SU</i>	,198*	-	,719**	1					
<i>OYS</i>	,332**	-	,440**	,830**	1				
<i>MZD</i>	-	,369**	-	-	-	1			
<i>KM</i>	,171*	-,236**	,469**	,267**	,164*	-,295**	1		
<i>PM</i>	-	-	,503**	,293**	,168*	,419**	,200*	1	
<i>TFMM</i>	-,229**	-	,269**	,324**	-	-	-	,283**	1

KO: Köklenme oranı (%), FZD: Fiziksel zararlanma derecesi (0-3 skalası), SA: Sürgün ağırlığı (g), SU: Sürgün uzunluğu (cm), OYS: Ortalama yaprak sayısı (adet), MZD: Membran zararlanma derecesi (%), KM: Klorofil miktarı (SPAD), PM: Prolin miktarı (mMol/g), TFMM: Toplam fenolik madde miktarı (mg/g),

*Korelasyon %5 anlamlı, **Korelasyon %1 anlamlı.

Sonuç

Bu çalışmada farklı konsantrasyonlardaki kurşun stresine maruz bırakılan 5 BB, 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında stresle ilişkili bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler incelenerek, değişen dozlardaki SA uygulamalarının $Pb(NO_3)_2$ stresine karşı etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı konsantrasyonlarda $Pb(NO_3)_2$ ve salisilik asit uygulamalarına yanıt olarak her üç anaçta da incelenen özellikler bakımından farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Köklenme oranı bakımından en etkili uygulama 5.0 mM SA konsantrasyonu iken, fiziksel zararlanma derecesi ile membran zararlanma derecesinin azaltılmasında tüm SA konsantrasyonlarının etkili olduğu tespit edilmiştir. Klorofil miktarının 5 BB ve 1103 P anaçlarında artan SA konsantrasyonları ile artış gösterdiği; fenolik madde içeriğinin 5 BB ve 41 B anaçlarında 2.5 mM SA konsantrasyonunda en yüksek değere ulaştığı, prolin miktarının 5 BB anacında, 1.0 mM; 41 B anacında, 2.5 ve 5.0 mM; 1103 P anacında ise 1.0, 2.5 ve 5.0 mM SA konsantrasyonlarında azalma gösterdiği ve sürgün uzunluğunun ise 5 BB anacında, 5.0 mM SA konsantrasyonu ile en yüksek değeri aldığı belirlenmiştir. Aynı zamanda köklenme oranı ile toplam fenolik madde miktarı; fiziksel zararlanma derecesi ile klorofil miktarı; membran zararlanma derecesi ile klorofil miktarı arasında önemli düzeyde ancak negatif yönde bir ilişki olduğu saptanmıştır. Çalışmada ekzojen SA uygulamalarının, bitkilerde $Pb(NO_3)_2$ varlığından kaynaklanan oksidatif stresi hafifletme bakımından etkili bir uygulama olduğu ve SA aktivitesinin Amerikan asma anaçlarının türlerine bağlı olarak değişiklik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

Agamy, R.A., Hafez, E.E. and Tarek, H. 2013. Acquired resistant motivated by salicylic acid application on salt stressed tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 13: 50-57.

Akinci, İ.E., Akinci, S. and Yılmaz, K. 2010. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to lead toxicity: Growth, element uptake, chlorophyll and water content. African Journal of Agricultural Research, 5(6): 416-423.

Akpınar, A., Cansev, A. and Altınşeker Acun, D.Z. 2021. Responses of *Spinacia oleracea* L. cv. Matador plants to various abiotic stresses such as cadmium metal toxicity, drought and salinity. Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University, 35(1): 103-117.

- Alamer, K.H. and Fayez, K.A. 2020. Impact of salicylic acid on the growth and physiological activities of parsley plants under lead toxicity. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26: 1361-1373.
- Alberici, A., Quattrini, E., Penati, M., Martinetti, L., Gallina, P.M., Ferrante, A. and Schiavi, M. 2007. Effect of the reduction of nutrient solution concentration on leafy vegetables quality grown in floating system. *International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management: Greensys 2007*. De Pascale S ve ark. (eds). *Acta Horticulturae*, 801: 1167-1176.
- Amarowicz, R., Estrella, I., Hernandez, T., Robredo, S., Troszynska, A., Kosinska, A. and Pegg, R.B. 2010. Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, 121(3): 705-711.
- Ananieva, E.A., Christov, K.N. and Popova, L.P. 2004. Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat. *Journal of Plant Physiology*, 161(3): 319-328.
- Anonymous 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim tarihi: 15.05.2021).
- Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.
- Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C. and Kwon, T.R. 2008: Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*, 97: 45-110.
- Aydın, B. and Nalbantoğlu, B. 2011. Effects of cold and salicylic acid treatments on nitrate reductase activity in spinach leaves. *Turkish Journal of Biology*, 35: 443-448.
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- Bautista, I., Boscaiu, M., Lidón, A., Llinares, J.V., Lull, C., Donat, M.P., Mayoral, O. and Vicente, O. 2016. Environmentally induced changes in antioxidant phenolic compounds levels in wild plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38: 1-15.
- Bhattacharya, A., Sood, P. and Citovsky, V. 2010. The roles of plant phenolics in defence and communication during *Agrobacterium* and *Rhizobium* infection. *Molecular Plant Pathology*, 11: 705-719.
- Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, M.A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Physiology*, 126: 1024-1030.
- Cai, H., He, M., Ma, K., Huang, Y. and Wang, Y. 2015. Salicylic acid alleviates cold-induced photosynthesis inhibition and oxidative stress in *Jasminum sambac*. *Turkish Journal of Biology*, 39: 241-247.
- Cheyrier, V. 2012. Phenolic compounds: From plants to foods. *Phytochemistry Reviews*, 11: 153-177.
- Choudhury, S. and Panda, S.K. 2004. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative in *Oryza sativa* L. roots. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 30(3-4): 95-110.

- Ciğerli, S. 2018. Farklı Salisilik Asit Dozlarının Bazı Amerikan Asma Anaçlarının Tuzluluğa Olan Dayanımları Üzerine Etkilerinin In Vitro Koşullarda Belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Çelik, H. 1996. Bağcılıkta anaç kullanımı ve yetiştiricilikteki önemi. *Anadolu Dergisi*, 6(2): 127-48.
- Demirevska, K., Simova-Stoilova, L., Fedina, I., Georgieva, K. and Kunert, K. 2010. Response of oryzacystatin I transformed tobacco plants to drought, heat and light stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196: 90-99.
- Dong, C.J., Wang, X.L. and Shang, Q.M. 2011. Salicylic acid regulates sugar metabolism that confers tolerance to salinity stress in cucumber seedlings. *Scientia Horticulturae*, 129: 629-636.
- Dere, S. 2019. Kurşun kirliliğinin tarımsal üretime etkileri. *International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 12: 108-118.
- Elguera, J.C.T., Barrientos, E.Y., Wrobel, K. and Wrobel, K. 2013. Effect of cadmium (Cd(II)), selenium (Se(IV)) and their mixtures on phenolic compounds and antioxidant capacity in *Lepidium sativum*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 431-441.
- El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*, 45: 215-224.
- Fan, S. and Blake, T.J. 1994. Abscisic acid induced electrolyte leakage in woody species with contrasting ecological requirements. *Physiologia Plantarum*, 90(2): 414-419.
- Geravandi, M., Farshadfar, E. and Kahrizi, D. 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58(1): 69-75.
- Ghasemzadeh, A. and Jaafar, H.Z.E. 2012. Effect of salicylic acid application on biochemical changes in Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of Medicinal Plants Research*, 6: 790-795.
- Gratão, P.L., Polle, A., Lea, P.J. and Azevedo, R.A. 2005. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. *Functional Plant Biology*, 32: 481-494.
- Guo, B., Liang, Y. and Zhu, Y. 2009. Does salicylic acid regulate antioxidant defense system, cell death, cadmium uptake and partitioning to acquire cadmium tolerance in rice?. *Journal of Plant Physiology*, 166(1): 20-31.
- Haider, S., Kanwal, S., Uddin, F. and Azmat, R. 2006. Phytotoxicity of Pb II: changes in chlorophyll absorption spectrum due to toxic metal Pb stress on *Phaseolus mungo* and *Lens culinaris*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9: 2062-2068.
- Hakimi, A.B.M. and Hamada, A.M. 2011. Ascorbic acid, thiamine or salicylic acid induced changes in some physiological parameters in wheat grown under copper stress. *Plant Protection Science*, 47: 92-108.
- Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. *Salicylic acid: A plant hormone*. Springer, United Kingdom. 400p.
- Horváth, E., Szalai, G. and Janda, T. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26: 290-300.

- Ivanova, A., Krantev, A., Stoyanova, Z. and Popova, L. 2008. Cadmium induced changes in maize leaves and the protective role of salicylic acid. *General and Applied Plant Physiology*, 34(3-4): 149-159.
- Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays L.*) plants. *Planta*, 208: 175-180.
- Janda, T., Gondor, O.K., Yordanova, R., Szalai, G. and Pál, M. 2014. Salicylic acid and photosynthesis: signalling and effects. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(10): 2537-2546.
- Kadioglu, A., Saruhan, N., Saglam, A., Terzi, R. and Acet, T. 2011. Exogenous salicylic acid alleviates effects of long term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. *Plant Growth Regulation*, 63: 27-37.
- Kıran, Y. and Şahin, A. 2005. The effects of the lead on the seed germination, root growth and root tip cell mitotic divisions of *lens culinaris medik*. *Gazi University Journal of Science*, 18(1): 17-25
- Kıran, S., Özkay, F., Kavuşturan, Ş. ve Ellialtıoğlu, Ş. 2015. Kurşunun kıvrıkcık salata (*lactuca sativa var. Crispa*) bitkisinin bazı morfolojik ve biyokimyasal özelliklerine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1): 83-88.
- Kisa, D., Kayir, O., Saglam, N. and Sahin, S. 2019. Changes of phenolic compounds in tomato associated with the heavy metal stress. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 2(1): 35-43.
- Kiselev, K.V., Dubrovina, A.S., Veselova, M.V., Bulgakov, V.P., Fedoreyev, S.A. and Zhuravlev, Y.N. 2007. The rol-B gene-induced over production of resveratrol in *Vitis amurensis* transformed cells. *Journal of Biotechnology*, 128(3): 681-692.
- Koç, E., Üstün, A.S., Öncel, I. ve Kaptanbaş, Y. 2013. Salisilik asitin domateste (*Lycopersicon esculentum Mill.*) kadmiyum stresini iyileştirici etkinliğinin bazı fizyolojik parametrelerde incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(1): 22-28.
- Kosobrukhov, A., Knyazeva, I. and Mudrik, V. 2004. *Plantago major* plants responses to increase content of lead in soil: growth and photosynthesis. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42: 145–151.
- Kök, D. 2012. Farklı salisilik asit dozlarının asma anaçlarının tuzluluğa dayanımı üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 32-40.
- Krantev, A., Yordonova, R., Janda, T., Szalar, G. and Popova, L. 2008. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, 165: 920-931.
- Król, A., Amarowicz, R. and Weidner, S. 2014. Changes in the composition of phenolic compounds and antioxidant properties of grapevine roots and leaves (*Vitis vinifera L.*) under continuous of long-term drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36: 1491-1499.
- Król, A., Amarowicz, R. and Weidner, S. 2015. The effects of cold stress on the phenolic compounds and antioxidant capacity of grapevine (*Vitis vinifera L.*) leaves. *Journal of Plant Physiology*, 189: 97-104.
- Lamhamdi, M., Bakrim, A., Aarab, A., Lafont, R. and Sayah, F., 2011. Effects of lead phytotoxicity on wheat (*Triticum aestivum L.*) seed germination and seedling growth. *Comptes Rendus Biologies*, 334(2): 118-126.

- Lamhamdi, M., El Galiou, Q., Bakrim, A., Nóvoa-Muñoz, J.C., Arias-Estévez, M., Aarab, A. and Lafont, R. 2013. Effect of lead stress on mineral content and growth of wheat (*Triticum aestivum*) and spinach (*Spinacia oleracea*) seedlings. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(1): 29-36.
- Liu, D.H., Jiang, W.S., Wang, W., Zhao, F.M. and Lu, C. 1994. Effects of lead on root growth cell division and nucleolus of *Allium cepa*. *Environmental Pollution*, 86: 1-4.
- Maestri, E., Marmiroli, M., Visioli, G. and Marmiroli, N. 2010. Metal tolerance and hyperaccumulation: costs and trade-offs between traits and environment. *Environmental and Experimental Botany*, 68(1): 1-13.
- Mandal, S., Mallick, N. and Mitra, A. 2009. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47: 642-649.
- Materne, M.A. 1989. Genetic variability in the response of field pea varieties to soil boron. Honours thesis, University of Adelaide, Faculty of Agriculture.
- Mesmar, M.N. and Jaber, K. 1991. The toxic effect of lead on seed germination, growth, chlorophyll and protein contents of wheat and lens. *Acta Biologica Hungarica*, 42: 331-344.
- Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology*, 132: 272-281.
- Miranda, M.G. and Ilangovan, K., 1996. Uptake of lead by *Lemna gibba* L. influence on specific growth rate and basic biochemical changes. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 56: 1000-1007.
- Mittler, R. 2017. ROS are good. *Trends in Plant Science*, 22: 11-19.
- Mostofa, M.G., Fujita, M. and Tran, L.S.P. 2015. Nitric oxide mediates hydrogen peroxide-and salicylic acid-induced salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Plant Growth Regulation*, 77: 265–277.
- Mustafa, N.R. and Verpoorte, R. 2007. Phenolic compounds in *Catharanthus roseus*. *Phytochemistry Reviews*, 6: 243-258.
- Nriagu, J.O. 1992. Toxic Metal Pollution in Africa. *Science of the Total Environment*, 121: 1-37.
- Özay, C. ve Mammadov, R. 2013. Ağır Metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1) 67-76.
- Pal, M., Szalai, G., Horvath, E., Janda, T. and Paldi, E., 2002. Effect of salicylic acid during heavy metal stress. *Acta Biologica Szegediensis*, 46(3-4):119-120.
- Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S. and Giannakoula, A. 2012. Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 60: 1-11.
- Rascio, N. and Navari-Izzo, F. 2011. Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science*, 180: 169-181.
- Raskin, I., Kumar, P.B.A.N., Dushenkov, S. and Salt, D.E. 1994. Bioconcentration of Heavy Metals by Plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 5: 285-290.

- Sahar, K., Baghizadeh, A. and Taher, N.M. 2011. The Salicylic acid effect on the *Salvia officianlis* L. sugar, protein and proline contents under salinity (NaCl) stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7: 80-87.
- Sannchez-Rodriguez, E., Moreno, D.A., Ferreres, F., Rubio-Wilhelmi, M.D.M. and Ruiz, J.M. 2011. Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: changes on phenolic metabolites and related enzymes. *Phytochemistry*, 72: 723-729.
- Sartor, T., Xavier, V.B., Falcao, M.A., Mondin, C.A., Dos Santos, M.A., Cassel, E., Astarita, L.V. and Santarem, E.R. 2013. Seasonal changes in phenolic compounds and in the biological activities of *Baccharis dentata* (Vell.) Graziela Maciel Barroso. *Industrial Crops and Products*, 51: 355-359.
- Saruhan, N., Saglam, A. and Kadioglu, A. 2012. Salicylic acid pretreatment induces drought tolerance and delays leaf rolling by inducing antioxidant systems in maize genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34: 97-106.
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunns, E. and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30: 157-61.
- Sengar, R.S. and Pandey, M. 1996. Inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in greening *Pisum sativum* leaf segment. *Biologia Plantarum*, 38: 459-462.
- Seven, T., Can, B., Darende, B.N. ve Ocak, S. 2018. Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2): 91-103.
- Sharma, P. and Dubey, S. 2005. Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1): 35-52.
- Shrivastav, R. 2001. Atmospheric heavy metal pollution, *Resonance*, 68: 62-68.
- Singh, R.P., Tripathi, R.D., Sinha, S.K., Maheshwari, R. and Srivastava, H.S. 1997. Response of higher plants to lead contaminated environment. *Chemosphere*, 34: 2467-2493.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.R. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Siripornadulsil, S., Traina, S., Verma, D.P.S. and Sayre, R.T. 2002. Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae. *Plant Cell*, 14: 2837-2847.
- Soares, C., Carvalho, M.E.A., Azevedo, R.A. and Fidalgo, F. 2019. Plants facing oxidative challenges - a little help from the antioxidant networks. *Environmental and Experimental Botany*, 161: 4-25.
- Şafak, N. 2011. Kara Lahana (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) ve Pazı (*Beta vulgaris* var. *Cicla*)'da Kurşun Ve Çinko Stresinin Araştırılması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- Verbruggen, N. and Hermans, C. 2008. Proline Accumulation in Plants: a review. *Amino Acids*, 35: 753-759.
- Verma, S. and Dubey, R.S. 2003. Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. *Plant Science*, 164(4): 645-655.

- Vernay, P., Gauthier-Moussard, C., Jean, L., Bordas, F., Faure, O., Ledoigt, G. and Hitmi A. 2008. Effect of chromium species on phytochemical and physiological parameters in *Datura innoxia*. *Chemosphere*, 72: 763-771.
- Vicente, M.R.S. and Plasencia, J. 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 62(10): 3321-3338.
- Wang, L.J., Fan, L., Loescher, W., Duan, W., Liu, G.J., Cheng, J.S., Luo, H.B. and Li, S.H. 2010. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. *BMC Plant Biology*, 10: 34-44.
- Waśkiewicz, A., Muzolf-Panek, M. and Goliński, P. 2013. Ecophysiology and responses of plants under salt stress: Phenolic content changes in plants under salt stress. Ed.: Parvaiz, A., Azooz, M.M., Prasad, M.N.V., Springer, New York, pp: 283-314.
- Van Assche, F. and Clijsters, H. 1990. Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant Cell and Environment*, 13: 195-206.
- Yenilmez, N. 2016. Farklı Salisilik Asit Dozlarının Bazı Amerikan Asma Anaçlarının Tuzluluğa Olan Dayanımı Üzerine Etkisi. Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü. ve Tüfenkçi, Ş. 2020. Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı): 103-114.
- Yuan, G., Wang, X., Guo, R. and Wang, Q. 2010. Effect of salt stress on phenolic compounds, glucosinolates, myrosinase and antioxidant activity in radish sprouts. *Food Chemistry*, 121: 1014-1019.
- Zanganeh, R., Jamei, R. and Rahmani, F. 2019. Modulation of growth and oxidative stress by seed priming with salicylic acid in *Zea mays* L. under lead stress. *Journal of Plant Interactions*, 14: 369-375.
- Zengin, F.K. and Munzuroğlu, Ö. 2004. Effect of lead (Pb²⁺) and copper (Cu²⁺) on the growth of root, shoot and leaf of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Gazi University Journal of Science*, 17(3): 1-10.
- Zengin, K.F. ve Munzuroğlu, Ö. 2005. Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. Strike) klorofil ve karotenoid miktarı üzerine bazı ağır metallerin (Ni²⁺, Co²⁺, Cr³⁺, Zn²⁺) etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1): 164-172.