

## 24–EPIBRASSINOSTEROİDİN KADMIYUM STRESİ KOŞULLARINDA ÇİLEK FİDELERİNİN VEJETATİF BÜYÜME KRİTERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Güliden BALCI<sup>1</sup>

Dr., Öğr. Üyesi, Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, YOZGAT  
Geliş Tarihi / Received: 13.09.2018 Kabul Tarihi / Accepted: 29.11.2018

### ÖZ

Çalışma 24–epibrassinosteroidin (BR), kadmiyum stresi koşullarında yetiştirilen çilek fidelerinde vejetatif büyüme üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla saksılarda yürütülmüştür. Bu amaçla yetiştirme ortamlarına farklı miktarlarda Cd (0, 1.5, 3 ppm) bulaştırılmış ve çilek fidelerinin yapraklarına farklı konsantrasyonlarda BR (0, 0.5, 1 µM) uygulanmıştır. Çilek fidelerinde BR uygulamalarının Cd stresi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yaprak sayısı, yaprak alanı, kök uzunluğu, gövde çapı, yaprak, gövde ve kök yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak klorofil içeriği (SPAD), antosiyanin ve membran geçirgenliği (EC) değerleri ölçülmüştür. Araştırma sonucunda 0.5 µM BR uygulaması yaprakların klorofil içeriği ve gövde kuru ağırlığı, 1 µM BR uygulaması kök uzunluğu ve kök yaş ağırlıkları üzerine önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak BR uygulamalarının çilek fidelerinde Cd stres koşullarını hafiflettiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çilek, Cd stresi, 24–epibrassinosteroid, vejetatif büyüme

### EFFECT OF 24–EPIBRASSINOSTEROID ON THE VEGETATIVE GROWTH CRITERIA OF STRAWBERRY SEEDLING UNDER CADMIUM STRESS CONDITIONS

#### ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the effects of 24–epibrassinosteroid (BR) strawberry seedlings grown on vegetative growth under cadmium stress conditions. For this purpose, different amounts of Cd (0, 1.5, 3 ppm) contaminated in growing media and different concentrations of BR (0, 0.5, 1 µM) were applied to the leaves of strawberry seedlings. To evaluate the effects of BR applications on Cd stress in strawberry seedlings, leaf count, leaf area, root length, crown diameter, leaf, stem and root age and dry weight, leaf chlorophyll content (SPAD), anthocyanin and membrane permeability (EC) values were measured. As a result of the study, it was found that the application of 0.5 µM BR had significant effects on the chlorophyll content of leaves and body dry weight, 1 µM BR application root length and root age weights. As a result, it was determined that BR applications alleviate Cd stress conditions in strawberry seedlings.

**Keywords:** Strawberry, Cd stress, 24–epibrassinosteroid, vegetative growth

### GİRİŞ

Önemli bir çevre problemi olan ağır metaller toprak, su ve havada yoğun bir şekilde birikmeye başlamış ve tüm organizmaların yaşamını tehdit eden halini almıştır. Ağır metallerin çevreye yayılmasının başlıca nedenleri sanayileşme, egzoz gazları, madencilik, yanardağ faaliyetleri, tarımda kullanılan gübreler ve ilaçlar ile kentsel atıklardır [16]. Ağır metallerin bitki doku ve organlarındaki aşırı birikimi, bitkilerin

vejetatif ve generatif büyümelerini ve gelişimlerini olumsuz yönde etkilemektedir [7]. Ağır metallerin toksik etkileri nedeniyle bitkilerde transpirasyon, stoma hareketleri, su alımı, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayın bozulmasına neden olmaktadır [10, 3].

Tarımda kullanılan gübreler ve ilaçlar da topraklarımıza oldukça büyük miktarlarda ağır metal bulaştırmaktadırlar. Bu ağır metallerden en önemlileri kadmiyum (Cd), kurşun (Pb),

<sup>1</sup>Sorumlu yazar / Corresponding author: gulden.balci@bozok.edu.tr

nikel (Ni), arsenik (As) ve bakırdır (Cu). Bunların toprağa karışması daha çok fosforlu gübreler ve bu gübrelerin hammaddelerinden kaynaklanmaktadır. Yapılan araştırmalarda fosforlu gübre üretmek için yurt dışından ithal edilen ham fosfat kayasının, diğer gübrelere kıyasla çok yüksek oranda Cd ve As içerdiği belirlenmiştir [11]. Kadmiyumun tarım topraklarına girişi ve yayılması endüstriyel faaliyetler, lağım atıkları ve atmosferik depositler yoluyla da olmaktadır [3]. Toprakta 3 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 1 mg/kg'dan fazla kadmiyum toksik etkilidir [3]. Bitki ve topraklara ulaşan kadmiyumun büyük kısmı kadmiyum içeren toz zerreciklerinin havadan çökmesi yolu ile olmaktadır. Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki yol kenarlarındaki topraklarda toz çökmesi ile yılda m<sup>2</sup>'ye 0.2–1.0 mg kadmiyum ilavesinin olduğu ölçülmüştür [3].

Bitkilerde belirlenen bitki steroidlerinin özel bir grubu olan brassinosteroidler, [16] hücre bölünmesi, uzaması ve genişlemesi; generatif organlarda gelişim ve değişimi, yaprak yaşlanması, vejetatif gelişim ve verim artışı gibi bitki büyüme düzenleyicisi olarak görev yapmaktadır. Ayrıca çevresel streslere karşı hafifletici etkileri oldukları da bilinmektedir [17, 8] Yetiştirilme ortamlarına çinko (Zn) ve kadmiyum (Cd) bulaştırılan turp fidelerine BR uygulamalarının ağır metal stresini azalttığı rapor edilmiştir [13, 14]. Ali ve ark. [1] alüminyum stres koşullarında yetiştirilen maş fasulyesine uygulanan BR, antioksidant sistemini destekleyerek bitkilerin zararlanma derecelerini önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir. Tuz stresi altında yetiştirilen çileklerde BR uygulamalarının, stres koşullarını hafiflettiği ve aynı koşullarında bitki büyümesine devam ettiği bildirilmiştir [9].

Çalışmamız Cd stresine maruz bırakılan çilek fidelerine, farklı konsantrasyonlarda uygulanan 24–epibrassinosteroidin vejetatif büyümeye üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesine ait deneme alanında dış ortam koşullarında yürütülmüştür. 2.1 litrelik saksılara (165×155×140 mm) 1:1 oranında torf:perlit karışımı doldurularak 27.03.2017 tarihinde fide dikimleri yapılmıştır.

Denemede nötr gün çilek çeşidi olan Albion'a ait taze fideler kullanılmıştır. Erkenci bir çeşit olan Albion orta derecede gün nötrdür. Hem yaylalarda hem de kıyı şeridinde başarı ile dikilmektedir [5].

### Metot

Denemede dikimden hemen sonra Çevre ve Orman Bakanlığının Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine [2] göre 0, 1.5 ve 3 ppm konsantrasyonlarında olacak şekilde saksılara Cd (CdCl<sub>2</sub>) çözeltisi verilmiştir. Fide dikiminden yaklaşık 20 gün sonra (21.04.2017) fidelerin ilk 4 yaprağı tam büyüklüğüne ulaştığı dönemde yapraklardan üç farklı konsantrasyonlarda (0, 0.5 ve 1 µM) 24–epibrassinosteroid uygulaması yapılmıştır. Denemede üç BR, üç kadmiyum konsantrasyonu kullanılmış ve deneme üç tekerrürlü ve her tekerrürde 9 bitki olacak şekilde tesadüf bloklarında faktöriyel deneme deseni yöntemine göre kurulmuştur.

Araştırmamız BR uygulamalarının çilek fidelerinin vejetatif büyüme etkilerini belirlemek amacıyla dikimden 10 hafta sonra (tam çiçeklenme dönemine geçmeden) sonlandırılmıştır. Bitki yaprak, gövde ve kök yaş ve kuru ağırlıklarını belirlemek için bitkiler sökülerek kökler yıkanmıştır. Yaprak, gövde ve kök olacak şekilde parçalara ayrılarak ölçümler yapılmıştır. Sökülen bitkilerde yaprak sayısı (adet), yaprak alanı (ADC BioScientific Area Meter AM300), yaprak klorofil içeriği (Konica Minolta SPAD–502 Plus Marka Chlorophyll Meter), yaprak antosiyanin içeriği (Opti Science ACM–200 Plus Anthocyanin Meter) belirlenmiştir. Membran geçirgenliği (EC) Shi ve ark. [14] göre belirlenmiştir. Yaş yaprak, gövde ve kök ağırlıkları hassas terazide belirlendikten sonra kuru ağırlıkları belirlemek için bitki parçaları

kese kâğıtlarında 70°C etüvde 5 gün süre ile kurutularak ağırlıkları tespit edilmiştir [6].

Araştırma süresince elde edilen tüm verilerin, istatistikî analizleri SPSS 20.0 paket programında değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda ortalamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde ‘Duncan çoklu karşılaştırma testi’ (Duncan Multiple Range Test) uygulanmıştır. Sonuçların, istatistiksel değerlendirilmesinde farklar arasındaki önemlilik düzeyi 0.05 olarak belirlenmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### *Yaprak Sayısı ve Yaprak Alanı*

Denemede farklı BR uygulamalarından elde edilen yaprak sayısı ve yaprak alanı değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan istatistik analizlere göre uygulamalar arasında fark bulunmamıştır.

Denememizde BR uygulamalarının yaprak sayısı ve alanında istatistiksel olarak bir farklılık belirlenmemişse de sayısal olarak BR uygulamalarının Cd stresini hafiflettiği görülmektedir (Çizelge1). Pipattanawong ve ark. [12] nötr gün çilek çeşitleri ile yürüttükleri çalışmalarında BR uygulamalarının yaprak sayısı ve alanlarını arttırdığını rapor etmişlerdir. Cd zararlanması yaşlı dokularda daha belirgin olduğundan [19] BR uygulamalarının da Cd stresine karşı koruyucu etkisi yaşlı dokularda daha iyi görülmektedir. Bizim denememiz çilek fidelerinin dikiminden 10 hafta sonra sonlandırıldığı için BR uygulamalarının yaprak sayısı ve alanı üzerine etkisini tam anlamıyla gösteremediğini düşünmekteyiz.

### *Klorofil İçeriği, Yaprak Antosiyanin İçeriği ve Membran Geçirgenliği*

Denemede farklı doz BR uygulamalarından elde edilen klorofil ve yaprak antosiyanin içeriği ile membran geçirgenliği Çizelge 2’de verilmiştir. Yapılan istatistik analizlere göre BR uygulamaları klorofil içeriği üzerine etkileri önemli olurken yaprak antosiyanin ve membran geçirgenliği üzerine bir etkisi belirlenmemiştir. Denemede en yüksek klorofil içeriği 3 Cd/0 BR koşullarında yetiştirilen ve 3 ppm Cd/0.5 µM BR koşullarındaki fidelerde

(sırasıyla 48.51, 48.41 SPAD) belirlenirken en düşük 3 ppm Cd/1 µM BR koşullarındaki fidelerde (44.37 SPAD) belirlenmiştir.

BR uygulamalarının Cd stres koşullarında bitkilerin klorofil içeriklerini geliştirdiği bilinmektedir [8]. Yine tuz stresi koşullarında yetiştirilen çileklere yapraktan uygulanan BR yaprak klorofil içeriğini önemli derecede arttırdığı da rapor edilmiştir [9].

Çizelge 1. BR uygulamalarının yaprak sayısı ve yaprak alanı üzerine etkileri

Table1. Effects of BR applications on leaf number and leaf area

BR uygulaması (µM) BR applications	Cd (ppm)	Yaprak alanı (cm <sup>2</sup> ) Leaf area	Yaprak sayısı (adet) Number leaves (number)
0	0	109.86 ÖD/NS	4.78 ÖD/NS
	1.5	98.92	5.33
	3	92.60	5.44
0.5	0	85.19	4.89
	1.5	96.49	5.11
	3	104.51	5.33
1	0	87.71	5.33
	1.5	102.40	5.44
	3	74.87	4.56

Ö.D: Önemli değil / NS: Nonsignificant

Çizelge 2. BR uygulamalarının klorofil, yaprak antosiyanin içeriği ve membran geçirgenliği üzerine etkileri<sup>z</sup>

Table2. Effects of BR applications on chlorophyll, anthocyanin content and membrane permeability<sup>z</sup>

BR uygulaması (µM) BR applications	Cd (ppm)	Klorofil içeriği (SPAD) Chlorophyll content	Antosiyanin (ACI) Anthocyanin	Membran geçirgenliği (%) Membrane permeability
0	0	46.78 ac	9.11 ÖD/NS	33.30 ÖD/NS
	1.5	47.60 ab	9.50	17.64
	3	48.51 a	9.33	17.49
0.5	0	46.20 ac	10.08	22.84
	1.5	47.74 ab	9.91	15.68
	3	48.41 a	9.28	18.18
1	0	46.64 ac	9.89	25.58
	1.5	45.14 bc	8.76	19.55
	3	44.37 c	9.70	23.44

<sup>z</sup>Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar Duncan testine göre %5 düzeyinde farklılık gösterir. ÖD: Önemli değil  
<sup>z</sup>The meanings expressed in different letters in the same column differ by 5% from the Duncan test. NS: Nonsignificant

### *Kök Uzunluğu ve Gövde Çapı*

Araştırmamızda farklı doz BR uygulamalarından elde edilen kök uzunluğu ve gövde çapları Çizelge 3’de verilmiştir. İstatistiksel olarak BR uygulamaları kök

uzunluğu üzerine etkileri önemli olurken gövde çapları üzerine bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Denememizde en uzun kökler 0 ppm Cd / 1  $\mu$ M BR koşullarındaki bitkilerde (25.60 cm) belirlenirken en kısa kökler 3 ppm Cd / 1  $\mu$ M BR (18.69 cm) bitkilerde belirlenmiştir.

Ağır metal streslerinde ilk ve en belirgin tepkiyi kökler vermektedir. Ağır metal stresine maruz kalan bitkilerde kökler, normal bitki köklerine göre boyları kısalmakta, saçak kök ve yan köklerde azalma tespit edilmektedir. Stres koşulları devam ettikçe gövde de zararlanma gözükmemektedir [4]. BR uygulamalarının kök uzaması ve dallanması gibi kök morfolojisine güçlü etkileri olduğu bilinmektedir [17]. Denememizden de literatürlere benzer veriler elde edilmiştir.

Çizelge 3. BR uygulamalarının kök uzunluğu ve gövde çapı üzerine etkileri<sup>z</sup>  
Table 3. Effects of BR applications on root length and crown diameter<sup>z</sup>

BR uygulaması ( $\mu$ M) BR applications	Cd (ppm)	Kök uzunluğu (cm) Root length	Gövde çapı (mm) Crown diameter
0	0	22.57 ab	9.05 ÖD/NS
	1.5	22.92 ab	8.49
	3	22.00 ab	8.18
0.5	0	21.99 ab	7.84
	1.5	22.24 ab	8.33
	3	24.02 ab	8.64
1	0	25.60 a	7.77
	1.5	22.72 ab	9.11
	3	18.69 b	8.23

<sup>z</sup>Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar Duncan testine göre %5 düzeyinde farklılık gösterir. ÖD: Önemli değil

<sup>z</sup>The meanings expressed in different letters in the same column differ by 5% from the Duncan test. NS: Nonsignificant

### Yaş ve Kuru Ağırlıklar (bitki/g)

Denememizde farklı doz BR uygulamasının Cd stres koşullarında çilek fidelerinin yaş ve kuru ağırlıkları Çizelge 4’de verilmiştir. Cd stres koşullarında BR uygulamalarının yapraklara ait yaş ve kuru ağırlıklara istatistiksel olarak bir etkisi görülmemiştir. Bununla birlikte BR uygulamasının Cd stres koşullarında yetiştirilen çilek fidelerinin gövde yaş ve kuru ağırlıklarına etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek gövde yaş ağırlığı 1.79 g ile kontrol grubunda belirlenirken en düşük gövde yaş ağırlığı 0.97g ile 3 ppm Cd / 0  $\mu$ M BR uygulamadan elde edilmiştir. Gövde kuru ağırlıklarında ise en yüksek ağırlık 1.5 ppm Cd / 0.5  $\mu$ M BR grubundan (0.50 g) elde edilirken en düşük ağırlık 3 ppm Cd / 1  $\mu$ M BR grubundan (0.25g) elde edilmiştir. Kök ağırlıklarına bakıldığında Cd stres koşullarında yapraktan BR uygulamaları kuru ağırlıklara etkisi olmazken kök yaş ağırlıkları üzerine istatistiksel olarak önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. En yüksek kök yaş ağırlığı 1.5 ppm Cd / 1  $\mu$ M BR uygulanan bitkilerde belirlenirken (6.45 g), en düşük 0 Cd / 1  $\mu$ M BR uygulaması yapılan bitkilerde (3.51 g) belirlenmiştir.

Kısa gün çilek çeşitlerine uygulanan BR, gövde ve köklerde yaş ve kuru ağırlıklarını artırdığı [12] bildirilmiştir. Karlıdağ ve ark. [9] tuz stresi koşullarında yetiştirilen ve yapraklarından BR uygulanan çilek bitkilerinin yaş ve kuru ağırlıklarının arttığını belirlemişlerdir. Araştırmamızdan da literatürlere benzer veriler elde edilmiştir.

Çizelge 4. BR uygulamalarının yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri<sup>z</sup>

Table 4. Effects of BR applications on fresh and dry weights<sup>z</sup>

BR uygulaması ( $\mu$ M) BR applications ( $\mu$ M)	Cd (ppm)	Yaprak ağırlığı (g) / Leaf weight		Gövde ağırlığı (g) / Crown weight		Kök ağırlığı (g) / Root weight	
		Yaş / Fresh	Kuru / Dry	Yaş / Fresh	Kuru / Dry	Yaş / Fresh	Kuru / Dry
0	0	3.74 ÖD/NS	0.93 ÖD/NS	1.79a	0.44ab	4.09bc	1.12 ÖD/NS
	1.5	3.92	0.96	1.72ab	0.39ab	4.87ac	1.18
	3	3.47	0.87	0.97b	0.31ab	4.60ac	1.09
0.5	0	3.02	0.82	1.36ab	0.41ab	3.84bc	1.16
	1.5	3.68	0.90	1.67ab	0.50a	5.00ac	1.19
	3	4.02	1.11	1.21ab	0.26ab	5.51ab	1.33
1	0	3.22	0.93	1.11ab	0.35ab	3.51c	1.21
	1.5	3.91	1.05	1.50ab	0.30ab	6.45a	1.52
	3	2.51	0.69	1.18ab	0.25b	5.59ab	1.21

<sup>z</sup>Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar Duncan testine göre %5 düzeyinde farklılık gösterir. ÖD: Önemli değil

<sup>z</sup>The meanings expressed in different letters in the same column differ by 5% from the Duncan test. NS: Nonsignificant

## SONUÇ

Toprakta ağır metal birikimi önemli çevre sorunlarından birisidir. Ağır metallerin toprakta birikmesi sadece bitki ve toprak verimliliğine değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla havyan ve insan sağlığını da tehdit etmektedir. Bitki bünyesine alınan ağır metaller bitkilerin fizyolojik olaylarını engellemekte ve verim kayıplarını artırmaktadır.

Araştırmadan elde edilen verilere göre Cd stresi koşullarında çilek fidelerin vejetatif büyümeleri zayıflamıştır. Ancak yapraktan uygulanan 24-epibrassinosteroid uygulamaları bu stres koşullarında vejetatif büyümeyi destekleyerek zararlanma şiddetini azaltmıştır. Bu veriler göz önüne alındığında ağır metallerle kirlenmiş doğal alanlarda BR uygulamalarının çilek fidelerinin vejetatif gelişimini destekleyerek verim ve kaliteyi kayıplarını hafifletmede faydalı olacağı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Ali, B., Hasan, S.A., Hayat, S., Hayat, Q., Yadav, S., Fariduddin, Q. and Ahmad, A., 2007. A role for brassinosteroids in the amelioration of aluminum stress through antioxidant system in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Environmental and Experimental Botany* 62:153–159.
- Anonim, 2018. (<http://www.avcilar.bel.tr/cms/files/toprakkirliligininkontrolu.pdf>) (Erişim Tarihi: 01.06.2018).
- Asri, F.Ö. ve Sönmez, S., 2006. Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim* 23(2):36–45.
- Ayhan, B., Ekmekçi, Y. ve Tanyolaç, D., 2006. Bitkilerde ağır metal zararları ve korunma mekanizmaları. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7(1):1–16.
- Balcı, G., Koç, A., Keles, H. ve Kılıç, T., 2017. Yozgat koşullarında bazı çilek çeşitlerinin performanslarının değerlendirilmesi. *Meyve Bilimi* 4(2):6–12.
- Demirsoy, L., Demirsoy, H. and Balcı, G., 2012. Different growing conditions affect nutrient elements content fruit yield and growth in strawberry. *Pakistan Journal of Botany* 44(1):125–129.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö. ve Çobanoğlu, D., 2004. Ağır metal iyonlarının ( $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $\text{Hg}^{+2}$ ,  $\text{Cd}^{+2}$ ) *Clivia* sp. bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi* 16(2):177–182.
- Hayat, S., Hasan, S. A., Hayat, Q. and Ahmad, A., 2010. Brassinosteroids protect lycopersicon esculentum from cadmium toxicity applied as shotgun approach. *Protoplasma* 239(1–4):3–14. doi: 10.1007/s00709–009–0075–2.
- Karlıdağ, H., Yıldırım, E. and Turan, M., 2011. Role of 24-epibrassinoloid in miting the adverse effect of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability and leaf water content, ionic composition in salt stress strawberry (*Fragaria xananassa*). *Scientia Horticulturae* 130:133–140.
- Kennedy, C.D. and Gonsalves, F.A.N., 1987. The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and efflux of excised roots. *J. Exp. Bot.* 38:800–817.
- Köleli, N. ve Kantar, Ç., 2006. Fosfat kayası, fosforik asit ve fosforlu gübrelerdeki toksik ağır metal (Cd, Pb, Ni, As) konsantrasyonu. *Ekoloji Dergisi* 14(55):1–5.
- Pipattanawong, N., Fujishige, N., Yamane, K. and Ogata, R., 1996. Effects of brassinosteroid on vegetative and reproductive growth in two day-neutral strawberry. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 65(3):651–654.
- Ramakrishna, B. and Rao, S.S.R., 2007. The effect of brassinosteroids on radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings growing under cadmium stress. *Plant Soil Environ.* 53(11):465–472.
- Ramakrishna, B. and Rao, S.S.R., 2012. 24-Epibrassinolide alleviated zinc-induced oxidative stress in radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings by enhancing antioxidative system. *Plant Growth Regul* 68:249–259.
- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q., 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme

- activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. *Plant Growth Reg.* 48:127–135.
16. Stresty, T.V.S. and Madhava Rao, K.V., 1999. Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeon pea. *Environ Exp. Bot.* 41:3–13.
17. Surgun, Y., Yılmaz, E., Çöl, B. ve Bürün, B., 2012. Altıncı grup bitki hormonu: Brassinosteroidler. *C.B.U. Journal of Sicience* 8(1):27–46.
18. Xia, X.J., Wang, Y.J., Zhou, Y.H., Tao, Y., Mao, W.H., Shi, K., Asami, T., Chen, Z. and Yu, J.Q., 2009. Reactive oxygen species are involved in brassinosteroid-induced stress tolerance in cucumber. *Plant Physiol.* 150:801–814.
19. Vazquez, M.N., Guerrero, Y.R., Gonzalez, L.M. and Noval, W.T., 2013. Brassinosteroid and plant responses to heavy metal stress. An overview. *Open Journal of Metal* 3:34–41.