

Sivas ve Tokat İllerinden Toplanan Akasya Bitkisi Yapraklarının (*Robinia pseudoacacia* L.) Bazı Besin Elementi Konsantrasyonları ve Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

Handan SARAÇ^{1*}, Hasan DURUKAN¹, Ahmet DEMİRBAŞ¹

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Sivas/Türkiye

Alınış tarihi: 8 Haziran 2022, Kabul tarihi: 12 Ekim 2022

Sorumlu yazar: Handan SARAÇ, e-posta: handansarac@cumhuriyet.edu.tr

Öz

Amaç: Bu çalışmada, iki farklı ilde farklı noktalardan toplanan akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) bitkisinin yapraklarının bazı makro ve mikro besin elementi konsantrasyonlarının, klorofil miktarlarının, katalaz (CAT), peroksidaz (POD) ve askorbat peroksidaz (APX) gibi bazı antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada Sivas ve Tokat illerinden toplanan akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) bitkisi örnekleri kullanılmıştır. Besin elementlerinden fosfor (P) konsantrasyonu kolorimetrik olarak spektrofotometrede, potasyum (K), kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), çinko (Zn), mangan (Mn), demir (Fe) ve bakır (Cu) konsantrasyonları Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında, Azot (N) tayini ise Kjeldahl destilasyon yöntemine göre yapılmıştır. Klorofil miktarları ve antioksidan enzim aktiviteleri spektrofotometre cihazında ölçülerek literatürdeki formüller ile tespit edilmiştir.

Araştırma Bulguları: Sivas ilinden toplanan akasya bitkisi yapraklarının ortalama N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları sırası ile %2.41, %0.077, %2.23, %1.23, %1.29, 161.2 mg kg⁻¹, 41.1 mg kg⁻¹, 57.0 mg kg⁻¹, 19.2 mg kg⁻¹ iken, Tokat ilinden toplanan akasya bitkisi yapraklarının ise N %3.15, P %0.371, K %3.83, Ca %0.88, Mg %0.76, Fe 315.8 mg kg⁻¹, Zn 60.2 mg kg⁻¹, Mn 43.9 mg kg⁻¹, Cu 39.7 mg kg⁻¹ olduğu görülmüştür. Sivas ilinden toplanan akasya bitkisi yaprağının klorofil a konsantrasyonu 0.22 mg g⁻¹, klorofil b 0.08 mg g⁻¹ ve toplam klorofil ise 0.30 mg g⁻¹ iken, Tokat'da bu durum klorofil a konsantrasyonu

0.22 mg g⁻¹, klorofil b 0.07 mg g⁻¹ ve toplam klorofilin ise 0.29 mg g⁻¹ olduğu görülmüştür.

Sivas ilinden toplanan akasya bitkisinin katalaz (CAT) enzim aktivitesi 139.2 EU g yaprak⁻¹, peroksidaz (POD) enzim aktivitesi 0.06 EU g yaprak⁻¹, askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi 4.31 EU g yaprak⁻¹, Tokat ilinde ise katalaz (CAT) enzim aktivitesi 31.94 EU g yaprak⁻¹, peroksidaz (POD) enzim aktivitesi 0.07 EU g yaprak⁻¹, askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi 23.43 EU g yaprak⁻¹ olduğu ortaya çıkmıştır.

Sonuç: Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, akasya bitkisinin her iki ilde de besin elementleri açısından Wilkaniec ve ark., (2021)'e göre yeter düzeyde olduğu fakat Tokat ilinde genel olarak besin elementi konsantrasyonlarının daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları her iki il örneğinde de benzer değerlere sahiptir. Ayrıca antioksidan enzimlerden CAT aktivitesinin Sivas ili örneğinde, APX aktivitesinin Tokat ili örneğinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. POD aktivitesi ise, her iki il örneğinde de birbirine yakın bir aktivite değerine sahiptir.

Anahtar kelimeler: Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), Besin elementi, Antioksidan enzimler, Klorofil

Determination of Some Nutrient Concentrations and Antioxidant Enzyme Activities of Acacia Plant Leaves (*Robinia pseudoacacia* L.) Collected from Sivas and Tokat

Abstract

Objective: In this study, it was aimed to determine some macro and micronutrient concentrations, amounts of chlorophyll, and some antioxidant enzyme activities such as catalase (CAT), peroxidase (POD) and ascorbat peroxidase (APX) of the leaves of the acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) plant collected from two different points and provinces.

Materials and Methods: Acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) plant samples collected from Sivas and Tokat provinces were used in the study. Phosphorus (P) concentration from nutrient elements is colorimetrically determined in spectrophotometer, potassium (K), calcium (Ca), Magnesium (Mg), zinc (Zn), manganese (Mn), iron (Fe) and copper (Cu) concentrations are measured in Atomic Absorption Spectrophotometer device, Nitrogen (N) determination was made according to the Kjeldahl distillation method.

Results: While average N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn and Cu concentrations of acacia plant leaves collected from Sivas province were 2.41%, 0.077%, 2.23%, 1.23%, 1.29%, 161.2 mg kg⁻¹, 41.1 mg kg⁻¹, 57.0 mg kg⁻¹, 19.2 mg kg⁻¹, respectively, the leaves of acacia plant collected from Tokat province were N 3.15%, P 0.371%, K 3.83%, Ca 0.88%, Mg 0.76%, Fe 315.8 mg kg⁻¹, Zn 60.2 mg kg⁻¹, Mn 43.9 mg kg⁻¹, Cu 39.7 mg kg⁻¹ was found. While the chlorophyll a concentration of the acacia plant leaf collected from Sivas province is 0.22 mg g⁻¹, chlorophyll b is 0.08 mg g⁻¹ and the total chlorophyll is 0.30 mg g⁻¹, in Tokat this situation is chlorophyll a concentration 0.22 mg g⁻¹, chlorophyll b 0.07 mg g⁻¹ and total chlorophyll was found to be 0.29 mg g⁻¹.

Catalase (CAT) enzyme activity of acacia plant collected from Sivas province was 139.2 EU g leaf⁻¹, peroxidase (POD) enzyme activity was 0.06 EU g leaf⁻¹, ascorbate peroxidase (APX) enzyme activity was 4.31 EU g leaf⁻¹, and catalase (POD) enzyme activity was 4.31 EU g leaf⁻¹ in Tokat province. CAT) enzyme activity was 31.94 EU g leaf⁻¹, peroxidase (POD) enzyme activity was 0.07 EU g leaf⁻¹, ascorbate peroxidase (APX) enzyme activity was 23.43 EU g leaf⁻¹.

Conclusion: According to the results, it was determined that the acacia plant was sufficient in terms of nutrients in both provinces, but the nutrient concentrations in Tokat had higher values in general (Wilkaniec ve ark., 2021). Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll amounts have similar values in both provinces. In addition, it was determined that CAT activity, one of the antioxidant enzymes, was

higher in the Sivas province sample and APX activity was higher in the Tokat province sample. POD activity, on the other hand, has an activity value close to each other in both provinces.

Keywords: Acacia (*Robinia pseudoacacia* L.), Nutrient, Antioxidant enzymes, Chlorophyll

Giriş

Antioksidanlar, hücrede sürekli olarak üretilen serbest radikallerin oluşturduğu oksidatif stresi ortadan kaldıracak ve hücre hasarını engelleyebilecek en önemli maddelerdir (Karabulut ve Gülay, 2016; Aslankoç ve ark., 2019; Saraç ve ark., 2021). Antioksidan maddeler, enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenler içerirler (Aslankoç ve ark., 2019; Saraç ve ark., 2021). Doğal antioksidan kaynakları olan bitki hücrelerinde oksidatif stresin zararlı etkilerine karşı hem enzimatik hem de enzimatik olmayan antioksidan savunma bileşenleri bulunmaktadır (Duman ve ark., 2016; Doğru, 2020; Saraç ve ark., 2021). Bitkilerde bulunan bu antioksidan savunma bileşenlerinden başlıcaları tokoferoller, karotenoidler, glutasyon, glutasyon redüktaz enzimleri (GR), süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) enzimleridir (Ghorbanli, 2007). Antioksidan bileşikler, bitkilerin çoğunlukla tohumlarında, yapraklarında, çiçeklerinde, köklerinde ve kabuklarında bulunmaktadır (Çelik ve Ayran, 2020).

Antioksidan enzimler etkisini ya doğrudan reaktif oksijen türlerini (ROS) yok ederek ya da enzimatik olmayan bir antioksidan üreterek iki farklı şekilde gösterebilirler (Candan ve Tarhan, 2003). Her iki durumda da, bitkiyi reaktif oksijen radikallerinin zararlı etkilerinden korumuş olurlar (Duman ve ark., 2016). SOD, süperoksit radikallerini hidrojen peroksit (H₂O₂) ve oksijen (O₂)'e katalizleyebilir. Serbest radikal olmayan fakat ROS kapsamına girerek serbest radikal oluşumunu tetikleyen H₂O₂ ise, POD ve CAT enzimleri ile su (H₂O) ve moleküler O₂'ye dönüştürülerek detoksifiye edilir (Duman ve ark., 2016; Aslankoç ve ark., 2019; Wang ve ark., 2022). APX ise genellikle bitki hücrelerinin sitosolünde ve kloroplastlarında yer alan H₂O₂'yi katalizleyen anahtar enzimdir. Elektron vericisi olarak askorbatı kullanarak H₂O₂'nin detoksifikasyonunda görev alır (Almas, 2016).

Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), Kuzey Amerika kökenli, Fabaceae familyasına ait, hızlı büyüyen ve yaprak döken bir ağaç türüdür (Cierjacks ve ark.,

2013; Miazek ve Ledakowicz, 2013; He ve ark., 2017). Yalancı akasya olarak da bilinmektedir. Avrupa'nın birçok bölgesinde yaygındır ve çayırlarda, yarı doğal ormanlık alanlarda ve kentsel habitatlarda doğallaşmıştır (Cierjacks ve ark., 2013). Türkiye coğrafyasında da en yaygın doğallaşmış ağaçlar arasında yer almaktadır (Karaaslan, 2020). Yüksek bir ekonomik değere sahip olan akasya ağaçları farmasötik ve biyoenerjide büyük kullanım potansiyeline sahiptir (He ve ark., 2017). Ayrıca, arıcılıkta önemli olan çiçeklerinin renkli ve hoş kokulu olması nedeniyle, park ve bahçelerde süs bitkisi olarak da yaygın bir şekilde yetiştirilmektedir (Karakeçi, 2015).

Ülkemizin birçok ilinde park ve bahçelerde sıklıkla rastladığımız akasya ağacı süs bitkisi olarak yetiştirilmesinin yanı sıra farklı kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle yüksek bir ekonomik değere sahiptir. Son zamanlarda farmasötik ve biyoenerji alanlarında ilgi çeken bir bitki olmuştur. Geleneksel olarak kabuk, yaprak ve çiçekleri çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmıştır. Bitkinin yatıştırıcı, ateş düşürücü, safra artırıcı ve kazıbzlığı giderici etkileri olduğu bilinmektedir. Ayrıca çiçekleri parfümeri ve arıcılıkta oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle, akasya gibi geniş kullanım yelpazesine sahip önemli bitkilerin bilimsel olarak çalışılması ile bu bitkilerin çeşitli kullanım alanlarındaki etkinlik düzeyleri belirlenebilmektedir. Bu çalışma, Sivas ve Tokat illerinden toplanan akasya (*R. pseudoacacia* L.) bitkisinin yapraklarının bazı makro ve mikro besin elementi konsantrasyonlarının, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarları ile bazı antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla planlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bitki Materyali

Bu çalışmada bitki materyali olarak akasya (*R. pseudoacacia* L.) bitkisinin yaprakları kullanılmıştır. Bitkinin yaprakları Sivas Cumhuriyet Üniversitesi merkez kampüsü ve Tokat ili olmak üzere iki farklı lokaliteden, 5 farklı ağaçtan Haziran 2020 yılında toplanmıştır. Bitkinin tür teşhisi için Davis'in "Flora of Turkey" kitabından yararlanılmıştır. Çalışmada yapılan tüm analizler üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Makro ve Mikro Besin Elementi Tayini

Sivas ve Tokat ilinden toplanan akasya yapraklarının bir kısmı makro ve mikro besin elementi analizleri için önce çeşmesi suyu, ardından %0.1 N HCl ve sonrasında iki kez saf su ile yıkandıktan sonra kaba filtre kâğıdı üzerine serilerek fazla suları alınmıştır.

Sonrasında, kese kâğıdı içerisine ayrı ayrı konulan bitki yaprakları 70 °C'deki hava sirkülasyonlu kurutma dolabında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülmüş bitki numunelerinden 0.2 g tartılarak mikrodalga cihazında yaş yakma metoduna göre H₂O₂-HNO₃ asit karışımında yakılıp saf su ile son hacmi 20 mL'ye tamamlanıp mavi bant filtre kâğıdından süzölmüştür. Elde edilen süzöklere, fosfor (P) konsantrasyonu kolorimetrik olarak spektrofotometrede 882 nm'de (Murphy ve Riley, 1962), potasyum (K), kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), çinko (Zn), mangan (Mn), demir (Fe) ve bakır (Cu) konsantrasyonları Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazı (Shimadzu AA-7000) ile belirlenmiştir (Kacar ve Inal, 2008). Azot (N) tayini ise Kjeldahl destilasyon yöntemine göre (Bremner, 1965) yapılmıştır.

Klorofil Miktarının Belirlenmesi

Klorofil miktarının belirlenmesi için, 0.1 g damarsız yaprak dokusu bir pipet yardımıyla kesilmiş ve buz üzerine yerleştirilmiş bir havana konularak %80'lik aseton içerisinde ezilerek homojenize edilmiştir. Ezme işlemi sırasında MgCO₃ eklemesi yapılmıştır. Daha sonra, elde edilen homojenat 3000 rpm de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası süpernatant kısmı süzölüp yeni bir tüpe aktarılmıştır. Diğer santrifüj tüpünde kalan pellet üzerine ise 4 mL kadar %80 aseton ilavesi yapılmış ve karıştırılarak tekrardan aynı şekilde santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında süzölerek ilk alınan süpernatant ile birleştirilmiş ve son hacim %80 aseton ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Ölçümler spektrofotometrik olarak 645 ve 663 nm dalga boylarında yapılmıştır. Ölçüm yapılarak elde edilen değerler ise Arnon (1949) yönetimi kullanılarak klorofil miktarları mg g⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Yaban ve Kabay, 2019).

Klorofil a (mg g⁻¹) = (12.7 × D663 nm) - (2.69 × D645 nm) × V / W × 10000

Klorofil b (mg g⁻¹) = (22.91 × D645 nm) - (4.68 × D663 nm) × V / W × 10000

Toplam klorofil (mg g⁻¹) = Klorofil a (mg g⁻¹) + Klorofil b (mg g⁻¹)

(D: Belirtilen dalga boyunda ölçülen absorpsiyon değeri (nm), W: Ekstarkte edilen yaş yaprak ağırlığı (g), V: Ekstrakt hacmi (mL))

Antioksidan Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Enzim aktivitesinin belirlenmesi için 0.3 g yaş yaprak dokusu havan içerisinde alınarak üzerine sıvı azot eklenmiş ve toz haline gelinceye kadar ezilmiştir. Daha sonra üzerine 50 mM KH₂PO₄ (pH=7) eklenerek homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenat 20 dk

Süresince 15000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında süpernatantlar CAT, POD ve APX enzim aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. CAT enziminin aktivitesi Cakmak ve Marschner (1992)'in bildirdiği metotlara göre spektrofotometrik olarak 240 nm'da, POD enzim aktivitesi Wakamatsu ve Takahama (1993)'nin bildirdiği metotlara göre spektrofotometrik olarak 470 nm'da, APX enzim aktivitesi ise Cakmak (1994) tarafından belirtilen metoda göre spektrofotometrik olarak 290 nm'da ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Sonuçlar EU g yaprak¹ olarak hesaplanmıştır.

İstatiksel Analizler

Çalışmada istatistik analizi için SPSS 22.0 for Windows paket programı kullanılmış ve ANOVA varyans analizi yapılmıştır. Ayrıca, Tukey testi ile iki farklı lokasyon arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Makro ve Mikro Besin Elementi Konsantrasyonları

Araştırmada Sivas ve Tokat illerinden toplanan akasya bitkilerinin makro ve mikro elementi konsantrasyonları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Akasya (*R. pseudoacacia*) bitkisi yapraklarına ait makro ve mikro element konsantrasyonları

Bazı makro element konsantrasyonları (%)		N	P	K	Ca	Mg
Sivas akasya	Min.	2.15	0.065	2.10	1.09	1.18
	Max.	2.59	0.089	2.41	1.45	1.55
	Ort.	2.41±0.10 b	0.077±0.00 b	2.23±0.07 b	1.23±0.04 a	1.29±0.08 a
Tokat akasya	Min.	2.88	0.338	3.31	0.59	0.55
	Max.	3.46	0.402	4.34	1.21	0.99
	Ort.	3.15±0.19 a	0.371±0.02 a	3.83±0.08 a	0.88±0.06 b	0.76±0.08 b
Bazı mikro element konsantrasyonları (mg kg ⁻¹)		Fe	Zn	Mn	Cu	
Sivas akasya	Min.	122.4	33.5	44.1	13.5	
	Max.	191.1	48.6	66.3	24.4	
	Ort.	161.2±10.13 b	41.1±3.15 b	57.0±3.62 a	19.2±2.21 b	
Tokat akasya	Min.	287.8	45.1	37.4	32.1	
	Max.	335.9	69.2	54.9	46.8	
	Ort.	315.8±14.13 a	60.2±1.59 a	43.9±3.93 b	39.7±2.28 a	

Elde edilen sonuçlara göre mineral element konsantrasyonları bakımından lokasyonlar arasında ortalama en yüksek azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonu sırasıyla %3.15 N, %0.371 P ve %3.83 K ile Tokat ilinde, Ca ve Mg konsantrasyonları ise sırasıyla %1.23 Ca ve %1.29 Mg olarak en yüksek Sivas ilinden toplanan akasya bitkisinde belirlenmiştir (Çizelge 1). Benzer bir çalışmada Wilkaniec ve ark. (2021), parklarda ve caddelerde yetişen akasya ağaçlarının besin elementi konsantrasyonlarını karşılatırmışlar ve azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarını parkta yetişenlerde sırasıyla %3.08-4.34 N, %0.14-0.22 P, %1.09-2.63 K, %1.05-1.86 Ca, %0.12-0.20 Mg, caddede yetişenlerde ise sırasıyla %3.33-4.34 N, %0.16-0.25 P, %0.35-2.31 K, %0.92-2.56 Ca, %0.14-0.32 Mg olarak belirlemişlerdir. Çizelge 1 ortalama mikro element

konsantrasyonları bakımından değerlendirildiğinde ise, Mn hariç en yüksek değerlerin Tokat ilinden toplanan akasya bitkilerinde olduğu görülmüştür (315.8 mg Fe kg⁻¹, 60.2, mg Zn kg⁻¹, 39.7 mg Cu kg⁻¹). 57.0 mg Mn kg⁻¹ ile en yüksek mangan ise Sivas ilinden toplanan akasya bitkisinde belirlenmiştir. Vural (2014), Gümüşhane'de şehir merkezinden geçen karayolu kenarlarında bulunan topraklarda yetişmiş 45 adet akasya ağacının sürgünlerinden örnekler almış ve çinko konsantrasyonunun 3.8-47.0 mg Zn kg⁻¹, demir konsantrasyonunun 16.1-693.3 mg Fe kg⁻¹, mangan konsantrasyonunun 3.5-14.0 mg Mn kg⁻¹ ve bakır konsantrasyonunun 1.6-34.4 mg Cu kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir. Yapılan bir çalışmada, parkta yetişen akasya ağaçlarında çinko, demir, mangan ve bakır konsantrasyonları sırasıyla 18.8-40.0 mg Zn kg⁻¹, 60.4-109.3 mg Fe kg⁻¹, 16.1-68.1 mg Mn kg⁻¹, 6.2-18.3 mg Cu kg⁻¹ olarak, caddede

yetişlerde ise sırasıyla 18.8-76.3 mg Zn kg⁻¹, 92.1-173.5 mg Fe kg⁻¹, 20.4-78.7 mg Mn kg⁻¹, 6.9-11.9 mg Cu kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Wilkaniec ve ark., 2021). Korkmaz ve Türkış (2021), Karadeniz bölgesinde yer alan Bartın ilinden Orkide örnekleri toplamışlar ve makro-mikro element analizi yapmışlardır. Makro element konsantrasyonlarının (N, P, K, Ca, Mg ve S) ortalamasını sırasıyla % 0.86-1.97; % 0.14-0.23; % 1.16-3.38; % 1.01-1.24; % 0.17-0.47 ve % 0.12-0.18 olarak, mikro element konsantrasyonlarını ise (Fe, Cu, Zn, Mn ve B) sırasıyla, 254-428 mg kg⁻¹, 7.87-16.88 mg kg⁻¹, 20-38 mg kg⁻¹, 22-58 mg kg⁻¹ ve 14-39 mg kg⁻¹ olarak bulmuşlardır. Yapılan başka bir çalışmada, Korkmaz ve ark., (2017) Kastamonu, Ankara ve Konya bölgesinde doğadan

topladıkları *Sideritis germanicopolitana*, *Sideritis galatica* ve *Sideritis hispida* bitkilerinde P konsantrasyonunu %0.14-0.22 P arasında, K konsantrasyonunu %1.16-%2.05 arasında, Ca konsantrasyonunu %1.01-1.24 arasında, Fe, Cu, Mn ve Zn konsantrasyonlarını sırasıyla 254-365 mg kg⁻¹, 8.34-12.27 mg kg⁻¹ arasında, 22-58 mg kg⁻¹ arasında, 20-33 mg kg⁻¹ arasında belirlemişlerdir.

Klorofil Miktarları

Sivas ve Tokat illerinden toplanan akasya bitkisine ait yaprak örneklerinin klorofil miktarları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Akasya (*R. pseudoacacia*) bitkisi yapraklarına ait klorofil miktarları (mg g⁻¹)

		Klorofil miktarları (mg g ⁻¹)		
		Klorofil a	Klorofil b	Toplam Klorofil
Sivas akasya	Min.	0.21	0.07	0.27
	Max.	0.23	0.09	0.32
	Ort.	0.22±0.02 a	0.08±0.01 a	0.30±0.01 a
Tokat akasya	Min.	0.22	0.06	0.26
	Max.	0.23	0.08	0.31
	Ort.	0.22±0.02 a	0.07±0.02 a	0.29±0.01 a

Sivas ilinden toplanan akasya bitkisinin yapraklarının ortalama klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları sırasıyla 0.22, 0.08 ve 0.30 mg g⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Tokat il örneğinde ise hemen hemen aynı değerler (klorofil a 0.22; klorofil b 0.07; toplam klorofil 0.29 mg g⁻¹) elde edilmiştir (Çizelge 2).

Klorofil miktarı birçok çevresel faktörden etkilenerek değişim göstermektedir (Sevik ve ark., 2012). Dezhban ve ark. (2015) *R. pseudoacacia* bitkisinin ağır metallere kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) varlığına bağlı olarak oluşan stresi tolere etmek için

klorofil miktarını artırdığını tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada, üç farklı gelişme döneminde alınan *R. pseudoacacia* yaprak örneklerinin toplam klorofil miktarları (klorofil a+b) en gençten en yaşlı yapağa doğru sırasıyla %0.52, %0.97 ve %1.63 olarak belirlenmiştir (Miazek ve Ledakowicz, 2013).

Antioksidan Enzim Aktiviteleri

Araştırmada Sivas ve Tokat illerinden toplanan akasya bitkilerinin bazı antioksidan enzim aktiviteleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Akasya (*R. pseudoacacia*) bitkisinin yapraklarına ait bazı antioksidan enzim aktiviteleri

		Antioksidan enzim aktiviteleri (EU g yaprak ⁻¹)		
		CAT	POD	APX
Sivas akasya	Min.	129.9	0.005	4.09
	Max.	148.9	0.007	4.48
	Ort.	139.2±2.80 a	0.006±0.00 a	4.31±0.28 a
Tokat akasya	Min.	25.1	0.006	19.27
	Max.	38.4	0.008	26.83
	Ort.	31.94±0.78 b	0.007±0.00 a	23.43±0.97 a

Çalışmada, Sivas ilinden toplanan akasya bitkisinde CAT enzim aktivitesi 139.2 EU g yaprak⁻¹; POD enzim aktivitesi 0.006 EU g yaprak⁻¹ ve APX enzim aktivitesi 4.31 EU g yaprak⁻¹ olarak belirlenirken, Tokat ili örneğinde, CAT, POD ve APX enzim aktiviteleri sırasıyla 31.94, 0.007, 23.43 EU g yaprak⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Bu durumda, CAT aktivitesinin Sivas ili örneğinde, APX aktivitesinin Tokat ili örneğinde daha yüksek olduğu söylenebilir. POD aktivitesi ise, her iki il örneğinde de yakın bir aktivite değerine sahiptir.

Kordalı ve ark. (2021) tıbbi bitki olarak kullanılan *Malva sylvestris* L. ve *Alcea rosea* L. türlerinin antioksidan enzim aktivitesini belirledikleri bir çalışmada en yüksek enzim aktivitesini *A. rosea* L. bitkisinde tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, *A. rosea* L. bitkisinin CAT aktivitesi 1611.14 EU g yaprak⁻¹; POD aktivitesi 298.21 EU g yaprak⁻¹ ve APX aktivitesi ise 30.97 EU g yaprak⁻¹ olarak belirlenmiştir. *M. sylvestris* L. bitkisinde ise, CAT, POD ve APX aktiviteleri sırasıyla 1104, 217.68 ve 26.69 EU g yaprak⁻¹ olarak ölçülmüştür.

Ghorbanli ve ark. (2007) hava kirliliğinin *R. pseudoacacia* bitkisinin antioksidan enzimleri üzerine olan etkilerini belirledikleri çalışmalarında kirli alandan toplanan bitki örneklerinde CAT ve POD enzim aktivitelerinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Fakat kontrol grubuyla karşılaştırma yaptıklarında istatistiksel olarak sadece POD aktivitesinin yüksekliği anlamlı bulunmuştur. APX aktivitesinin ise kirli ve temiz alan örneklerinde önemli ölçüde değişiklik göstermediği belirlenmiştir.

Sonuç

Sivas ve Tokat illerinden toplanan akasya yapraklarının bazı makro ve mikro besin elementi konsantrasyonlarını, klorofil miktarlarını ve bazı antioksidan enzim aktivitelerini belirlemeye çalıştığımız bu araştırmada, makro ve mikro element konsantrasyonları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, genel olarak Tokat ilinden toplanan akasya yapraklarının daha fazla besin elementi konsantrasyonlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları açısından her iki il örneğinde de yakın sonuçlar elde edilmiştir. Stres durumlarında bitkide olumsuzluklara neden olan ROS'un temizlenmesinde görev alan antioksidan savunma sistemleri bitkiler için çok önemlidir. Çalışmamızda akasya bitkisinin CAT, POD ve APX enzim aktiviteleri belirlenmiş ve

elde edilen enzim aktivite değerleri ile Sivas ve Tokat illeri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Antioksidan enzimlerden CAT aktivitesi Sivas örneğinde, APX aktivitesi Tokat örneğinde yüksek bulunmuştur. POD aktivitesi ise hem Sivas hem de Tokat örneğinde benzer bir aktivite değerine sahiptir. Çalışmamızda akasya bitkisi ile elde edilen sonuçların genel olarak iller düzeyinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma çıktılarının akasya veya benzer bitkiler ile yapılacak farklı çalışmalara kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Kaynaklar

- Almas, S. (2016). *Bitki Aktivatörlerinin Gap Bölgesi'nde Yetiştirilen Pamuk (Gossypium hirsutum L.) Çeşitlerinin Kuraklık Toleransı Üzerine Etkisi*. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 103 sy.
- Arnon, D.I. (1949). Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
- Aslankoç, R., Demirci, D., İnan, Ü., Yıldız, M., Öztürk, A., Çetin, M., Savran, E.Ş., & Yılmaz, B. (2019). Oksidatif Stres Durumunda Antioksidan Enzimlerin Rolü- Süperoksit Dismutaz (SOD), Katalaz (CAT) ve Glutasyon Peroksidaz (GPX). *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 26(3), 362-369.
- Bremner, J.M. (1965). *Method of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Methods. *American Society of Agronomy Inc. Madison, Wise S-1149-1178, USA*.
- Cakmak, I., & Marschner, H. (1992). Magnesium Deficiency and High Light Intensity Enhance Activities of SOD, Ascorbate POD & Glutathione Reductase in Bean Leaves. *Plant Physiology*, 98, 1222-1227.
- Cakmak, I. (1994). Activity of Ascorbate-Dependent H₂O₂-Scavening Enzymes and Leaf Shlorosis are Enhanced in Magnesium and Potassium Deficient

- Leaves, but Not in Phosphorus-Deficient Leaves. *Journal of Experimental Botany*, 45, 1259-1266.
- Candan, N., & Tarhan, L. (2003). Relationship Among Chlorophyll-Carotenoid Content, Antioxidant Enzyme Activities and Lipid Peroxidation Levels by Mg²⁺ Deficiency in the *Mentha pulegium* Leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41(1), 35-40.
- Cierjacks, A., Kowarik, I., Joshi, J., Hempel, S., Ristow, M., von der Lippe, M., & Weber, E. (2013). Biological Flora of the British Isles: *Robinia pseudoacacia*. *Journal of ecology*, 101(6), 1623-1640.
- Çelik, S.A., & Ayran, İ. (2020). Antioksidan Kaynağı Olarak Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkiler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 13(2), 115-125.
- Dezhban, A., Shirvany, A., Attarod, P., Delshad, M., Matinizadeh, M., & Khoshnevis, M. (2015). Cadmium and Lead Effects on Chlorophyll Fluorescence, Chlorophyll Pigments and Proline of *Robinia pseudoacacia*. *Journal of Forestry Research*, 26(2), 323-329.
- Doğru, A. (2020). Bitkilerde Aktif Oksijen Türleri ve Oksidatif Stres. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 3(2), 205-226.
- Duman, Y.A., Acemi, A., Toygar, H.İ., Yüzügüllü, Y., & Özen, F. (2016). Tuz Stresi ve BAP Varlığında *Amsonia orientalis*' in Antioksidan Enzimlerinin İncelenmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(3), 543-551.
- Ghorbanli, M., Bakand, Z., & Bakand, S. (2007). Air Pollution Effects on the Activity of Antioxidant Enzymes in *Nerium oleander* and *Robinia pseudoacacia* Plants in Tehran. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 4(3), 157-162.
- He F, Sheng M, & Tang M 2017. Effects of *Rhizophagus irregularis* on Photosynthesis and Antioxidative Enzymatic System in *Robinia pseudoacacia* L. Under Drought Stress. *Frontiers in Plant Science* 8, 183.
- Kacar, B., & Inal, A. (2008). *Plant analysis*. Nobel Pres., 1241: 891.
- Karaaslan, E.C. (2020). *Afyonkarahisarda Farklı Ağaç Türleri Üzerinde Yetişen Viscum album L.un Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 55 sy.
- Karabulut, H., & Gülay, M.Ş. (2016). Antioksidanlar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1(1), 65-76.
- Karakeçi, H. (2015). *Şanlıurfa (Merkez)'da Motorlu Taşıt Kaynaklı Robinia pseudoacacia L. "Umbraculifera"nın Yapraklarında Biriktirdiği Pb, Zn, Cu, Ni ve Cd Ağır Metallerinin Araştırılması*. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 65 sy.
- Korkmaz, K., & Türkış, S. (2021). Türkiye'deki bazı orkide türlerinin mineral besin elementi ve ağır metal konsantrasyonları, *Akademik Ziraat Dergisi* 10(1), 137-144.
- Korkmaz, K., Kara, S. M., Özkutlu, F., Akgün, M., & Coşge Şenkal, B. (2017). Profile of heavy metal and nutrient elements in some sideritis species. *Int J Pharm*, 51, 209-212.
- Kordalı, Ş., Bozhüyük, A.U., Beyzi, E., Güneş, A., & Turan, M. (2021). Tıbbi Bitki Olarak Kullanılan *Malva sylvestris* L. ve *Alcea rosea* L. Türlerinin Antioksidan Enzim, Fenolik Madde ve Bitki Besin Element İçerikleri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(1), 786-794.
- Miazek, K., & Ledakowicz, S. (2013). Chlorophyll Extraction from Leaves, Needles and Microalgae: A Kinetic Approach. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 6(2), 107-115.
- Murphy, J., & Riley, J.P. (1962). A Modified Single Solution for the Determination of Phosphate in Natural Waters. *Analtica Chemica Acta*, 27, 31-36.
- Sarac, H., Durukan, H., & Demirbas, A. (2021). Determination of Some Nutrient Concentrations and Antioxidant Enzyme Activities of Naturally Grown Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Plant in Field Conditions. *Mathematics and Natural Sciences*, 33.
- Sevik, H., Guney, D., Karakas, H., & Aktar, G. (2012). Change to Amount of Chlorophyll on Leaves Depend on Insolation in Some Landscape Plants. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(3), 1057-1064.
- Vural, A. (2014). Toprak ve Akasya Ağacı Sürgünlerindeki İz / Ağır Metal Dağılımı, Gümüşhane – Türkiye. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 148, 85-106.
- Wakamatsu, K., & Takahama, U. (1993). Changes in Peroxidase Activity and in Peroxidase Isozymes in Carrot Callus. *Physiologia Plantarum*, 88(1), 167-171.

Wang, L., Jia, X., Zhao, Y., Zhang, C., & Zhao, J. (2022). Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Roots on Antioxidant Enzyme Activity in Leaves of *Robinia pseudoacacia* L. Seedlings Under Elevated CO₂ and Cd Exposure. *Environmental Pollution*, 294, 118652.

Wilkaniec, A., Borowiak-Sobkowiak, B., Irzykowska, L., Breś, W., Świerk, D., Pardela, L., Durak, R.,

Środulska-Wielgus, J., & Wielgus, K. (2021). Biotic and Abiotic Factors Causing the Collapse of *Robinia pseudoacacia* L. Veteran Trees in Urban Environments. *Plos One* 16(1), e0245398.

Yaban, İ., & Kabay, T. (2019). Kuraklık Stresinin Urfa Biberinde İyon Klorofil ve Enzim İçerikleri Üzerine Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 8(1), 11-17.