

Biberde Tuz Stresine Karşı Melatonin Uygulamasının Bazı Fide Özellikleri Üzerine Etkisi

Gökçen YAKUPOĞLU^{ID*}

*1 Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, YOZGAT

(Alınış / Received: 09.10.2019, Kabul / Accepted: 26.03.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 01.04.2020)

Anahtar Kelimeler

Biber,
Melatonin,
Tuz stresi,
Stoma iletkenliği,
Bitki boyu

Öz: Bu çalışmada tuzlu koşullarda biberin bazı fide özellikleri üzerine melatonin (MEL) uygulamasının etkisi incelenmiştir. Deneme 1:1 torf perlit ortamında viyollerde yürütülmüştür. Fidelere 4 gerçek yapraklı aşamada 0, 5 ve 10 μM MEL uygulanmış ve uygulamadan 2 gün sonra tuz stresi grubunda olan fideler 75 μM tuzlu su ile kontrol ortamındaki fideler su ile sulanmaya başlanmıştır. İki hafta süren denemede, tuz stresi üzerine MEL uygulamalarının etkisini incelemek amacıyla bitki boyu, yaş ağırlık, stoma iletkenliği, EC, antosiyanin, klorofil ve karotenoid miktarları belirlenmiştir. Bitki boyu ve yaş ağırlık değerleri incelendiğinde en iyi sonuç 5 μM MEL kontrol (sırasıyla 20.6 cm ve 36.31 g) uygulamasında, en düşük ise 0 μM MEL (sırasıyla 14.5 cm ve 18.89 g) tuz stresi uygulamasında tespit edilmiştir. Stoma iletkenliği bakımından 10 μM MEL kontrol uygulaması $124.9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ile en iyi sonucu verirken, 0 μM MEL tuz stresi uygulamasında $41.5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ile en düşük ölçülmüştür. EC açısından 10 μM MEL kontrol uygulaması %0.23 ile en az bozulma 0 μM MEL tuz stresi uygulaması %0.36 ile en fazla bozulma ile sonuçlanmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre biber fidelerine MEL uygulamasının tuz stresine karşı toleransı arttırmada kullanılabileceği ve en uygun dozun 5 μM MEL olduğu belirlenmiştir.

The Effect of Melatonin Applications on Pepper Seedlings Exposed to Salt Stress

Keywords

Pepper,
Melatonin,
Salt stress,
Stoma conductivity,
Plant height

Abstract: The aim of this study is to determine the effects of melatonin (MEL) applications on seedling properties of the pepper seedlings exposed to salt stress. The experiment was carried out in pots filled with 1: 1 peat perlite medium. Possibilities of improving salt stress tolerance of pepper (4-true leaf stages) seedlings through MEL application as soil drench in various concentrations (0, 5 and 10 μM) were also explored. Salt-stressed seedlings were watered with 75 μM NaCl for 2 weeks while seedlings in the control treatment were watered with tap water. In order to investigate the effect of MEL application on salt stress, the amount of plant height, fresh weight, stoma conductivity, EC, anthocyanin, chlorophyll and carotenoid were determined. When plant height and fresh weight were examined, the best results were found in 5 μM MEL control (20.6 cm and 36.31 g respectively) application and the lowest in 0 μM MEL (14.5 cm-18.89 g respectively) salt stress application. In terms of stoma conductivity, 10 μM MEL control gave the best results with $124.9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, and 0 μM MEL salt stress treatment had the lowest conductivity with $41.5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. In terms of EC, 10 μM MEL control application resulted in the least degradation of tissues with 0.23% and 0 μM MEL salt stress application resulted in the highest tissue deterioration with 0.36%. According to the results we obtained, it was determined that MEL application to pepper seedlings could be used to increase tolerance against salt stress and the most suitable MEL concentration was determined as 5 μM .

1. Giriş

Tuzluluk, kuraklık, ekstrem sıcaklıklar, su baskını, kirletici maddeler, radyasyon, rüzgâ, toprağın besin maddelerinden yoksun olması gibi abiyotik stres faktörleri ve patojenler, hayvanlarve parazit bitkiler gibi

biyotik stres faktörleri bitki büyümesini ve gelişmesini olumsuz etkilemektedir. Bununla birlikte bitkilerin stres faktörlerine karşı adaptasyonuna yönelik çalışmalar ve farklı yöntemlerin kullanılabilirliğinin araştırılması önem kazanmıştır. Tarım alanlarında tuzluluğun artması ile toprak yapısında bozulma, bitki verimliliği ile birlikte ürün kalitesi de sınırlanmaktadır. Tuz stresi, morfolojik, fizyolojik, hücrel ve moleküler düzeyde pek çok olumsuzluğa neden olmaktadır. Olumsuz çevre koşullarına karşı mücadele yöntemlerinden birisi de strese karşı tolerans sağlayan bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanılmasıdır [1, 2].

Sığır beyin üstü bezinden 1958 yılında izole edilen bir indolamin olan melatonin (MEL) bu moleküller arasında sayılabilir [3]. İlk olarak omurgalı hayvanlarda bulunan MEL yıllarca sadece hayvanlara özgü bir hormon veya düzenleyici olarak kabul edilmiştir [4]. Bitkilerde ise 1995 yılında birbirinden habersiz iki ayrı araştırmacı grubun yaptığı çalışmalarla (özellikle tahıllarda, meyvelerde ve sebzelerde) keşfedilmiştir [5, 6]. Artan çalışmalarla MEL'in bitkilerde strese karşı güçlü bir antioksidan olduğu ve stres altındaki bitkilerde glutasyon reduktaz, katalaz (CAT), peroksidaz (POX) ve süperoksid dismutaz (SOD) gibi enzim aktivitelerini teşvik ettiği ve düzenlediği bulunmuştur [7-16].

Tuz stresi kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki gelişimi ve ürün verimliliğini kısıtlayan önemli stres faktörlerinden biridir. Tuz stresini olumsuz etkileri tuz çeşidine, stres süresi ve düzeyine, bitkinin genotipi ve gelişim aşamasına bağlı olarak farklılık gösterebilir ayrıca strese maruz kalan bitkilerde bazı metabolik olaylar ve fotosentetik aktivitenin azalması bitkinin hayatta kalmasını etkileyebilmektedir [17]. Bitkiler melatonin sentezler ve tuz stresi altında bitkilerin melatonin içeriği yükselir. Reaktif oksijen türleri (ROS) temizlenmesi fotosentetik verimin ve metabolit içeriğinin artmasında MEL önemli rol oynar. Dışarıdan MEL uygulaması bitkinin tuz stresine karşı direnç göstermesinde ve hayatta kalma şansını arttırmada etkili olabilmektedir [18].

Bu çalışmada, tuz stresine karşı hassas bir bitki olan biber fidelerinde MEL'in tuz stresine karşı büyümeyi düzenleyici ve antioksidan etkisinden faydalanılarak uygun MEL dozunun tespit edilmesi hedeflenmiştir. Denemede tuz stresi için uygun MEL dozunu belirlemek amacıyla bitki boyu, yaş ağırlık, stoma iletkenliği, EC, antosiyanin, klorofil ve karotenoid miktarları ölçülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Denemede Balıkesir tohumculuğun "Yalova Yağlık" biber çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Fideler özel bir şirketten alınarak 1:1 torf perlit ortamında viyollere dikilmiştir. Fidelere 4 gerçek yapraklı aşamada topraktan (her bir bitkiye 100ml) 0, 5 ve 10 μM MEL uygulanmış ve uygulamadan 2 gün sonra tuz stresi grubunda olan fideler 75 μM tuzlu su ile kontrol ortamındaki fideler su ile sulanmaya başlanmıştır. Sulama haftada 3 kez olacak şekilde 2 hafta devam etmiştir ve sonrasında deneme sonlandırılmıştır.

Biber yapraklarında MEL tayini Arnao ve Hernandez-Ruiz [19]'de belirtilen ekstraksiyon ve analiz yöntemleri baz alınarak belirlenmiştir. Ekstraksiyon dahil tüm işlemler MEL'in ışığa hassasiyeti dolayısıyla suni loş ışık altında yapılmıştır. Analizde floresan dedektörlü Shimadzu marka (Prominace UFLC model) HPLC cihazı ve Inertsil ODS2 (GL Sciences, 5 μM , 150 x 4.6 mm) kolonu kullanılmıştır. Analiz için 280 nM, emisyon dalga boyu olarak da 350 nM kullanılmıştır. Mobil faz olarak 40:60 oranında metanol ve 0,1 mM sodyum fosfat tamponundan (pH:4,5) oluşan karışım kullanılmıştır. Okumalarda 20 μL örnek kullanılmış, kolon fırın sıcaklığı 35 $^{\circ}\text{C}$ olarak ayarlanmış ve akış hızı 0,4 mL dk⁻¹ olmuştur. Elde edilen pikler, standart MEL çözeltilerinden elde edilen piklerle karşılaştırılarak MEL içeriği (ng g⁻¹ TA) belirlenmiştir.

Bitkilerde klorofil içeriği tesadüfen alınan 0,5 g yaprak örneği %80'lik aseton ile ekstrakt edildikten sonra filtre edilmiş ekstrakt solüsyonunun absorbanlarının spektrofotometrede 645 nM ve 663 nM'de okunmasından sonra Güneş vd., [20]'de belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır. Antosiyanin içeriği (Opti Science ACM-200 Plus Anthocyanin Meter) belirlenmiştir. Stoma iletkenliği yaprak porometresi (Decagon) ile saat 13.00-14.00 arasında ölçülmüştür.

Fideler kök boğazından kesilmiş ve toprak üstü kısım yaş ağırlık (mg bitki⁻¹) olarak belirlenmiştir. Bitkiler arasında tesadüfen seçilen 2 bitkiden (her uygulamanın her bir tekrüründen) yaprak diskleri alınmış elektriki iletkenliği Korkmaz vd., [21]'de belirtilen metoda göre ölçülmüştür. Toplam fenolik miktarı, Folin Ciocalteu kolorimetrik yöntem kullanılarak Singleton ve Rossi'ye [22] göre belirlenmiş ve sonuçlar, gallik asit cinsinden (mg/g) verilmiştir. Her bir tekrüründen tesadüfen alınan 0,5 g yaprak örneği %80'lik

aseton ile ekstrakt edilmiş 480 nM, 645 nM ve 663 nM okumalarından sonra karotenoid miktarları hesaplanmıştır [23].

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrür ve her tekerrürde 9 bitki olarak kurulmuş elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi SPSS 20.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Duncan Multiple Range Test (Duncan çoklu karşılaştırma testi) uygulanmıştır. Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde farklar arasındaki önemlilik düzeyi 0.05 olarak tespit edilmiştir.

3. Bulgular

Tuz stresi altındaki biber fidelerinde MEL içeriği, stoma iletkenliği, bitki boyu ve yaş ağırlık verileri incelendiğinde MEL uygulaması ile birlikte melatonin içeriğinin arttığı bununla beraber strese maruz kalan bitkilerde kalmayanlara oranla MEL seviyelerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. MEL uygulanmamış biber fidelerinde MEL içeriği 31.23 ng g⁻¹ TA olarak bulunurken tuz stresine maruz kalmış ve MEL uygulanmamış fidelerde 49.83 ng g⁻¹ TA olarak tespit edilmiştir. En yüksek MEL içeriği 86.20 ng g⁻¹ TA ile tuz stresine maruz kalmış 10 µM MEL uygulamasında tespit edilmiştir.

Tuz stresine maruz kalmış bitkilerde stoma iletkenliği azalma göstermiştir. En düşük stoma iletkenliği tuz stresinin altında 0 µM MEL uygulamasında (41.5 mmol m⁻² s⁻¹) en yüksek ise 124.9 mmol m⁻² s⁻¹ ile 10 µM MEL kontrol uygulamasında ölçülmüştür. Bitki boyu ve yaş ağırlık açısından en yüksek değerler (sırasıyla 20.6 cm ve 36.3 g bitki⁻¹) 5 µM MEL kontrol uygulamasında en düşük değerler (sırasıyla 14.5cm ve 18.9 bitki⁻¹) ise tuz stresi altındaki 0 µM MEL uygulamasından elde edilmiştir. **Bknz Tablo 1.**

Tablo 1. Melatonin uygulamalarının melatonin, stoma iletkenliği, bitki boyu ve yaş ağırlık üzerine etkisi..

Uygulamalar	MEL ng g ⁻¹ TA	Stoma İletkenliği (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Bitki Boyu cm	Yaş Ağırlık g bitki ⁻¹	
Kontrol	0 µM MEL	31.23 e	110.9 a	18.6 ab	35.6 a
	5 µM MEL	47.70 d	105.3 a	20.6 a	36.3 a
	10 µM MEL	72.23 b	124.9 a	20.3 a	35.3 a
Tuz stresi	0 µM MEL	49.83 d	41.5 b	14.5 c	18.9 b
	5 µM MEL	63.23 c	83.2 ab	16.7 bc	22.3 b
	10 µM MEL	86.20 a	55.3 b	16.1 bc	20.9 b

Tuz stresi altındaki biber fidelerinde MEL uygulamasının klorofil ve elektriki iletkenlik üzerine etkileri incelendiğinde en yüksek toplam klorofil değeri 248.2 mg⁻¹ TA ile kontrol ortamında 10 µM MEL uygulamasında bulunmuştur. Tablo incelendiğinde tuz stresi ile birlikte elektriki iletkenlik değerlerinin arttığı ve en fazla dokusal bozulmanın %36 ile tuz stresi altındaki 0 µM MEL uygulamasında olduğu görülmektedir. **Bknz Tablo 2.**

Tablo 2. Melatonin uygulamalarının klorofil içeriği, elektriki iletkenlik üzerine etkisi

Uygulamalar	Klorofil içeriği mg ⁻¹ TA	Elektriki iletkenlik (%)	
Kontrol	0 µM MEL	211.3 bc	24 b
	5 µM MEL	201.6 c	24 b
	10 µM MEL	248.2 a	23 b
Tuz stresi	0 µM MEL	209.6 bc	36 a
	5 µM MEL	224.0 abc	34 a
	10 µM MEL	241.6 ab	35 a

Stres altındaki biber fidelerinde MEL uygulamasının toplam fenolik, karotenoid ve antosiyanin üzerine etkileri incelendiğinde tuz stresi ve MEL ilavesiyle birlikte toplam fenolik madde miktarının arttığı görülmektedir. En yüksek toplam fenolik ve karotenoid değeri (sırasıyla 0.77- 7.7 mg/g) tuz stresi altındaki 10 µM MEL uygulamasında, en düşük miktarlar ise (sırasıyla 0.44-6.6 mg/g) 0 µM MEL kontrol ortamında bulunmuştur. Tuz stresine antosiyanin miktarında görülen artış MEL ilavesiyle birlikte bir miktar düşüşe neden olmuştur. En yüksek antosiyanin miktarı 6.8 ile tuz stresi altındaki 0 µM MEL ortamında belirlenmiştir. **Bknz Tablo3.**

Tablo 3. Melatonin uygulamalarının toplam fenolik, karotenoid ve antosiyanin içeriğine etkisi

	Uygulamalar	Toplam fenolik GAE mg/g	Karotenoid mg/g	Antosiyanin (ACI)
Kontrol	0 µM MEL	0.44 c	6.6 b	4.8 bc
	5 µM MEL	0.45 c	7.3 ab	4.9 bc
	10 µM MEL	0.59 b	7.3 ab	4.3 c
Tuz stresi	0 µM MEL	0.63 b	7.1 ab	6.8 a
	5 µM MEL	0.71 a	7.0 ab	6.6 a
	10 µM MEL	0.77 a	7.7 a	5.8 ab

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmada tuz stresi ve MEL ilavesi ile birlikte MEL miktarlarında artış gözlenmiştir. MEL uygulanmamış biber fidelerinde MEL içeriği 31.23 ng g⁻¹ TA olarak bulunurken tuz stresine maruz kalmış ve MEL uygulanmamış fidelerde 49.83 ng g⁻¹ TA olarak tespit edilmiştir. Li vd. [18] 'de tuz stresinin içsel MEL içeriğinde artışlara sebep olduğunu bildirmiştir. Yine çalışmamıza benzer şekilde tuz, düşük sıcaklık, çinko ve kuraklık gibi farklı stres faktörleri altındaki acı bakla ve arpa bitkilerinde içsel MEL seviyelerinde stres faktörünün yoğunluğu ve uygulama zamanına göre artışlar görülmüştür [24, 25].

Bitki boyu ve yaş ağırlık açısından en yüksek değerler 5 µM MEL kontrol ortamında belirlenmiştir. MEL ilavesinin patlıcan fidelerinde üşüme stresine toleransı arttırdığı gövde yaş ve kuru ağırlıklarında daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir [26]. Fidelere yapılan MEL uygulamalarının stoma iletkenliğini olumlu etkilediği görülmektedir. Tuz stresinde 5 µM MEL uygulaması stoma iletkenliğini yaklaşık iki katı arttırmıştır. Klorofil içeriği de benzer şekilde MEL uygulaması ile birlikte artış göstermektedir. Bu sonuçlar, MEL uygulanmış bitkilerde fotosentetik kapasitenin tuz stresinden daha az etkilendiğini göstermiştir. MEL klorofil yaşlanmasını önlemede koruyucu bir rol oynamakta ve fotosentez verimliliğini arttırmaktadır. Kuraklık stresi nedeniyle fotosentezdeki azalmayı önleyerek bitki büyümesini teşvik etmektedir [27]. Tuz stresine maruz kalmış mısırdaki MEL uygulaması fotosentezi %19 arttırmıştır [28]. Yine mısırdaki kuraklık stresine karşı 100 mM yapraktan MEL uygulanmış ve fotosentetik aktivite ve stoma iletkenliğini arttırmıştır [29].

Toplam fenolik ve karotenoid miktarları MEL ilavesi ile birlikte artış göstermiştir. Tütün bitkisinde tuz ve kuraklık stresine karşı MEL uygulanmış bizim çalışmalarımıza benzer olarak MEL uygulamalarının karotenoid miktarını arttırdığı bulunmuştur [30].

Sonuç olarak, tuz stresine karşı biber fidelerine dışarıdan MEL uygulamasının strese karşı toleransın artırılmasında kullanılabileceği görülmektedir. Strese maruz kalmış bitkiler açısından incelediğimizde stoma iletkenliği, bitki boyu, yaş ağırlık, elektrikli iletkenlik miktarları açısından 5 µM MEL uygulaması, MEL miktarı, klorofil içeriği, toplam fenolik ve karotenoid miktarı bakımından 10 µM MEL uygulamaları en iyi sonucu vermiştir. Denemede elde edilen sonuçlar, MEL'in bitki tuz toleransını arttırmak için bir bitki büyüme düzenleyici olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Çalışmamız neticesinde tuz stresine karşı biber fidelerine 5 µM MEL uygulamasını stres toleransını azaltmada ve zararlanmayı engellemede önerebiliriz.

Teşekkür

Laboratuvar çalışmalarında yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Gülden Balcı ve Doktora Öğrencisi Şebnem Köklü'ye teşekkür ederim.

Kaynakça

- [1] Ashraf, M., Foolad., M.R., 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. *Environmental Experimental Botany*, 59 (2007), 206–216.
- [2] Yılmaz, E., Tuna, A. L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin Tuz Stresi Etkilerine Karşı Geliştirdikleri Tolerans Stratejileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi ISSN 1305-1385 C.B.U. Journal of Science*. 47–66 7.1 (2011), 47–66.

- [3] Lerner, A. B., Case, J. D., Takahashi, Y., Lee, T. H., Mori, W. 1958. Isolation of Melatonin, the Pineal Factor that Lightness Melanocytes. *Journal of American Chemical Society*, 80(1958), 2587-2592.
- [4] Reiter, R. J. 1991. Pineal Melatonin: Cell Biology of its Physiological Interactions. *Endocrine Reviews*, 12(1991), 151-181.
- [5] Dubbels, R., Reiter, R.J., Klenke, E., Goebel, A., Schnakenberg, E., Ehlers, C., 1995. Melatonin in Edible Plants Identified by Radioimmunoassay and by High Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Pineal Research*, 18: 28-31.
- [6] Hattori, A, Migitaka, H., Masayaki, I., Itoh, M., Yamamoto, K., Ohtani-Kaneko, R., Hara, M., Suzuki, T., Reiter, R.J., 1995. Identification of Melatonin in Plant Seed its Effects on Plasma Melatonin Levels and Binding to Melatonin Receptors in Vertebrates. *International Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 35(1995), 627-634.
- [7] Cardinali, D. P., Pevet, P. 1998. Basic Aspects of Melatonin Action. *Sleep Medicine Reviews*, 2(1998) 175-190.
- [8] Manchester, L. C., Tan, D. X., Reiter, R. J., Park, W., Monis, K., Qi, W. B., 2000. High Levels of Melatonin in the Seeds of Edible Plants: Possible Function in Germ Tissue Protection. *Life Sciences*, 67:25(2000), 3023-3029.
- [9] Terron, M. P., Marchena, J. M., Shadi, F., Harvey, S., Lea, R. W., Rodríguez, A. B. 2001. Melatonin: an antioxidant at physiological concentrations. *Journal of Pineal Research*, 31(2001), 95-96.
- [10] Reiter, R. J., Tan, D. X. 2002. Melatonin: an Antioxidant in Edible Plants. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 957(2002), 341-344.
- [11] Allegra, M., Reiter R. J., Tan D. X., Gentile, C., Tesoriere, L., Livrea, M. A. 2003. The Chemistry of Melatonin's Interaction with Reactive Species. *Journal of Pineal Research*, 34 (1)(2003), 1-10.
- [12] Teixeira, A., Morfim, M. P., De Cordova, C. A. S., Charão, C. C. T., De Lima, V. R., Creczynski-Pasa, T. B. 2003. Melatonin Protects Against Prooxidant Enzymes and Reduces Lipid Peroxidation in Distinct Membranes Induced by the Hydroxyl and Asorbyl Radicals and by Peroxynitrite. *Journal of Pineal Research*, 35 (4)(2003), 262-268.
- [13] Rodriguez, C., Mayo, J. C., Sainz, R. M., Antolin, I., Herrera, F., Martin, V., Reiter, R. J. 2004. Regulation of Antioxidant Enzymes: A Significant Role for Melatonin. *Journal of Pineal Research*, 36 (1)(2004), 1-9.
- [14] Reiter, R. J. Manchester, L. C., Tan, D. X. 2005. Melatonin in Walnuts: Influence on Levels of Melatonin and Total Antioxidant Capacity of Blood. *Nutrition*, 21(2005), 920-924.
- [15] Maldonado, M. D., Murillo-Cabezas, F., Terron, M.P., Tan D. X., Manchester, L. C., Reiter R. J. 2007. The Potential of Melatonin in Reducing Morbidity-Mortality after Craniocerebral Trauma. *Journal of Pineal Research*, 42 (1)(2007), 1-11.
- [16] Reiter, R.J., Tan, D.X., Manchester, L.C., Simopoulos, A.P., Maldonado, M.D., Flores, L.J., Terron. M.P. 2007. Melatonin in edible plants (phytomelatonin); identification, concentrations, bioavailability and proposed functions. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 97(2007), 211-230.
- [17] Çulha, Ş., Çakırlar, H. 2011. Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları AKÜ FEBİD AKU J. Sci. 11 (2011) 021002 (11-34).
- [18] Li, J., Liu, J., Zhu, T., Zhao, C., Li, L., Chen, M. 2019. The Role of Melatonin in Salt Stress Responses. *Int J Mol Sci.* (2019) Apr 8;20(7). pii: E1735. doi: 10.3390/ijms20071735.
- [19] Arnao, M. B., Hernandez-Ruiz, J., 2009. Assessment of Different Sample Processing Procedures Applied to the Determination of Melatonin in Plants. *Phytochemical Analysis*, 20(2009), 14-18.
- [20] Güneş, A., İnal, A., Bağcı, E. G., Pilbeam, D. J. 2007. Silicon-Mediated Changes of Some Physiological and Enzymatic Parameters Symptomatic for Oxidative Stress in Spinach and Tomato Grown in Sodic-B Toxic Soil. *Plant Soil*, 290(2007), 103-114.
- [21] Korkmaz, A., Uzunlu, M., Demirkıran, A. R., 2007. Treatment with Acetyl Salicylic Acid Protects Muskmelon Seedlings Against Drought Stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(2007), 503-508.
- [22] Singleton, V. L., Rossi, J. R. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16(1965), 144-158.

- [23] Witham, F. H., Blaydes D. F., Devlin, R. M. 1971. Experiments of plant physiology. Von Nostrand Reinhold Co., New York, (1971), pp. 55-58.
- [24] Arnao, M. B., Hernández-Ruiz J. 2009b. Protective effect of melatonin against chlorophyll degradation during the senescence of barley leaves. *Journal of Pineal Research*, 46 (1)(2009), 58-63.
- [25] Arnao, M. B., Hernandez-Ruiz, J. 2013. Growth conditions determine different melatonin levels in *Lupinus albus* L. *Journal of Pineal Research*, 55(2013), 149–155. 136.
- [26] Yakupoğlu, G. 2016. Patlıcan (*Solanum melongena* L.)’da Melatonin İçeriğinin ve Üşüme Stresine Karşı Etkisinin Belirlenmesi. KSÜ. Fen Bil. Ens., Bahçe Bitkileri Bölümü, Doktora Tezi, 103s, Kahramanmaraş.
- [27] Wang, P., Sun, X., Li, C., Wei, Z., Liang, D., Ma, F. 2013. Long-term exogenous application of melatonin delays drought-induced leaf senescence in apple. *Journal of Pineal Research*, 54(2013), 292–302.
- [28] Jiang, C., Cui, Q., Feng, K., Xu, D., Li, C., Zheng, Q. 2016. Melatonin improves antioxidant capacity and ion homeostasis and enhances salt tolerance in maize seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38: 82
- [29] Ye, J., Wang, S., Deng, X., Yin, L., Xiong, B., Wang, X. 2016. Melatonin increased maize (*Zea mays* L.) seedling drought tolerance by alleviating drought-induced photosynthetic inhibition and oxidative damage. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(2016), 48.
- [30] Kaya, A, İnan, M. 2018. Kuraklık ve Tuz Streslerine Maruz Kalan Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) Bitkisinde Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Melatoninin Etkileri. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 21(4) (2018), 559-564.