

Atf İçin: Toprak, T., Tunçtürk, R. ve Tunçtürk, M. (2024). Horozibiği (*Amaranthus Albus L.*) Bitkisinde Putresin Uygulamalarının Bazı Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkisi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 343-352.

To Cite: Toprak, T., Tunçtürk, R. & Tunçtürk, M. (2024). Effect of Putrescine Applications on Some Physiological Parameters in *Amaranthus Albus L.* *Journal of the Institute of Science and Technology*, 15(1), 343-352.

Horozibiği (*Amaranthus Albus L.*) Bitkisinde Putresin Uygulamasının Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi

Tülay TOPRAK^{1*}, Rüveyde TUNÇTÜRK¹, Murat TUNÇTÜRK¹

Öne Çıkanlar:

- Horoz ibiği
- Putresin
- Tıbbi bitkiler

Anahtar Kelimeler:

- Biyokimyasal madde miktarı
- Horoz ibiği
- Klorofil
- Putresin
- Tıbbi bitkiler

ÖZET:

Bu çalışma; insan gıdası, kaba yem ve yağı için yetiştirilen ve son yıllarda üzerinde yoğun araştırmalar yapılan horoz ibiği (*Amaranthus albus L.*) bitkisinde putresin uygulamalarının bazı fizyolojik parametreler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma 2022 yılında Van YYÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait tam kontrollü iklim odasında Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre faktöriyel düzende kurulmuştur. Dört tekerrürlü olarak kurulan denemede horoz ibiği bitkisi ve 4 farklı putresin dozu (0, 50, 100 ve 150 mM) kullanılmıştır. Araştırmada, toplam antioksidan aktivite, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, askorbik asit, toplam karotenoid, malonildialdehit (MDA), klorofil a, b ve toplam klorofil içeriği gibi parametreler incelenmiştir. Araştırma sonucunda; putresin dozlarının klorofil a ve toplam klorofil miktarları hariç incelenen diğer parametreler üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada, en yüksek antioksidan aktivite miktarı (19.66 µmol TE/ gTA), toplam fenolik madde miktarı (108.0 mg GAE /gTA), toplam flavonoid madde miktarı (130.37 mg QE /100gTA), askorbik asit içeriği (22.58 mg LAA /100gTA) ve toplam karotenoid içeriği (5.35 µg/g TA) 50 mM putresin uygulamalarından, en yüksek MDA içeriği kontrol parsellerinden ve en yüksek klorofil b içeriği (13.76 µg/g TA) 100 mM putresin uygulamalarından tespit edilmiştir. En düşük değerler ise genel olarak kontrol parsellerinden belirlenmiştir. Putresin uygulamaları kontrole kıyasla incelenen parametreler üzerinde olumlu ve etkili olmuştur. Bitki üzerinde kullanılan dozların herhangi bir strese neden olmadığı, MDA miktarının, kontrole göre doz arttıkça azaldığı belirlenmiştir.

Effects of Putrescine Applications on Some Physiological and Biochemical Parameters in amaranth (*Amaranthus Albus L.*) plant

Highlights:

- *Amaranthus albus L.*
- Putrescine
- Medicinal plants

Keywords:

- Biochemical content
- *Amaranthus albus*
- Chlorophyll
- Putrescine
- Medicinal plants

ABSTRACT:

This study was conducted to determine the effects of putrescine applications on some physiological parameters in *Amaranthus albus L.*, a plant that is grown for human food, fodder or oil and has been the subject of intensive research in recent years. The study was set up in a factorial design based on the Randomized Complete Block Design with four replications in a fully controlled climate chamber at the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Van Yuzuncu Yil University, in 2022. In the experiment, *Amaranthus albus L.* and four different putrescine doses (0, 50, 100, and 150 mM) were used. The parameters investigated included total antioxidant activity, total phenolic content, total flavonoid content, ascorbic acid, total carotenoid, malondialdehyde (MDA), chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll content. As a result of the study, it was found that the effect of putrescine doses on the investigated parameters, except for chlorophyll a and total chlorophyll content, was statistically significant. The highest antioxidant activity (19.66 µmol TE/ g), total phenolic content (108.0 mg GAE /g), total flavonoid content (130.37 mg QE /100g), ascorbic acid content (22.58 mg LAA /100g), and total carotenoid content (5.35 µg/g) were determined in the 50 mM putrescine treatments. The highest MDA content was found in the control plots, while the highest chlorophyll b content (13.76 µg/g) was observed in the 100 mM putrescine treatments. The lowest values were generally observed in the control plots. Putrescine treatments had a positive and effective impact on the investigated parameters compared to the control. The fact that the MDA content decreased as the dose increased compared to the control indicates that the doses used on the plant did not cause any stress..

¹Tülay TOPRAK (Orcid ID: 0000-0002-5576-2526), ¹Rüveyde TUNÇTÜRK (Orcid ID: 0000-0002-3759-8232), ¹Murat TUNÇTÜRK (Orcid ID: 0000-0002-7995-0599) Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tülay TOPRAK, e-mail: tulay1024@gmail.com

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, küresel ısınma, tarım alanlarının azalması, insanların değişen gıda ihtiyaçları ve benzeri gibi birçok neden insanı farklı ürün arayışlarına zorlamaktadır. Seçilecek bir ürünün birden fazla amaca hizmet etmesi beklenmektedir. Bu özelliklere sahip bitkilerden biri Amaran adı ile de bilinen Horozibiği bitkisidir (Pimentel ve ark., 2008). *Amaranthus* cinsi 60 kadar türü içerisinde barındırmakta ve Amaranthaceae familyası içerisinde yer almaktadır. *Amaranthus* cinsinin yaprakları sebze, çiçekleri süs bitkisi ve tüm bitki olarak hayvanlar için kaba yem olarak kullanılmaktadır (Ergun ve ark., 2014; Özasan ve Kendal, 2014). Horozibiği; tek yıllık ve fizyolojik olarak C4 bitkisi olup gövdesi 3 metreye kadar çıkabilmektedir (Amicarelli ve Camaggio, 2013).

Amaranthus cinsinde yer alan türler; tropik, yarı tropik ve diğer sıcak bölgelerde yayılış göstermektedir. Horozibiği (Amarant) yaygın olarak yabancı ot olarak bilinmesine rağmen, ABD, Çin, Rusya ve Hindistan gibi ülkelerde ticari olarak kültürü yapılmaktadır. Ülkemizde ise ticari olarak üretimi çok fazla olmayıp sadece yeşil kısımları sebze olarak kullanılmaktadır (Tan ve Temel, 2012; Ergun ve ark., 2014). Horozibiği insan gıdası, kaba yem veya yağı için tarımsal üretimi yapılan bir bitki olup son yıllarda üzerinde yoğun araştırmalar yapılmıştır (Tan ve ark., 2012). Yalancı tahıl olarak da bilinmektedir (Venskutonis ve Kraujalis., 2013). Amaran tohumlarından elde edilen un; ekmeke, bisküvi ve erişte gibi birçok fırın ürünlerine eklenmektedir (Putnam ve ark., 2014). Horozibiği bitkileri diğer birçok kültür bitkisine oranla daha az su tüketmekte ve bundan kaynaklı uzun süren susuzluğa dayanabilmektedir. Ancak horozibiği bitkisinde susuzluğun uzun sürmesi bitkinin erken çiçeklenmesine yol açmaktadır (Ergun ve ark., 2014; Putnam ve ark., 2014).

Poliaminler (PA) kalitenin korunması veya iyileştirilmesi için kullanılan maddelerden birisi olup tüm canlı organizmalarda bulunabilen, düşük molekül ağırlıklı bir aminoasit türevidir. Poliaminler; alifatik, aromatik ve heterosiklik olmak üzere üç farklı gruba ayrılmaktadır. Bitkilerde önemli fonksiyonu olan putresin, spermidin, spermin ve kadaverin olmak üzere alifatik poliaminlerin 4 tipi bulunmaktadır (Liu ve ark., 2000). Bunlardan putresin (PUT) genellikle en yüksek oranda bulunandır (Bal, 2012). Özellikle spermidine, spermine ve putresin gibi poliaminler bütün bitki hücrelerinde yer alırlar (Slocum ve Flores, 1991). Poliaminlerin hücrelerin bölünmesinde ve hücrelerin farklılaşmasında önemli rolleri bulunmaktadır (Davies, 1995). Ayrıca, dıştan uygulanan poliaminlerin; tuzluluk, soğuk ve solma gibi çeşitli stres koşullarına karşı koruyucu faktörlerinin bulunduğu araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Prakash ve Prathapasenan, 1988). Dışarıdan bitkiye uygulanan bitki büyüme düzenleyicileri arasında alternatif olarak kullanılan poliaminlerden biri de putresindir. Galston'a göre poliaminler; stres, ışık, hormon, yaşlanma ve tozlanma gibi uyarılara karşı tepkileri ile taşınmaları ve dışardan uygulamalarıyla (Tekin ve Bozcuk, 1998) bitkilerin gelişmesinde ve büyümesinde çok önemli bir düzenleyici olarak görev almaktadır (Galston ve Kaur-Shawhney, 1995; Altman ve Bachrach, 1981).

Bitkilerde bulunan poliaminler, sürgünlerin ve köklerin meydana gelmesinde, bitkinin çiçeklenmesinde, bitkilerin gelişmelerinde ve meyve olgunlaşmasında etkilidir. Ayrıca embriyo oluşmasında ve farklılaşmasında büyük rol oynamaktadır (Galston ve Kaur-Shawhney, 1995). Putresinin, spermidine dönüşümünde özellikle hücre bölünmesinin oranını belirlemede çok önemli bir yere sahip olduğu vurgulanmıştır (Galston ve Kaur-Shawhney, 1995).

Antosiyaninleri içeren flavonoidlerin bitkiler üzerindeki görevleri, patojenlere karşı koruma, biyotik ve abiyotik streslerin etkisini azaltma, bitki verimliliğinde etkili olma, böcekler için çiçekleri görünür yapmak, angiosperm çiçeklerinde renk çeşitliliğinin meydana gelmesi olarak gösterilebilir (Schwinn ve Davies, 2004). Klorofil içeriğinin, bitkinin tür ve çeşidine ait olan bir özellik olduğu bilinmektedir. Bitkilerde bulunan klorofil pigmentlerinin içeriği; hava durumu, habitat ve antropojenik

koşullara tepkilerinin bir yansıması olarak görülebilir (Selzer ve ark., 2016). Karotenoidler, genellikle meyve ve sebzelerde yer alan sarı, turuncu ve kırmızı renkler içeren pigmentlerdir. Bu pigment maddelerine, çoklu doymamış özellikteki yapıları sayesinde oldukça kolay bir şekilde okside olan bir özellik kazandırmaktadırlar (Koca ve Karadeniz, 2005). Lipid peroksidasyonunun son ürünü olan MDA oksidatif hasarın önemli göstergelerinden biridir. Çalışmalarda çeşitli stres faktörlerine maruz kalan bitkilerin MDA içeriğinin arttığı görülmektedir (Qiu ve ark., 2014; Qing ve ark., 2015; Kaya ve Doganlar, 2016).

Bu araştırma, kontrollü şartlar altında yetiştirilen horozibiği bitkisine farklı dozlarda putresin uygulamalarının bitkinin bazı biyokimyasal parametreler, fotosentetik pigment ve MDA içeriği üzerine etkilerini incelemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma 2022 yılında Van YYÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tam kontrollü iklim odasında Tesadüf Parselleri Deneme Deseni' ne göre faktöriyel düzende kurulmuştur. 4 tekerrürlü olarak kurulan denemede Amaranth (Horoz ibiği) bitkisi ve 4 farklı putresin dozu (0, 50, 100 ve 150 mM) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamı 1/3 tarla toprağı, 1/3 torf ve 1/3 perlit kullanılarak hazırlanmıştır. Ekim tarihinden hasat işlemlerinin yapıldığı tarihe kadar geçen süre boyunca Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkilerine ait tam kontrollü yetiştirme kabini kullanılmıştır. Amaranth tohumları 23.03.2022 tarihinde ekilmiştir. Tohumların, 500 cc'lik saksılarda ve her saksıya 3 adet tohum atılmak suretiyle 3-4 cm derinliğe ekimi yapılmıştır. Daha sonra tekleme işlemi yapılmıştır. Dört tekerrürlü yürütülen çalışmada bitkiler, 25°C sıcaklık, 8/16 saatlik karanlık/aydınlık fotoperiyotta ve % 65 neme sahip olan tam kontrollü yetiştirme kabinine konulmuştur. Bitkilerin su ihtiyacı göz önünde bulundurularak her saksıya gün aşırı yaklaşık 50 ml saf su verilmiştir. Ekimden 6-7 gün sonra tüm saksılarda çıkış olduğu gözlenmiştir. Bitkiler 8-10 yapraklı oldukları dönemden sonra putresin uygulamalarına başlanmış ve kontrol uygulamalarına saf su verilmiştir. Yapraklara püskürtme yöntemi ile toplamda dört defa putresin uygulaması yapılmıştır. Ekimden 45 gün sonra hasat edilen bitkilerden analizler için örnekleme yapılmış, kuru materyalde yapılacak analizler için ise, 35 °C sıcaklıktaki etüvde 72 saat boyunca kurutulmuş ve kese kağıdında muhafaza edilmiştir. Çalışmada, toplam antioksidan madde kapasite miktarı Lutz ve ark. (2011), toplam flavonoid madde miktarı Quettier-Deleu ve ark. (2000), toplam fenolik madde miktarı Obanda ve ark. (1997) ve askorbik asit miktarı, AOAC (1990) yöntemleri esas alınarak belirlenmiştir. Fotosentetik pigmentler, Lichtenthaler ve Wellburn (1983)'nin denklemleri kullanılarak hesaplanmış ve Malondialdehit miktarı (MDA), Heath ve Packer, 1968 ve Sairam ve Saxena, (2000)'nin geliştirmiş oldukları yöntemlere göre belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler COSTAT istatistik (6.3 versiyonu) programından yararlanılarak Tesadüf Parselleri Deneme Deseni' ne göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD (0.05) testine göre gruplandırılarak karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Varyans analizi sonuçlarına göre; putresin dozlarının klorofil a ve toplam klorofil miktarları hariç incelenen diğer parametreler üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli bulunduğu Çizelge 1 ve 2'de görülmektedir. Çalışmada, putresin uygulamalarının toplam antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde içeriği ve askorbik asit içeriği üzerine olan etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli iken, flavonoid madde içeriği, klorofil b ve karotenoid miktarı üzerindeki etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1 ve 2).

Horozibiği (*Amaranthus Albus L.*) Bitkisinde Putresin Uygulamasının Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi

Bu çalışmada, horozibiği bitkisinin toplam antioksidan aktivite kapasite miktarının, kontrole kıyasla putresin uygulamalarında arttığı tespit edilmiştir. En yüksek antioksidan aktivite miktarı 19.66 µmol TE/g ile 50 mM dozundan, en düşük değer ise 12.34 µmol TE/g ile kontrolden elde edildiği Çizelge 1’ den izlenebilmektedir. Razzaq ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada 0.0, 0.1, 1.0 ve 2.0 mM putresin dozlarının uygulandığı mango bitkisinde toplam antioksidan aktivite miktarının kontrol grubuna göre arttığı rapor edilmiştir. Hasanov, (2023) tarafından çilek bitkisinde yapılan araştırmada putresin (100 ppm, 150 ppm ve 200 ppm) uygulamaları sonucunda toplam fenolik ve antoksidan madde miktarında artışların gözlemlendiği ve en iyi sonucun 150 ppm putresin uygulamalarından elde edildiği bildirilmiştir. Davarynejad ve ark. (2015), farklı putresin dozları (1, 2, 3 ve 4 mmol/L) uyguladıkları erikte toplam antioksidan aktivite kapasitesinin kontrole göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar çalışmamız ile uyum göstermektedir. Antioksidanlar gıdaların bünyesinde doğal olarak bulunan bileşiklerdir (Davies, 2000; Hasler, 2000). Antioksidan etkiye sahip fenolik bileşikler, vitaminler (E vitamini ve C vitamini) ve karotenoidler, oksidatif stresle ilgili olan hastalıklardan korunmada büyük öneme sahiptirler (Davies, 2000; Hasler, 2000).

Çizelge 1. Putresin uygulamalarının horozibiğinin bazı biyokimyasal içeriği üzerine etkileri

Putresin Dozları	Toplam antioksidan aktivitesi (µmol TE/ g)	Toplam fenolik içeriği (mg GAE /g)	Toplam flavonoid içeriği (mg QE /100 g)	Askorbik asit içeriği (mg LAA /100 g)
0 (kontrol)	12.34 ^c	70.50 ^c	94.49 ^b	17.55 ^b
50 mM	19.66 ^a	108.00 ^a	130.37 ^a	22.58 ^a
100 mM	14.78 ^{bc}	75.70 ^c	122.50 ^a	22.19 ^a
150 mM	15.04 ^b	96.37 ^b	116.86 ^a	21.46 ^a
CV (%)	8.5**	5.87**	7.59*	5.62**

*:p<0.05 düzeyinde önemlilik, **: p<0.01 düzeyinde önemlilik, öd: önemli değil

Davarynejad ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, iki kayısı çeşidine 1, 2, 3 ve 4 mM putresin dozları uygulanmış ve meyveler 4°C’de %95 bağıl nemde 20 gün süreyle muhafaza edilerek 0, 5, 10, 15 ve 20. günlerde kalite parametreleri incelenmiş, incelenme sonucunda toplam fenolik madde içeriği ile toplam antioksidan kapasite bakımından iki çeşitte de putresin uygulamalarından kontrol grubuna göre daha yüksek değerler elde edildiği ve en yüksek değerlerin 4 mM putresin uygulanan meyvelerden elde edildiği bildirilmiştir. Mirdehghan ve ark. (2007) tarafından nar meyvesi kullanılarak yapılan çalışmada nar meyvesine 1 mM putresin ve spermidin daldırma yöntemi ile uygulanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre putresin ve spermidin uygulanan nar meyvelerinde askorbik asit, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antisyoinin miktarına ait değerlerin kontrol grubuna kıyasla yüksek değerlere sahip olduğu bildirilmiştir.

Putresin uygulamalarının toplam fenolik içeriği üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek değer 108.0 mg GAE/g ile 50 mM putresin uygulamalarının yapıldığı bitkilerden elde edilirken, en düşük değer kontrol (70.5 mg GAE/g) grubundan sağlanmıştır. Ancak kontrol uygulamaları ile 100 mM putresin uygulamaları arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilememiştir. *Thymus vulgaris L.* yapılan bir çalışmada, putresinin farklı dozları (0, 0.1 ve 0.2 mM) kullanılmış ve 0.2 mM putresin dozunun bitkiyi kuraklık stresinden koruduğu ve toplam fenolik madde içeriği üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Abd Elbar ve ark., 2019). Oğurlu (2023), tarafından armut bitkisinde yapılan çalışmada, uygulamalara %66 Aloe vera, MAP (Modifiye Atmosfer Paketleme), Aloe vera+MAP, Putresin (1 mM), Putresin+MAP olmak üzere beş farklı uygulama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre muhafazanın 30. gününde kontrol uygulaması dışındaki uygulamalarda toplam fenolik içeriğinin kontrol grubuna göre arttığı bildirilmiştir. Elde edilen sonuçların farklılık göstermesinin bitkilerin genetik yapısına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Fenolik bileşikler, bitkilerin büyüme ve gelişmelerinde etkili olan, pestisitlere karşı bitkilerin korunmasında önemli rolleri bulunan, meyve ve sebzelere renk ve tat özellikleri veren maddelerdir (Alasalvar ve ark., 2001). İnsan vücudunda, fenolik bileşik içeren bitkiler kullanıldıktan sonra fenolik bileşiklerin kan dolaşımına geçmesini takiben plazma antioksidan düzeylerinde önemli artışların tespit edildiği bildirilmiştir (Benzie ve ark. (1999).

Çalışmada, toplam flavonoid madde içeriği üzerinde putresin uygulamalarının etkisi incelendiğinde; en yüksek değerin 130.37 mg QE /100 g olarak 50 mM putresin uygulamalarından elde edildiği Çizelge 1' de görülmektedir. Ancak diğer putresin dozları ile aynı grup içerisinde yer almıştır. En düşük ise değer 94.49 mg QE /100 g ile kontrolden sağlanmıştır. Flavanoid maddeler; gıdalarda genellikle tat, renk, yağ oksidasyonunun engellenmesi, vitamin ve enzimlerin korunmasından sorumlu olan bileşiklerdir (Yao ve ark., 2004). Ayrıca flavonoidler; antioksidan, antiviral, antitümör ve antienflamatuar ve benzeri özelliklere sahiptir (Garcia-Lafuente, 2009; Wang ve ark., 2009).

Askorbik asit içeriği üzerinde, putresin dozlarının etkisine bakıldığında, en yüksek değerin 22.58 LAA /100 g ile 50 mM putresin uygulamalarından elde edildiği belirlenmiştir. Ancak diğer dozlar ile aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamaktadır. En düşük değer ise (17.55 LAA /100 g) kontrolden elde edilmiştir. Razzaq ve ark., (2014), tarafından yapılan çalışmada putresin uygulamalarının kontrol grubuna göre askorbik asit içeriğini arttırdığı bildirilmiştir. Askorbik asit diğer bir adıyla C vitamini, suda çözünen bir vitamindir. Askorbik asit genellikle hidroksilasyon reaksiyonunda indirgeyici olarak görev yaparlar (Halliwell ve Gutteridge, 1989). Askorbik asit, hidroksil ve süperoksit radikalleri ile kolaylıkla reaksiyona girerek bu radikallerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olurlar (Padayatty ve ark., 2003; Kasnak ve Palamutoğlu, 2015).

Güler (2019), tarafından yapılan araştırma sonucunda; bitki çeşidi ve hasat zamanının, bitkinin fenolik ve antosiyanin bileşiminde ve antioksidan özelliklerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada; klorofil a içeriği üzerinde putresin dozlarının etkisi kontrole kıyasla istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Klorofil a içeriği değerleri 22.48 ve 23.64 µg/g TA arasında değişiklik göstermiştir. Klorofil b içeriği üzerinde putresin uygulamalarının etkisi artırıcı yönde olmuştur. En yüksek değer 13.76 µg/g TA ile 100 mM putresin dozlarından elde edilirken, en düşük değer 11.82 µg/g TA kontrolden tespit edilmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde, toplam klorofil miktarı bakımından dozlar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Toplam klorofil miktarının 32.40-36.41 µg/g TA arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Putresin uygulamalarının horozibiğinin bazı fotosentetik pigment ve MDA içeriği üzerine etkileri

Putresin Dozları	Klorofil A (µg/g TA)	Klorofil B (µg/g TA)	Toplam Klorofil (µg/g TA)	Toplam karotenoid (µg/g TA)	MDA (nmol /g TA)
0 (kontrol)	22.57	11.82 ^b	32.40	4.47 ^b	8.83 ^a
50 mM	22.48	12.09 ^{ab}	34.91	5.35 ^a	7.61 ^{ab}
100 mM	23.64	13.76 ^a	36.41	4.98 ^{ab}	7.55 ^{ab}
150 mM	23.52	13.45 ^{ab}	35.64	4.58 ^{ab}	6.60 ^b
CV (%)	4.78 ^{öd}	6.57*	8.72 ^{öd}	8.10*	7.57*

*:p<0.05 düzeyinde önemlilik, **: p<0.01 düzeyinde önemlilik, öd: önemli değil

Hasanov (2023), tarafından çilek bitkisinde 100 ppm, 150 ppm ve 200 ppm putresin dozlarının kullanıldığı çalışma sonuçlarına göre, klorofil a ve b üzerinde 150 ppm putresin dozunun, klorofil a/b üzerinde ise 200 ppm putresin dozunun artırıcı etkisi olduğu tespit edilmiştir. Alizadeh ve ark. (2017) tarafından putresin uygulamalarının biberin büyüme, verim ve meyve kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada dört farklı putresin dozu (0, 0.5, 1 ve 1.5 mM) kullanılmıştır.

Putresinin yapraktan uygulanmasının bitki büyümesi ve verimini arttırdığı, en yüksek klorofil içeriğinin 1.5 mM putresin uygulamalarından elde edildiği bildirilmiştir. Ekinci ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada biber fidelerinde putresin, spermin ve spermidin uygulamalarının (0, 0.1 ve 2.5 mM) bitki büyümesi üzerindeki etkileri tespit edilmeye çalışılmış ve elde edilen verilerde putresin uygulamalarının klorofil değeri üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir. Kibar ve ark. (2020) fasulye bitkisinde yaptığı çalışmada putresin (0.1, 1 ve 2 mM) uygulamalarının toplam klorofil miktarını kontrol grubuna kıyasla arttırdığını bildirmiştir. Sardar ve ark. (2021), tarafından kişniş bitkisinde 0 (kontrol), 0.25, 0.5 ve 1 mM Putresin dozları kullanılarak yapılan çalışmada, en yüksek klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarının 0.5 putresin dozu uygulamalarından elde edildiği bildirilmiştir. Islam ve ark. (2021) tarafından şeker pancarında yapılan çalışmada 0.3, 0.6, ve 0.9 mM putresin dozları kullanılmış, elde edilen sonuçlara göre putresinin klorofil içeriği üzerine olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan farklı çalışmalarda; Zeid (2004) fasulyede, Mohamedsrajaden (2019) domateste, Shu ve ark., (2012), hıyarda; putresin uygulamalarının klorofil içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Poliaminlerin dışardan uygulanmasının bitkilerdeki hücre membran stabilitesinin ve hücre iyon dengesinin devamlılığını sağladığı, klorofil kaybının önüne geçerek, nükleik asit, protein ve koruyucu alkaloidlerin sentezlenmesini artırarak farklı stres ortamlarında, bitkilerin büyümesini ve gelişmesini önemli ölçüde iyileştirdiği tespit edilmiştir (Xu ve ark., 2011; Shi ve ark., 2013). Stres ortamında putresin birikiminin, fosfat yoksunluğu ve potasyum noksanlığında meydana geldiği (Kao, 1997), fasulye bitkisinde (Abdel-Azem ve ark., 2015), soğanda (Amin ve ark., 2011) ve acı biberde (Khan ve ark., 2012) putresin uygulamalarının fidelerin büyüme ve gelişimini olumlu yönden etki ettiği rapor edilmiştir.

Çalışmada, putresin uygulamalarının kontrole göre karotenoid içeriğini arttırmıştır. En yüksek değer 5.35 µg/g TA ile 50 mM putresin dozundan elde edilirken, en düşük değer 4.47 µg/g TA kontrolden elde edilmiştir. Hasanov, (2023) çilek bitkisinde yaptığı çalışmada putresin (100 ppm, 150 ppm ve 200 ppm) uygulamalarının karotenoid miktarında kontrole kıyasla artışa neden olduğunu tespit etmiştir. Yıldız ve ark (2014) tarafından yapılan çalışmada putresinin, karotenoid içeriğini artırdığı ve kontrol grubuna göre artışa sebep olduğu tespit edilmiştir. Sardar ve ark. (2021), tarafından kişniş bitkisinde 0 (kontrol), 0.25, 0.5 ve 1 mM Putresin dozları kullanılarak yapılan çalışmada, putresin uygulamasının kontrol grubuna göre karotenoid içeriğini artırdığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar bulgularımız ile benzerlik göstermektedir. Karotenoidler bitkilerin bünyesinde bulunan, açık sarı-kırmızı arası renkleri veren pigmentlerdir. Karotenoidler suda çözünmeyen pigmentlerdir. Bazı karotenoidler A vitamininin sentezi açısından önem taşırlar. A vitamininin eksik olması sonucu oluşabilecek hastalıkların, kronik kalp rahatsızlıklarının ve kanserin engellenmesinde önemli rollere sahiptirler. Karotenoidler taşıdıkları antioksidan özellikleri sayesinde kanseri önleme veya geciktirmede etkili olduğu düşünülmektedir (Ötleş ve Atlı, 1997). Putresin uygulamalarının MDA içeriği üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek değer 8.83 nmol /g TA ile kontrolden elde edilirken, en düşük değer ise 6.60 nmol /g TA ile en yüksek putresin dozu olan 150 mM dozundan elde edilmiştir. Hasanov (2023) tarafından yapılan çalışmada çilek bitkisine putresin (100 ppm, 150 ppm ve 200 ppm) uygulanmış, elde edilen sonuçlara göre MDA içeriğinde kontrol grubuna kıyasla önemli bir azalmanın görüldüğü belirlenmiştir. Çalışmamızla benzer sonuçların elde edildiği farklı literatürlerde; Sardar ve ark. (2021), tarafından kişniş bitkisinde 0.25, 0.5 ve 1 mM putresin dozları kullanılarak yapılan çalışmada, putresin uygulamalarının kontrol grubuna göre MDA içeriğini azalttığı, Islam ve ark. (2021) tarafından şeker pancarında yapılan çalışmada 0.3, 0.6, ve 0.9 mM putresin dozları kullanılmış ve elde edilen sonuçlara göre; MDA içeriğinin, putresin uygulamalarının artan dozlarına bağlı olarak giderek azaldığı tespit edilmiştir.

SONUÇ

Son dönemlerde bitki büyüme düzenleyicisi ve bitkilerde uyarı mekanizmasında görev alan, sekonder uyarıcı olarak bilinen poliaminlerin bitkilerdeki hücre iyon dengesini ve hücre membran stabilitesinin devamlılığını sağlayarak; klorofil kaybını önlediğini, nükleik asit, protein ve koruyucu alkaloidlerin sentezini artırarak abiyotik strese karşı tolerans geliştirmede etkili oldukları bilinmektedir. Putresin uygulamaları; çalışmada incelenen tüm kalite parametreleri üzerinde etkili ve olumlu sonuçlar ortaya koymuştur. Özellikle insan sağlığı açısından son zamanlarda tüketimi tavsiye edilen antioksidan aktivite gösteren besinlerin tüketimine yönelme durumu hali hazırda bu besinlere talebi arttırmaktadır. Bu çalışmada da görülüyor ki sebze ve çeşitli gıda bileşeni olarak kullanılan horozibiğinin yetiştiriciliğinde, putresin poliamininin antioksidan mekanizma üzerindeki etkisi olumlu ve arttırıcı yönde iken, yetiştiricilikte de ters koşullara maruz kalındığında bitkinin tolerans geliştirmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, araştırma sonuçlarımızda putresin dozlarının kontrole kıyasla fotosentetik pigmentler üzerinde de arttırıcı etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler

KAYNAKLAR

- Abd Elbar, O. H., Farag, R. E. ve Shehata, S. A. (2019). Effect of putrescine application on some growth, biochemical and anatomical characteristics of *Thymus vulgaris L.* under drought stress, *Annals of Agricultural Sciences*, Volume 64, Issue 2, 2019, Pages 129-137.
- Abdel-Azem, H. S., Shehata, S. M., El-Gizawy, A. M., El-Yazied, A. A. ve Adam, S. M. (2015). Snap Bean Response to Salicylic Acid and Putrescine Used Separately and Jointly Under Two Sowing Dates. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 5 (4): 1211-1221.
- Alasalvar, C., Grigor, J. M., Zhang, D., Quantick, P. C. ve Shahidi, F. (2001). Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. *J. Agric Food Chem* 2001;9(3):1410-6.
- Alizadeh, B., Ghahremani, Z., Barzegar, T. ve Nikbakht, J. (2017). Effect of foliar application of putrescine on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum cv. Dimaz*) under water stress. *Journal of Crops Improvement*, 19(2), 431-444.
- Amicarelli, V., Camaggi, G. (2013). *Amaranthus*: A Crop to Rediscover, Forum Ware International 2.
- Amin, A. A., Gharib, F. A. E., El-Awadi, M. ve El-Sherbeny, M. R. (2011). Physiological Response of Onion to Foliar Application of Putrescine and Glutamine. *Scientia Horticulturae*, 129: 353-360.
- AOAC, (1990). Official methods of analysis (15th ed.). *Association of Official Analytical Chemists Arlington, Virginia, USA*. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1929875>.
- Bal, E. (2012). Hasat sonrası putresin ve salisilik asit uygulamalarının kirazın soğukta muhafazası üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (2): 23-31.
- Benzie, I., Szeto, Y., Strain, J. ve Tomlinson, B. (1999). Consumption of green tea causes rapid increase in plasma antioxidant power in humans. *Nutr Cancer* 1999;34(1):83-7.
- Davarynejad, G. H., Zarei, M., Ardakani, E. ve Nasrabadi, E. M. (2013). Influence of putrescine application on storability, postharvest quality and antioxidant activity of two iranian apricot (*Prunus armeniaca L.*), *Cultivars Not Scientia Biologicae*, 5(2), 212-219.

- Davarynejad, G. H., Zarei, M. ve Nasrabadi, M. E. (2015). Salisilik asit ve putresinin erik cv. 'Santa Rosa'nın depolanabilirliği, kalite özellikleri ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkileri. *J. Food Sci Technol* 52 , 2053–2062 (2015).
- Davies, P. J. (1995). In: Davies, Editor, Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology (Second ed.). Kluwer, Dordrecht, Netherlands 1995, pp.1-12.
- Davies, K. J. A. (2000) Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems. *International Union of Biochemistry and Molecular Biology Life*, 50, 279-289.
- Ekinci, M., Yıldırım, E., Dursun, A. ve Mohamedsrajadén, N. (2019). Putrescine, spermine and spermidine mitigated the salt stress damage on pepper (*Capsicum annum* L.) seedling. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 290-299.
- Ergun, M., Özbay, N., Osmanoğlu, A. ve Çalkır, A. (2014). Sebze ve tahıl olarak amarant (*Amaranthus* spp.) bitkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(3), 21-28.
- Galston, A. W. ve Kaur-Sawhney, R. (1995). Polyamines as endogenous growth regulators; in Plant hormones: Physiology, biochemistry and molecular biology (ed.) P. J. Davies 2nd edition (Dordrecht: Kluwer Acad. Press), 158–178.
- Garcia-Lafuente, A., Guillamon, E., Villares, A., Rostagno, M. A. ve Martinez J. A. (2009). Flavonoids as antiinflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease. *Inflamm. Res.*, 58: 537–552
- Güler, H. D. (2019). Biberiye, Fesleğen, Kekik, Nane ve Stevyanın Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Kurutma Yöntemlerinin Etkisi. *Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi*. <http://acikerisim.uludag.edu.tr/items/5a19cff8-8e5a-481e-a2b2-6d3843c90895>.
- Halliwell, B. ve Gutteridge, J. M. C. (1989). Free radicals in Biology and Medicine. *Clarendon press, Oxford*, 238-240.
- Hasanov, M. (2023). Tuz Stresine Maruz Bırakılan Çilek Bitkisinde Farklı Putresin Dozlarının Fizyolojik Faaliyetler Üzerine Etkileri. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi*. s:65. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Hasler, C. M. (2000) Plants as medicine: The role of phytochemicals in optimal health. In Phytochemicals and Phytopharmaceuticals, edited by F. Shahidi and C.-T. Ho, *Champaign, Illinois: AOAC Press*, 1-12..
- Heath, R. L. ve Packer, L. (1968) İzole Kloroplastlarda Fotoperoksidasyon: I. Yağ Asidi Peroksidasyonunun Kinematığı ve Stokiyometrisi. *Biyokimya ve Biyofizik Arşivleri*, 125, 189-198.
- Islam, M. J., Uddin, M. J., Hossain, M. A., Henry, R., Begum, M. K., Sohel, M. A. T., Mou, M. A., Ahn, J., Cheong, E. J. ve Lim, Y. S. (2022). Exogenous putrescine attenuates the negative impact of drought stress by modulating physio-biochemical traits and gene expression in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *PLoS One*. 2022 Jan 7;17(1).
- Kasnak, C. ve Palamutoğlu, R. (2015). Doğal Antioksidanların Sınıflandırılması ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(5),226-234.
- Kao, C. H. (1997). Physiological Significance of Stress-Induced Changes in Polyamines in Plants. *Bot. Bull. Acad. Sin.*38:141-144.
- Kaya, A. ve Doganlar, Z.B. (2016). Exogenous jasmonic acid induces stress tolerance in tobacco (*Nicotiana tabacum*) exposed to imazapic. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.
- Kibar, B., Şahin, B. ve Kiemde, O. (2020). Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Farklı Tuz ve Putresin Uygulamalarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(4), 2315-2327.
- Koca, N. ve Karadeniz, F. (2005). Gıdalardaki doğal antioksidan bileşikler. *Gıda*, 30(4): 229-236.
- Lichtenthaler, H. K. ve Welburn, A. R. (1985). Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. *Biol. Soc. Trans.*, 11. 591-592.
- Liu, K., Fu, H. H., Bei, Q. X. ve Luan, S. (2000). Inward potassium channel in guard cells as a target for polyamine regulation of stomatal movements. *Plant Physiology*, 124, 1315–1325.

- Lutz, M., Jorquera, K., Cancino, B., Ruby, R. ve Henriquez, C. (2011). Phenolics and antioxidant capacity of table grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars grown in Chile. *Journal of Food Science*, 76:1088-1093. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02298.x.
- Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Serrano, M. ve Valero, D. (2007). Pre-Storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf-life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. *Postharvest Biol. Technology*, 44(1): 26-33.
- Mohamedsrajaaden, N. S. (2019). Poliaminlerin Tuzlu Şartlarda Domateste Çimlenme, Fide Gelişimi, Antioksidan Enzim Aktivitesi ve Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Obanda, M., Owuor, P. O. ve Taylor, S. J. (1997). *Flavanol composition and caffeine content of green leaf as.*
- Oğurlu, F. (2023). Armut meyvelerinin soğukta muhafazasına modifiye atmosfer paketleme, aloe vera kaplama ve putresin uygulamalarının etkisi. Siirt Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü*. Yüksek Lisans Tezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Ötleş, S. ve Atlı, Y. (1997). Karotenoidlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(1), 249-254.
- Özaslan C. ve Kendal, E. (2014). Lice Domatesi Üretim Alanlarındaki Yabancı Otların Belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 4(3), 29-34.
- Padayatty, S. J., Katz, A. ve Wang, Y. (2003). Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *J. Am Coll Nutr*, 22, 18-35.
- Pimentel, D., Marklein, A., Toth, M. A., Karpoff, M., Paul, G. S., McCormack, R., Kyriazis, J. ve Krueger, T. (2008). Biofuel Impacts on World Food Supply: Use of Fossil Fuel, *Land and Water Resources, In: Energies* 1, pp. 41-78.
- Prakash, L. G. ve Prathapasenan. G. (1988). Putrescine reduces NaCl-induced inhibition of germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.), *Aust. J. Plant. Physiol.* 15, 761-767.
- Putnam, D. H., Oplinger, E. S., Doll, J. D. & Schulte, E. M. (2014). *Amarant*. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/amaranth.html> (Erişim tarihi: 19.03.2014).
- Qing, X., Zhao, X., Hu, C., Wang, P., Zhang, Y., Zhang, X., Wang, P., Shi, H., Shi, H., Jia, F. ve Qu, C., (2015). Selenium alleviates chromium toxicity by preventing oxidative stress in cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*) leaves. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 114: 179-189.
- Qiu, Z., Guo, J., Zhu, A., Zhang, L. ve Zhang, M., (2014). Exogenous jasmonic acid can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 104: 202-208.
- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, J., Luyck, M. ve Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology* 72:35-40.
- Quinet, P., Vinogradoff, V., Palmeri, P. & Biemont, E. (2010). *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* 43 144003.
- Razzaq, K., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M. ve Ullah, S. (2014). Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in 'Samar Bahisht Chaunsa' mango. *Postharvest Biology and Technology*, 96, 23-32.
- Sairam, R. K. ve Saxena, D. C. (2000). Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: Possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 184(1):55-61.
- Sardar, R., Ahmed, S. ve Yasin, N. A. (2021). Antioksidan sistemi düzenleyerek *Coriandrum sativum*'daki kadmiyum stresinin iyileştirilmesinde ekzojen olarak uygulanan putrescinin rolü. *Uluslararası Fitoremediasyon Dergisi*, 24 (9), 955-962. <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1985961>
- Schwinn, K. E. & Davies, K. M. (2004). Flavonoids, in *Plant Pigments and Their Manipulation*, Annual Plant Reviews, Vol 14 (Ed. K Davies), *Blackwell Publishing*, 92-149.
- Selzer, L. J. ve Busso, C. A. (2016). Pigments and photosynthesis of understory grasses: Light irradiance and soil moisture effects. *Russian Journal of Plant Physiology*, 63, 224-234.

- Shi, H., Ye, T. ve Chan, Z. (2013). Comparative Proteomic and Physiological Analyses Reveal the Protective Effect of Exogenous Polyamines in the Bermuda Grass (*Cynodon dactylon*) Response to Salt and Drought Stresses. *Journal of Proteome Research*, 12: 4807-4829.
- Shu, S., Gua, S. R., Sun, J. ve Yuan, L. Y. (2012). Effects of Salt Stress on the Structure and Function of the Photosynthetic Apparatus in *Cucumis sativus* and its Protection by Exogenous Putrescine. *Physiologia Plantarum*, 146: 285-296.
- Slocum, R. D. & H. E. Flores, (Eds.), (1991). Biochemistry And Physiology Of polyamines in Plants, *Crc Press, Boca Raton, Fl, Usa*, 23-40.
- Tan, M. ve Temel, S. (2012). Alternatif Yem Bitkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları*.
- Tan, M., Koç, A. ve Dumlu Gul, Z. (2012). Morphological characteristics and seed yield of East Anatolian local forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) ecotypes. *Turkish Journal of Field Crops*. 17(1):24- 30.
- Tekin, F. ve Bozcuk, S. (1998). *Helianthus annuus* L. var. Santefe (Ayçiçeği) tohumlarının çimlenmesi ve erken büyüme üzerine tuz ve dışsal putresin'in etkileri. *Turkish Journal of Biology*. 22: 331-340.
- Venskutonis, P.cR. ve Kraujalis, P. (20013). Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12:381-412.
- Wang, L., Lee, I. M., Zhang, S. M., Blumberg, J. B., Buring, J. E. ve Sesso, H. D. (2009). Dietary intake of selected flavonols, flavones, and flavonoid-rich foods and risk of cancer in middle-aged and older women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 89(3): 905-912.
- Xu, X., Shi, G., Ding, C., ve Xu, Y. (2011). Regulation of Exogenous Spermidine on the Reactive Oxygen Species Level and Polyamine Metabolism in *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb under Copper Stress. *Plant Growth Regulation*, 63: 251-258.
- Yao, L. H., Jiang, Y. M., Shi J., TomasBarberan, F. A., Datta, N., Singanusong R. ve Chen, S.S. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition* 59: 113-122.
- Yıldız, M., Terzi, H. ve Akçalı, N. (2014). Bitki Tuz Stresi Toleransında Salisilik Asit ve Poliaminler (021002) (7-22). Afyon Kocatepe Üniversitesi. *Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(2), 7-22.
- Zeid, I. M. (2004). Response of Bean (*Phaseolus vulgaris*) to Exogenous Putrescine Treatment under Salinity Stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7 (2): 219-225...