

Gökhan BAKTEMUR^{1a*}

¹Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Sivas

^{1a}ORCID: 0000-0002-0362-5108

*Sorumlu yazar (Corresponding author):

gbaktemur@gmail.com

DOI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.73653>

[25](#)

Alınış (Received): 28/07/2022

Kabul Tarihi (Accepted): 30/08/2022

Anahtar Kelimeler

Eruca sativa, kurşun, *in vitro*, tohum

Keywords

Eruca sativa, lead, *in vitro*, seed

***in Vitro* Koşullar Altında Farklı Konsantrasyonlarda Hazırlanan Kurşun (Pb) Ağır Metalinin Roka (*Eruca sativa* L.) Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkilerinin Saptanması**

Özet

Bu çalışmada, *in vitro* koşullar altında değişik dozlarda hazırlanan Kurşun (Pb) ağır metalinin roka (*Eruca sativa* L.) bitkisi gelişimi üzerine etkileri tespit edilmiştir. Araştırmada, MS ortamına 0, 100, 200, 300, 400 ve 500 µM dozları ile hazırlanmış kurşun ağır metali eklenmiştir. Denemede, yaprak sayısı (adet), sürgün uzunluğu (mm), kök sayısı (adet), ve kök uzunluğu (mm) incelenmiştir. Çalışmada yaprak sayısı dışında diğer parametreler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sürgün uzunluğu bakımından en yüksek değer (24.75 mm) Pb-K ortamında elde edilmiştir. Ortamlar arasında kök sayısı en fazla (3.00 adet) Pb-K görülürken, kök uzunluğu (42.82 mm) kontrol grubu olan Pb-K ortamında belirlenmiştir. Deneme sonuçları dikkate alındığında kontrol grubu olarak hazırlanan besin ortamlarında yetiştirilen bitkilerin gelişiminin daha iyi olduğu, ortamlarda bulunan kurşunun konsantrasyonunun artması sonucunda bitkilerin gelişiminin yavaşladığı görülmüştür.

Determination of the Effects of Lead (Pb) Heavy Metal Prepared at Different Concentrations under *in Vitro* Conditions on the Growth of Arugula (*Eruca sativa* L.) Plant

Abstract

In this study, the effects of Lead (Pb) heavy metal prepared at different doses under *in vitro* conditions on the growth of arugula (*Eruca sativa* L.) plant were determined. In the study, lead heavy metal was added to the MS medium at doses of 0, 100, 200, 300, 400 and 500 µM. In the experiment, the number of leaves (number), shoot length (mm), root number (number), and root length (mm) were examined. Except for the number of leaves, other parameters were found to be statistically significant in the study. In the experiment, the number of leaves (number), shoot length (mm), root number (number), and root length (mm) were examined. Except for the number of leaves, other parameters were found to be statistically significant in the study. The highest value (24.75 mm) in terms of shoot length was obtained in Pb-K medium. Among the media, the highest number of roots (3.00) was observed in Pb-K, while the root length (42.82 mm) was determined in the control group Pb-K media. Considering the experimental results, it was observed that the growth of the plants grown in the nutrient media prepared as the control group was better, and the growth of the plants slowed down as a result of the increase in the concentration of lead in the media.

GİRİŞ

Roka (*Eruca vesicaria*), tek yıllık yetiştirilen, dik gövdeye sahip, acımsı bir tadı olan, turpgiller (*Brassicaceae*) familyasına ait otsu bir bitkidir. Roka bitkisinin yaprakları değişik kültürlerde farklı amaçlara göre salata, börek, çay ve çorbalarda kullanılmaktadır (Vural ve ark., 2000). Orijini Akdeniz ülkeleri olarak bilinmekle birlikte en yaygın yetiştiriciliği yapılan yerler; Akdeniz ve Batı Avrupa ülkeleri, Yunanistan, İtalya ve İspanya'dır. Sofralarımızda özellikle kış aylarında büyük oranda tercih edilen, ilaç sanayinde (yaraların iyileştirilmesinde), yağ endüstrisinde, kurutulan yaprakları çay yapımında, salata ve çorbalarda kullanılan roka, önemli bir ekonomik değere sahiptir. Bunların yanında idrar söktürücü, sindirimi düzenleyici ve iştah açıcı özellikleri ile insan sağlığına faydaları bulunmaktadır. Kimyasal bileşiminde ise A, C vitaminleri ve bolca mineral madde (Fe, P, Ca, Mg) bulunmaktadır (Barillari ve ark., 2005; Sayılıkan Mansuroğlu ve ark., 2011; Özdemir ve ark., 2021). Bitkinin sağlıklı büyüüp gelişebilmesi, toprakta bulunan yararlı bitki besin elementlerine bağlıdır. Bazı durumlarda toprakta biriken ağır metaller bitki gelişimine son derece büyük zarar vermektedir. Ekolojik sisteme neredeyse en büyük zararı verme özelliği taşıyan, metal veya bileşik formlarının her ikisinde de toksik özelliğe sahip olan kurşun (Pb), çevresel kirliliğe sebep olan en önemli ağır metaldir (Saygıdeğer, 1995; Karademir ve Toker, 1995; Okçu ve ark., 2009). Toprakta yüksek konsantrasyonda kurşun bulunması ve bu elementin yoğun miktarlarına maruz kalınması, bitki ve bitkilerle beslenen canlılarda olumsuz etkilere sebep olabilmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2007). Kurşun elementinin toprakta 10-100 mg/kg arasında bulunması, normal seviyeler olarak kabul edilmektedir (Yıldız, 2001). Bitki daha yüksek oranlarda ağır metale maruz kaldığında gelişimi

yavaşlamakta ve neredeyse durmaktadır (Çepel, 1997). Bu nedenle ülkemiz için önemli bir ekonomik ve kültürel değere sahip olan roka bitkisinin ağır metaller içerisinde özellikle kurşun elementine karşı tolerans seviyesini belirlemek oldukça güncel bir araştırma olacaktır. Bu çalışma, Roka (*Eruca sativa* L.) tohumlarına *in vitro* koşullarda kurşun (Pb) metallerinin farklı dozlarda uygulanmasının bitki gelişimi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi'ne ait bitki doku kültürü laboratuvarında 2022 yılında yürütülmüştür. Araştırmada Bengi çeşidinin tohumları bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Deneme kapsamında Kurşun (Pb) ağır metallerinin farklı konsantrasyonları 0, 100, 200, 300, 400 ve 500 µM kullanılarak ortamlar hazırlanmıştır (Çizelge 1). Besin ortamı olarak 4.4 g/L MS (Murashige ve Skoog 1962) + 30 g/L sakkaroz 7 g/L agar kullanılmıştır. Ortamların pH dengesi 5.8 olacak şekilde ayarlanmıştır. Hazırlanmış besin ortamları 121 °C, 1.2 atm basınçta 15 dakika süre ile otoklavda sterilizasyonu gerçekleştirilmiştir. Besin ortamları sterilizasyon sonrası steril kabinde 90 mm çaplı steril petrilere dökümü yapılarak katılaşması için bekletilmiştir. Araştırmada kullanılan roka tohumları %20'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 20 dakika bekletilmiş daha sonra steril saf su ile en az 4-5 defa çalkalanarak materyallerin sterilizasyonu yapılmıştır. Sterilizasyonu tamamlanan tohumlar steril kabin içerisinde petrilere her petri de 5 tohum (her bir uygulamada 100 tohum) olacak şekilde ekimi gerçekleştirilmiş 25 ± 2 °C sıcaklık ve 3.000 lüks' lük ışık altında 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak şekilde bekletilmiştir.

Çizelge 1. Kurşun ağır metalinin adlandırılması

Konsantrasyonlar	Kurşun
Kontrol	Pb-K
100 µM	Pb-1
200 µM	Pb-2
300 µM	Pb-3
400 µM	Pb-4
500 µM	Pb-5

Denemede yapılan ölçümler

Yaprak sayısı: Her bitkide, yaprak oluşumlarının sayılmasıyla adet olarak belirlenmiştir. Kök sayısı: Her bitkide oluşan kökler adet olarak ölçülmesiyle bulunmuştur. Sürgün uzunluğu: Her bitkide oluşan sürgünler kumpas yardımıyla mm olarak tesadüfi olarak seçilen ölçülmesiyle hesaplanmıştır. Kök uzunluğu: Her bitkide oluşan kökler kumpas yardımıyla mm olarak tesadüfi olarak seçilen ölçülmesiyle tespit edilmiştir.

İstatistiksel veriler

Çalışma, 4 tekerrürlü ve her bir tekerrürde 5 petri olacak şekilde Tesadüf Parselleri Deneme Deseni 'ne göre yürütülmüştür. Sonuçlar JMP 8.0.1 istatistik paket programında analiz edilmiş farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu durumlarda, LSD testi uygulanarak harflendirme gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA**Farklı dozlarda hazırlanmış kurşun (Pb) ağır metalinin roka bitkisinde yaprak sayısının belirlenmesi**

Çizelge 2'de değişik dozlarda hazırlanmış Pb ağır metalinin roka bitkisindeki yaprak sayıları (adet) incelenmiştir. Çizelge'ye göre Pb ağır metalinin yaprak sayıları istatistiksel olarak

önemli bulunmamıştır. Yaprak sayısı en fazla aynı sayıda gerçekleşen Pb-K (2.60 adet), ve Pb-1 (2.60) ortamlarında elde edilirken en az yaprak sayısı Pb-5 (1.60) ortamında gerçekleşmiştir. Sevim ve ark. (2022), beş farklı dozda kurşun ağır metalinin sorgum tohumlarının çimlenme oranı, bitki uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak uzunluğu kök sayısı ve kök uzunluklarını belirledikleri çalışmada ortamlar arasında en yüksek yaprak sayısını M4 (6.11 cm) ortamında elde etmiştir. Kara ve ark. (2022a), farklı ağır metallerle yaptıkları çalışmada patlıcan bitkisinin kök ve yaprak sayılarını belirlemişlerdir. Çalışmada Bakır ve Kadmiyum ağır metallerinin kontrol uygulamalarında yaprak sayısı yüksek bulunmuş, Kobalt ve Nikel ağır metallerinde Kontrol ve 100 µM konsantrasyonlarının bulunduğu ortamlardan en yüksek yaprak sayısını saptamışlardır. Kara ve Baktemur (2022a), kırmızı baş lahanada Kurşun ağır metalinin değişen konsantrasyonlarının çimlenen tohum sayısı, kotiledon sayısı, kök sayısı, yaprak sayısı, sürgün ve kök uzunluğu üzerine etkilerini belirledikleri çalışmada yaprak sayısı en fazla kontrol grubundan elde etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatür sonuçlarını destekler niteliktedir.

Çizelge 2. Değişik dozlarda Pb ağır metal eklenerek hazırlanan besin ortamlarındaki yaprak sayıları

Konsantrasyonlar	Yaprak sayısı
Pb-K	2.60
Pb-1	2.60
Pb-2	2.40
Pb-3	2.40
Pb-4	2.20
Pb-5	1.60
LSD	Ö.D.

*P < 0.05, **P ≤ 0.01, ***P ≤ 0.001, Ö.D; Önemli değil

Farklı dozlarda hazırlanmış kurşun (Pb) ağır metalinin roka bitkisinde sürgün uzunluğunun belirlenmesi

Farklı dozlarda hazırlanmış Pb ağır metalinin roka bitkisindeki sürgün uzunlukları (mm) Çizelge 3'de belirlenmiştir. Denemede Pb ağır metalinin sürgün uzunlukları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 3'e göre sürgün gelişimi en fazla (24.75 mm) Pb-K ortamında görülür iken en az sürgün gelişimi (11.70 mm) Pb-4 ortamında tespit edilmiştir. Heidari ve Sarani (2011), *Sinapis arvensis* bitkisine 300 µM Pb uygulamasının sürgün uzunluğu %38.62 ve taze fide ağırlığı %33.33 oranında azalttığını dikkat çekmişlerdir. Zhi ve ark. (2015) Cu, Ni, Zn, Hg, Cr, Pb ve Cd ağır metalinin *Eruca sativa*'da tohum çimlenmesine ve erken fide büyümesine etkisini laboratuvar koşullar altında değerlendirilmiştir. Zn ve Ni dışındaki tüm ağır metaller önce kök uzunluğunu, ardından sürgün uzunluğunu veya taze fide

ağırlığını azalttığını belirtmişlerdir. Baran ve ark. (2022), beş farklı dozda kurşun ağır metalinin hıyarda sürgün gelişimi açısından etkilerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda ortamlar ve zaman arasındaki ilişkide en uzun sürgün uzunlukları 500 µM dozunda M5 (4.39 cm) ortamının beşinci gününde tespit etmişlerdir. Kara ve ark. (2022b), ağır metallerin *in vitro* koşullarda biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini tespit etmişlerdir. Denemede kadmiyum, kobalt, nikel, alüminyum, kurşun, krom, bakır ağır metallerinin farklı (hiç ağır metal içermeyen ortam kontrol, 100 µM, 200 µM, 300 µM, 400 µM ve 500 µM) dozları kullanılmıştır. Sonuç olarak, ağır metallerin bitki içerisinde bulunduğu gelişme dönemine, ağır metalin cinsine ve ortamda bulunan konsantrasyonuna göre değişiklik gösterdiğini dikkat çekmişlerdir. Deneme kapsamında yapılan çalışmanın sonuçları literatürle benzerlik görünmektedir.

Çizelge 3. Değişik dozlarda Pb ağır metal eklenerek hazırlanan besin ortamlarındaki sürgün uzunlukları

Konsantrasyonlar	Sürgün uzunluğu
Pb-K	24.75 a
Pb-1	20.09 ab
Pb-2	14.75 cd
Pb-3	18.64 bc
Pb-4	11.70 d
Pb-5	15.37 bcd
LSD***	5.15

*P < 0.05, **P ≤ 0.01, ***P ≤ 0.001, Ö.D; Önemli değil

Farklı dozlarda hazırlanmış kurşun (Pb) ağır metalinin roka bitkisinde kök sayısının belirlenmesi

Farklı dozlarda hazırlanmış Pb ağır metalinin roka bitkisindeki kök sayıları (adet) istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve Çizelge 4'te sunulmuştur. Pb ağır metalinin roka bitkisindeki kök sayısı en fazla (3.00 adet) Pb-K ortamında belirlenmiş olup kök sayısı en az aynı grupta yer alan Pb-1 (2.00 adet), Pb-2 (1.80 adet), Pb-3 (1.60 adet), Pb-4 (1.40 adet) ve

Pb-5 (1.20 adet) ortamlarında saptanmıştır. Nandakumar ve ark. (1995), Pb ile uygulanmış ayçiçeği bitkilerinin kök büyümesinin kontrollere kıyasla geciktirdiğini tespit etmişlerdir (Jadia ve Fulekar 2008). Nouri ve ark. (2019), kadmiyum konsantrasyonlarının artması sonucu *H. vulgare* ve *H. distichum*'un kök gelişimini baskıladığını tespit etmişlerdir. Baran ve ark. (2022)'nin farklı dozlarda kurşun eklenen besin ortamlarında gelişen bitkilerin kök uzunluğunu belirledikleri

çalışmada ortamlar ve zamanın arasındaki etkileşime göre en yüksek kök uzunluğu onuncu günün sonunda 100 µM dozunda M1 (3.49 cm) ve kontrol (3.41 cm)

uygulamalarından elde etmişlerdir. Baran ve ark. (2022) tarafından elde edilen sonuçlar, denememizin sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4. Değişik dozlarda Pb ağır metal eklenerek hazırlanan besin ortamlarındaki roka bitkisine ait kök sayıları

Konsantrasyonlar	Kök sayısı
Pb-K	3.00 a
Pb-1	2.00 b
Pb-2	1.80 b
Pb-3	1.60 b
Pb-4	1.40 b
Pb-5	1.20 b
LSD**	0.84

*P < 0.05, **P ≤ 0.01, ***P ≤ 0.001, Ö.D; Önemli değil

Farklı dozlarda hazırlanmış kurşun (Pb) ağır metalinin roka bitkisinde kök uzunluğunun belirlenmesi

Farklı dozlarda Pb ağır metalinin hazırlanmış roka bitkisindeki kök uzunlukları (mm) Çizelge 5’de verilmiştir. Besin ortamları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Roka bitkisinin kök uzunluğu bakımından Pb ağır metali ile hazırlanmış ortamlarda en fazla gelişim Pb-K (42.82 mm) ortamında elde edilmiştir. Kök uzunluğu en az gelişen ortamlar ise aynı grupta yer alan Pb-5 (13.76 mm) ve Pb-4 (10.09 mm) ortamlarında tespit edilmiştir. Doğaroğlu (2018), marul tohumlarına değişik dozlarda uygulanan Pb metalinin, 256 mg L⁻¹ Pb konsantrasyonunda kök oluşumunun gerçekleşmediğini bildirmiştir. Tunçtürk ve

ark. (2020), kadmiyum stresi altında yetiştirilen *Trigonella foenum-graecum* L. bitkisinin büyüme ve fizyolojik parametrelerinin belirledikleri çalışmada, Cd dozları artması sonucu strese bağlı büyüme parametrelerinde azalmalara sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Kara ve Baktemur (2022b), beyaz baş lahanada farklı ağır metaller ile hazırlanmış ortamlarda kök uzunluğunu inceledikleri çalışmada en yüksek kök uzunluğunun nikel ortamında 200 µM dozunda Ni-2 (56.61 mm), kobalt ortamında 100 µM dozunda Co-1 (65.70 mm), bakır ortamında Cu-K (38.02 mm), alüminyum ortamında Al-K (51.47 mm) ve kadmiyum ortamında Cd-K (48.96 mm) saptamışlardır. Deneme kapsamında yapılan çalışmanın sonuçları literatürle benzerlik görünmektedir.

Çizelge 5. Değişik dozlarda Pb ağır metal eklenerek hazırlanan besin ortamlarındaki roka bitkisinin kök uzunlukları

Konsantrasyonlar	Kök uzunluğu
Pb-K	42.82 a
Pb-1	27.30 b
Pb-2	18.31 bc
Pb-3	24.92 b
Pb-4	10.09 c
Pb-5	13.76 c
LSD***	9.03

*P < 0.05, **P ≤ 0.01, ***P ≤ 0.001, Ö.D: Önemli değil

SONUÇ

Farklı dozlarda hazırlanmış Kurşun ağır metalinin roka bitkisinde yaprak sayısı, sürgün uzunluğu, kök sayısı ve kök uzunluğu etkileri incelenmiştir. Çalışmada yapılan analizler sonucunda kontrol grubu olarak hazırlanan besin ortamlarında yetiştirilen bitkilerin gelişiminin daha iyi olduğu, konsantrasyonunun artması sonucunda bitkilerin gelişiminin yavaşladığı görülmüştür. Araştırma sonuçları dikkate alındığında ağır metal tolerans düzeyini değerlendirmek için *in vivo* koşullar altında yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Baran, O., Kara, E., Karaköy, T., Baktemur, G. 2022. *in vitro* koşullarda uygulanan bazı ağır metallerin hıyar (*Cucumis sativus* L.) bitkisinin gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. 8th International Mardin Artuklu Scientific Researches Conference June 4-6, p: 1296-1314, Mardin.
- Barillari, J., Canistro, D., Paolini, M., Ferroni, F., Pedulli, G.F., Iori, R., Valgimigli, L. 2005. Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill.) seeds and sprouts. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 2475–2482.
- Çepel, N. 1997. Toprak kirliliği erozyon ve çevreye verdiği zararlar. TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları No:14 İstanbul.
- Doğaroğlu, Z.G. 2018. Kadmiyum, kurşun ve çinko metallerinin marul (*Lactuca sativa* L.) tohumlarının çimlenme özellikleri üzerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 23(2): 299-308.
- Heidari, M., Sarani, S. 2011. Effects of lead and cadmium on seed germination, seedling growth and antioxidant enzymes activities of mustard (*Sinapis arvensis* L.). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 6: 44-47.
- Jadia, C., Fulekar, M.H. 2008. Phytoremediation: the application of vermicompost to remove zinc, cadmium, copper, nickel and lead by sunflower plant, Environmental Engineering and Management Journal, 7(5): 547-558.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven, A., Timur, S. 2007. Metallerin çevresel etkileri I. www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf, (Erişim Tarihi: 13.05.2007).
- Kara, E., Baktemur, G. 2022. *in vitro* koşullarda farklı ağır metallerde yetiştirilen kırmızı baş lahanada (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) bitkisinin gelişim durumunun belirlenmesi. 3. International Scientific Research And Innovation Congress. 27-28 Ağustos, s: 567-579, İstanbul.
- Kara, E., Sarıkaya, M.S., Çilesiz, Y., Akkaş, F., Karaköy, T., Baktemur, G. 2022. Farklı dozlarda uygulanan ağır metallerin *in vitro* koşullarda biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisi gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 9(4): 957–967.
- Kara, E., Baktemur, G. 2022. *in vitro* koşullarda bazı ağır metal uygulamalarının beyaz baş lahanada (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) üzerine etkilerinin saptanması. Ege 6th International Conference On Applied Sciences, September, 10- 11, p: 254-262.
- Kara, E., Çilesiz, Y., Baktemur, G. 2022. Farklı dozlarda hazırlanmış ağır metallerin *in vitro* koşullarda patlıcan (*Solanum melongena* L.) bitkisine etkileri. Sivas International Conference On Scientific And Innovation Research, pp: 364-373, Sivas.

- Karademir, M., Toker, M.C. 1995. Ankara'nın bazı kavşaklarında yetişen çim ve bitkilerde egzoz gazlarından gelen kurşun birikimi. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. 699-711, Ankara.
- Murashige, T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, 15(3): 473-497.
- Nandakumar, P.B.A., Dushenkov, V., Motto, H., Raskin, I. 1995. Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils, *Environ. Sci. Technol.*, 29: 1232-1238.
- Nouri, M., El Rasafi, T., Haddioui, A. 2019. Responses of Two Barley Subspecies to *in vitro*-Induced heavy metal stress: seeds germination, seedlings growth and cytotoxicity assay. *Agriculture Pol'nohospodárstvo*, 65(3): 107-118.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M., Pehlivan, M. 2009. Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alınleri*, 17(B): 14-26.
- Özdemir, A.E., Mansuroğlu, G.S., Sermenli, T., Baltaer, Ö., Bozkurt, S., Uygur, V. 2021. Yetiştirme döneminde uygulanan farklı azot dozlarının roka (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa* Mill.)'nın soğukta muhafaza ve raf ömrüne etkisi. *Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Adına Sahibi*, 104.
- Saygıdeğer, S. 1995. *Lycopersicum esculentum* L. bitkisinin çimlenmesi ve gelişimi üzerine kurşunun etkileri. 2. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, s: 588-597, Ankara.
- Sayıllıkan Mansuroğlu, G., Bozkurt, S., Telli, S., Uygur, V. 2011. Nitrate, nitrite and chlorophyll contents of parsley irrigated with different water levels of mini sprinkler irrigation under different amounts of nitrogen fertilizers. *Journal of Cell and Plant Sciences*, 2(3): 1-8.
- Sevim, A., Yüce, İ., Bekiş, P., Çilesiz, Y., Karaköy, T. 2022. Determination of the effects of some heavy metals applied in vitro conditions on the development of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). 8th International Mardin Artuklu Scientific Researches Conference, June 4-6, pp: 1283-1295. Mardin.
- Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., Nohutçu, L. 2020. Kadmiyum stresi altında yetiştirilen *Trigonella foenum-graecum* L. bitkisinin bazı büyüme ve fizyolojik parametrelerinin incelenmesi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 8(2): 455-464.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ. 2000. Kültür sebzeleri (sebze yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova, İzmir, s. 440.
- Yıldız, N. 2001. Toprak kirletici bazı ağır metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (2): 207-213.
- Zhi, Y., Deng, Z., Luo, M., Ding, W., Hu, Y., Deng, J., Li, Y., Zhao, Y., Zhang, X., Wu, W., Huang, B. 2015. Influence of heavy metals on seed germination and early seedling growth in *Eruca sativa* Mill.. *American Journal of Plant Sciences*, 6: 582-590.