



Kireç Stresi Koşullarında Melatonin Uygulamalarının Çileklerde Bazı Mineral Elementlerin Alımı Üzerine Etkileri

The Effects of Melatonin Applications on the Intake of Some Mineral Elements in Strawberries Under Alkaline Stress Conditions

Güliden BALCI¹

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Yozgat, Türkiye
• gulden.balci@bozok.edu.tr • ORCID > 0000-0002-8681-0383

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 4 Mayıs / May 2021

Kabul Tarihi / Accepted: 15 Ekim / October 2021

Yıl / Year: 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 97-112

Atıf/Cite as: Balci, G. "Kireç Stresi Koşullarında Melatonin Uygulamalarının Çileklerde Bazı Mineral Elementlerin Alımı Üzerine Etkileri - The Effects of Melatonin Applications on the Intake of Some Mineral Elements in Strawberries Under Alkaline Stress Conditions". Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi - Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 37(1), Şubat 2022: 97-112.

<https://doi.org/10.7161/omuanajas.924483>

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: gulden.balci@bozok.edu.tr



KİREÇ STRESİ KOŞULLARINDA MELATONİN UYGULAMALARININ ÇİLEKLERDE BAZI MİNERAL ELEMENTLERİN ALIMI ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZ:

Bu çalışma, farklı dozlardaki melatonin (MEL) uygulamalarının (0, 5, 10 µM) kireçli ortamda yetiştirilen çilek fidelerinin yaprak, gövde ve köklerindeki bazı mineral element içerikleri üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Deneme “Albion” çilek çeşidine ait frigo fideler kullanılarak 1:1 oranında torf perlit ve %1 oranında kireç ilave edilmiş karışımla doldurulan saksılarda yürütülmüştür. Farklı gelişim aşamalarında kireç stresine karşı MEL uygulamasının etkilerini incelemek amacıyla 3 farklı dönemde (4 yapraklı, çiçeklenme ve meyve) alınan yaprak, gövde ve köklerde fosfor (P), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve demir (Fe) elementlerinin miktarları ICP-MS cihazında belirlenmiştir. MEL uygulamaları ile birlikte özellikle kireçli ortamda yetiştirilen çilek fidelerinde ortamın pH’sının yükselmesine rağmen P ve Fe alımının arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak MEL uygulamalarının yüksek pH koşullarında mineral element alımını destekleyerek stres etkilerini hafiflettiği ve 10 µM dozun daha iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çilek, Melatonin, Mineral element, pH



THE EFFECTS OF MELATONIN APPLICATIONS ON THE INTAKE OF SOME MINERAL ELEMENTS IN STRAWBERRIES UNDER ALKALINE STRESS CONDITIONS

ABSTRACT:

The aim of this study is to determine the effects of different doses of melatonin (MEL) applications (0, 5, 10 µM) on certain mineral element intake of the strawberry seedlings grown in calcareous stress conditions. The experiment was conducted in the pots filled with the lime-added mixture at the rate of 1% and peat perlite at the rate of 1:1 with frigo seedlings belonging to “Albion” strawberry variety. In order to examine the effects of MEL application against alkaline stress in different developmental stages, samples were taken from leaves, stems and roots taken in 3 different periods (4 leaves, flowering and fruiting). In these samples, the quantities of phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg) and iron (Fe) elements were determined in the ICP-MS device. It has been determined that MEL applications support mineral element intake in strawberries under the effect of alkaline stress and generally 10 µM dose gives better results.

Keywords: *Strawberry, Melatonin, Mineral element, pH*



1. GİRİŞ

Dünyanın hemen hemen her yerinde yetiştirilmekte olan çilek, Rosales takımı, Rosaceae familyası, *Fragaria* cinsi içerisinde yer alır ve üzümü meyveler içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Çilek bitkisi (*FragariaXananassa* Duch.) çok yıllık, otsu, herdem yeşil olup lezzeti, vitamin ve mineral madde kapsamı ile dünyada milyonlarca kişinin tercih ettiği meyveler arasındadır. FAO 2018 verilerine göre dünyada 372 361 ha'lık bir alanda 8 337 099 ton çilek üretilmiştir (FAO, 2021). Üretimde ilk sırayı Amerika Birleşik Devletleri alırken (1 266 272 ton) sırasıyla Meksika (653 639 ton) Türkiye (440 968 ton) ve İspanya (344 679 ton) takip etmiştir (FAO, 2021). Türkiye değişik iklim ve toprak karakterleri yönünden çilek yetiştiriciliğinde önemli bir potansiyele sahiptir. 2019 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye'de toplam 16 102 da alanda 440 968 ton çilek üretilmiştir (TÜİK, 2021). Üretimde ilk sırayı toplam çilek üretiminin % 38,2' lük kısmını karşılayan Mersin (168 654 t) alırken, bunu Aydın (67 402 t) Antalya (560 669 t) ve Bursa (484 65t) izlemiştir.

Uygun iklim ve toprak şartları başarılı bir çilek yetiştiriciliği için ön koşuldur. Bitkinin beslenmesi, büyümesi ve gelişmesi için önemli olduğu bilinmektedir (Albregts ve Howard, 1980; Almaliotis ve ark., 2002). Çilekte besin elementi alınmasını etkileyen faktörler arasında iklim, toprak, genotip ve kültürel uygulamalar yer almaktadır. Bunlar arasında toprak nemi, sıcaklık, ışık yoğunluğu, toprak pH'sı, toprakta besin elementlerinin seviyesi, organik madde, mikorizal ve mikrobiyal varlığı yer almaktadır (May ve Pritts, 1990).

Dikim yılından itibaren meyve vermeye başlaması nedeniyle, çilekte vejetatif gelişme verim ve kalite açısından önemlidir. İyi bir vejetatif gelişme sonucunda çileklerde gövde sayısı çoğalmakta, yaprak alanı artmakta bunun sonucunda bitkilerin bol miktarda fotosentez ürünü depolayabilmesi sonucunda verim de artmaktadır (Darrow, 1965). Bu nedenle bitki organlarındaki besin elementi miktarındaki artışın generatif aktivite ve verimde artışa neden olduğu bilinmektedir (Ağaoğlu, 1986).

Kireçli topraklardaki CaCO₃ varlığı azot, fosfor, magnezyum, potasyum, mangan, çinko, bakır ve demirin kimyasını ve alınabilirliğini doğrudan veya dolaylı olarak etkiler. Bu topraklarda genellikle mikro besin element eksiklikleri, yüksek ve yaygındır. Böyle toprakların potansiyel verimliliği, yeterli su ve besin maddelerinin temin edilebildiği yerlerde yüksektir. Kireçli topraklarda yetersiz beslenmeden kaynaklanan kloroz ve bodur büyüme sıklıkla görülmektedir (Kaçar, 2012).

Yüksek pH'lı topraklarda çilek yetiştiriciliği oldukça zordur. Çileklerin optimum düzeyde geliştiği toprak pH'sı 6.0-6.5'dir (Çakaryıldırım,2004; Kepenek, 2002). Kireçli topraklarda çilek yetiştiriciliği yapıldığında verim kayıpları, bitki gelişiminde yavaşlama ve kloroz gibi olumsuzluklarla karşı karşıya kalınmaktadır (Hancock 1999).

Melatonin (MEL) ilk olarak 1958 yılında sığır beyin üstü bezinden izole edilen bir indol amindir (Lerner ve ark., 1958). Karanlık ortamlarda daha fazla salgılanan MEL, hayvan ve insanlarda gün ve yıl içerisinde zamanın algılanmasında görev yapmaktadır. MEL hormonu günlük ritmi düzenlemek, antioksidan ve antikan-sorejen etkileri nedeniyle son yıllarda insan beslenmesinde oldukça önem kazanmaktadır (Yakupoğlu ve ark., 2018; Aguilera ve ark., 2015). Uzun süre omurgalı hayvanlarda bulunduğu inanılan MEL 1995 yılında yapılan iki farklı çalışma bitkilerde de bulunduğunu göstermiştir (Dubbles ve ark., 1995, Hattori ve ark., 1995). Bitkilerin tohum ve meyvelerinde MEL içeriğinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bunun MEL'in antioksidan savunma mekanizmasında görev yapmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Korkmaz ve ark., 2018).

Çalışmada, yüksek pH koşullarında yetiştirilen çilek bitkilerine dışsal MEL uygulamalarının mineral element alımı üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Bitki Materyali ve Büyüme Ortamı

Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi ait deneme alanındaki ısıtmasız serada yürütülmüştür. Denemede nötr gün çileklerden olan "Albion" çeşidi kullanılmıştır. Oldukça verimli ve kaliteli olan Albion çeşidi yüksek rakımlı yerlerde başarılı bir şekilde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Balcı ve ark, 2017).

Çalışma 2 litrelik potlara (165x155x140 mm) 1:1 (w:w) oranında torf perlit karışımı doldurularak yürütülmüştür. Kontrol grubundaki potlara kireç ilavesi yapılmayıp kireç stresi uygulanan gruba ağırlık bakımından %1 CaCO₃ ilave edilmiştir. Yetiştirme ortamlarının kontrol grubunun pH'ları 7.74 iken %1 Kireç ilavesi yapılan ortamların 8.41 olarak belirlenmiştir. Ortam pH'ları Kaçar (2012)'ya göre belirlenmiştir.

Frigo fideler 28.03.2018 tarihinde potlara dikilmiştir. Denemede çilek fideleri bir kez "Nutritect 18-18-18 TE" ticari gübre ile (15.05.2018) gübrelenmiştir.

2.2 Melatonin Uygulaması

Denemede 3 farklı MEL dozu (0, 5 ve 10 μ M) değerlendirilmiştir. Hazırlanan çözelti ışık geçirmeyecek şekilde muhafaza edilip bitki kök bölgesine fide başına 150 ml olacak şekilde 2 kez uygulanmıştır. Birinci uygulama dikimden hemen sonra can suyu şeklinde (28.03.2018) verilirken ikinci uygulama ise 4 yapraklı aşamada yapılmıştır.

2.3 Örneklerinin Alınması ve Mineral Elementlerin Belirlenmesi

Farklı gelişim aşamalarındaki çilek fidelerinde kireç stresine karşı MEL etkisini belirlemek amacıyla üç farklı dönemde sökümler yapılmıştır. İlk söküm, çilek fideleri 4 yapraklı oldukları dönemde (25.04.2018), ikinci söküm dikimden iki ay sonra çiçeklenme döneminde (25.06.2018) ve son söküm ise dikimden üç ay sonra (26.07.2018) meyve aşamasında yapılmıştır.

Mineral element analizi için bitki parçaları ayrı ayrı kese kâğıdına konularak etüvde 650C de 5 gün kurutulmuş, öğütülmüş ve Yozgat Bozok Üniversitesine ait Bilim ve Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezinde (BİLTEM)'de Falandysz ve ark. (2001) göre örnekler hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerde ICP-MS (ICAP-QC modelinde) cihazında fosfor (P), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve demir (Fe) element okumaları yapılmıştır.

2.4 Verilerin Değerlendirilmesi

Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü (her tekerrürde 10 bitki), iki uygulamalı (kontrol ve kireç uygulaması) ve 3 doz (0, 5, 10 μ M) olarak kurulmuştur. Araştırma süresince elde edilen tüm verilerin ortalamalarının hesaplanmasında "Microsoft Office XP EXCEL" programı kullanılmış, istatistikî analizler SPSS 20.0 paket programında değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda farklılık gösteren ortalamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde aynı paket programı kullanılarak Duncan Multiple Range Test (Duncan çoklu karşılaştırma testi) uygulanmıştır. Sonuçların, istatistiksel değerlendirilmesinde farklar arasındaki önemlilik düzeyi 0.05 olarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Fosfor (%)

Kireçli ortamda MEL uygulamasının üç farklı dönemde çilek fidelerinin yaprak, gövde ve köklerindeki P içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde üç dönemde de MEL uygulamasının P alımı üzerine önemli etkileri olduğu belirlenmiştir.

Her üç dönemde de yapraklardaki P alımı, yetiştirme ortamındaki kireç miktarı artıkça azalmıştır. Birinci sökülüm döneminde yaprakta en yüksek P miktarı %0 kireç/10 µM MEL grubundaki bitkilerde (%0.49), en düşük %1 kireç/0 µM MEL grubundaki bitkilerde (%0.26) belirlenmiştir. Çiçeklenme dönemindeki sökülümde en yüksek P içeriği 0 kireç/0 µM MEL uygulamasındaki (%0.34) bitkilerden, en düşük %1 kireç/0 µM MEL uygulamasındaki (%0.11) bitkilerden elde edilmiştir. Son sökülümde ise en yüksek P içeriği 0 kireç/5 µM MEL uygulamasında (%0.29) en düşük %1 kireç/0 µM MEL uygulamasında (%0.11) belirlenmiştir (Çizelge1). Kireçli ortamda yetiştirilen çileklere dışardan uygulanan MEL yapraktaki P alımını arttırdığı görülmüştür (Çizelge1).

Birinci sökülümde gövdedeki en yüksek P içeriği %0.54 (0 kireç/10 µM MEL) olurken en düşük %0.11 (%1 kireç/0 µM MEL) olarak belirlenmiştir. Çiçeklenme döneminde yapılan sökülümde gövde en yüksek P içeriği 0 kireç/5 µM MEL grubundaki bitkilerde (%0.33), en düşük %1 kireç/0 µM MEL grubundaki bitkilerde (%0.09) tespit edilmiştir. Meyve döneminde yapılan sökülümlerde gövde de en yüksek P içeriği yine 0 kireç/5 µM MEL uygulanan bitkilerden (%0.27) elde edilirken en düşük %1 kireç/0 µM MEL ve %1 kireç/10 µM MEL uygulamalarından (sırasıyla %0.08 ve 0.08) elde edilmiştir (Çizelge 1).

Köklerdeki P içeriğine bakıldığında ilk sökülümde en yüksek değer %0.33 olarak (0 kireç/10 µM MEL) belirlenirken en düşük %0.12 (%1 kireç/0 µM MEL) olarak belirlenmiştir. Çiçeklenme döneminde köklerdeki P içeriği %0.16-0.07 aralığında (sırasıyla 0 kireç/0 µM MEL ve %1 kireç/0 µM MEL) değişmiştir. Meyve dönemindeki sökülümlerde ise en yüksek içerik 0 kireç/10 µM MEL uygulamasındaki bitkilerden (%0.17) elde edilirken en düşük içerik %1 kireç/0 µM MEL uygulamasında (%0.03) belirlenmiştir. Diğer sökülümlerde olduğu gibi kireçli ortamlarda MEL uygulamalarının P alımı üzerine olumlu bir etki yaptığı belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çilek yetiştiriciliğinde P içeriğinin yapraklarda %0.25-0.40 (May ve Pritts, 1990), gövdede %0.21-0.52 (Demirsoy ve ark., 2010; Demirsoy ve ark., 2012; Ersoy ve Demirsoy, 2006; Ferree ve Stang, 1988), köklerde %0.19-0.52 aralığında (Ersoy ve Demirsoy, 2006; Demirsoy ve ark., 2010; Demirsoy ve ark., 2012) değiştiği bildirilmiştir. Yetiştirme ortamının pH sınırın artması P alımı azalmaktadır (Kaçar, 2012). Denemede kireç uygulamasıyla birlikte P alımının azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte dışsal MEL uygulalarının yüksek pH'lı ortamda yaprak, gövde ve köklerde P alımını desteklediği açıkça görülmektedir. Zahedi ve ark. (2020) tuz stresine maruz kalan çileklerde dışsal MEL uygulamasının P alımını artırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca çeşitli streslere maruz bırakılmış biber, hıyar, domates ve elmalarda yapılan çalışmalarda dışsal MEL uygulamaları P alımını artırdığı rapor edilmiştir (Liang ve ark., 2018; Liu ve ark., 2016; Sarafi ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2017).

Çizelge 1. MEL uygulamalarının kireçli ortamda yetiştirilen çilek fidelerinin P element içeriklerine etkisi

Table 1. The effect of MEL applications on P element content of strawberry seedlings grown in alkaline stress

	Uygulama	Doz (µM)	Yaprak	Gövde	Kök
1. SÖKÜM	KONTROL	0	0.38b	0.22c	0.15d
		5	0.29c	0.20d	0.15d
		10	0.49a	0.54a	0.33a
	%1 K	0	0.26c	0.11e	0.12e
		5	0.17d	0.19d	0.21b
		10	0.12d	0.28b	0.18c
2. SÖKÜM	KONTROL	0	0.33a	0.22b	0.16a
		5	0.24b	0.33a	0.11d
		10	0.18c	0.17d	0.12c
	%1 K	0	0.11e	0.09e	0.07e
		5	0.16c	0.21c	0.15b
		10	0.13d	0.08e	0.15b
3. SÖKÜM	KONTROL	0	0.26c	0.23c	0.12b
		5	0.29a	0.27a	0.16a
		10	0.26c	0.08e	0.17a
	%1 K	0	0.11e	0.08e	0.03c
		5	0.27b	0.13d	0.12b
		10	0.13d	0.24b	0.13b

* Aynı sütunda yer alan ve aynı harfle başlayan ortalamalar arasındaki farklılık Duncan testine göre istatistiksel olarak önemsizdir ($P < 0.05$).

3.2 Kalsiyum (%)

Çalışma boyunca yapılan üç sökümden de yaprak, gövde ve köklerdeki kalsiyum (Ca) içerikleri üzerine MEL uygulamalarının önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Yapraklardaki Ca içeriğini incelediğimizde bütün sökümde en yüksek içe-

rik %1 kireç/0 MEL uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 2). Birinci sökümden yapraktaki Ca içerikleri %4.38-2.23 aralığında (sırasıyla %1 kireç/0 μM MEL ve 0 kireç/10 μM MEL) değişmiştir. Her iki grup kendi içerisinde değerlendirildiğinde MEL uygulamalarının Ca içeriklerini düşürdüğü görülmüştür. Çiçeklenme döneminde yapılan sökümden yaprak Ca içeriği %3.06-2.15 aralığında (sırasıyla %1 kireç/0 μM MEL ve 0 kireç/5 μM MEL belirlenmiştir. Bu dönemde kontrol bitkilerine uygulanan 10 μM MEL uygulamasının Ca içeriğini artırırken, %1 kireç uygulanan bitkilerde Ca içeriğini azalttığı tespit edilmiştir (Çizelge 2). Meyve döneminde yapılan sökümden ise yaprak Ca içeriği %3.99-1.96 aralığında (sırasıyla %1 kireç/0 μM MEL ve 0 kireç/10 μM MEL) bulunmuştur. Kontrol grubunda 5 μM MEL uygulanan bitkilerin Ca içeriği aynı grupta bulunan bitkilere göre daha yüksek bulunmuştur. %1 kireç uygulanan bitkilerde ise dışsal MEL uygulamaları Ca içeriklerini düşürmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 2. MEL uygulamasının Ca elementinin alımı üzerine etkisi

Table 2. The effect of MEL applications on Ca element content of strawberry seedlings grown in alkaline stress

	Uygulama	Doz (μM)	Yaprak	Gövde	Kök
1. SÖKÜM	KONTROL	0	2.86d	1.48e	2.16c
		5	2.53e	1.24f	2.15c
		10	2.23f	1.92c	2.62b
	%1 K	0	4.38a	3.05a	2.65b
		5	4.02b	2.07b	2.93a
		10	3.39c	1.70d	2.64b
2. SÖKÜM	KONTROL	0	2.28d	1.49d	1.54c
		5	2.15e	1.83b	1.49d
		10	2.84b	1.73c	1.51cd
	%1 K	0	3.06a	1.91a	2.27a
		5	2.88b	1.76c	1.85b
		10	2.78c	1.40e	1.40e
3. SÖKÜM	KONTROL	0	1.96e	1.76e	1.54d
		5	2.61c	1.82d	1.76c
		10	1.89f	2.14c	1.35e
	%1 K	0	3.99a	2.28b	2.53b
		5	3.54b	2.73a	2.58a
		10	2.36d	2.09c	2.60a

* Aynı sütunda yer alan ve aynı harfle başlayan ortalamalar arasındaki farklılık Duncan testine göre istatistiksel olarak önemsizdir ($P < 0.05$).

Gövdedeki Ca içerikleri ilk sökümden itibaren %3.05-1.48 aralığında (sırasıyla %1 kireç/0 MEL ve 0 kireç/0 MEL) değişmiştir (Çizelge 2). Bu sökümden itibaren dışsal MEL uygulaması kontrol grubunda 10 µM MEL dozu Ca içeriğini artırırken, %1 kireç grubunda ise tüm MEL uygulamaları Ca içeriğini azalttığı görülmüştür. Çiçeklenme döneminde yapılan sökümden itibaren gövdelerdeki Ca içeriği %1.91-1.40 aralığında (sırasıyla %1 kireç/0 MEL ve %1 kireç/10 µM MEL) tespit edilmiştir. Bu sökümden itibaren kontrol grubundaki bitkilerde dışsal MEL uygulamaları gövdedeki Ca içeriğini artırırken %1 kireç uygulamasındaki bitkilerde azaltmıştır (Çizelge 2). Meyve döneminde yapılan sökümden itibaren gövde Ca içeriği %2.73-1.76 aralığında (sırasıyla %1 kireç/5 µM MEL ve 0 kireç/0 MEL) değiştiği görülmüştür (Çizelge 2). Bu sökümden itibaren kontrol grubunda tüm MEL uygulamaları, %1 kireç grubunda ise 5 µM MEL uygulamasının Ca içeriğini arttırdığı görülmüştür (Çizelge 2).

Köklerdeki birinci sökümden itibaren Ca içeriği en yüksek %2.93 ile %1 kireç/5 MEL uygulamasında belirlenirken en düşük kontrol grubu 0 ve 5 µM MEL uygulamalarında (sırasıyla % 2.16 ve 2.15) belirlenmiştir (Çizelge 2). Ca içeriğini kontrol grubunda 10 µM MEL dozu, %1 kireç grubunda ise 5 µM MEL dozu arttırmıştır (Çizelge 2). Meyve dönemi sökümden itibaren köklerdeki Ca içeriği %2.60-1.35 aralığında (sırasıyla %1 kireç/10 µM MEL ve 0 kireç/10 µM MEL) belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu sökümden itibaren kontrol grubunda en yüksek en yüksek Ca içeriği 5 µM MEL dozu artırırken, %1 kireç grubunda ise tüm MEL uygulamalarının Ca içeriğini arttırmıştır (Çizelge 2).

Çilek yetiştiriciliğinde yaprak Ca içeriğinin %0.7-1.7 olduğunu (Cline 1991; May ve Pritts 1990), gövdede %0.33-1.74 (Demirsoy ve ark., 2010; Stanisavljevic ve ark., 1997), köklerde %0.18-0.85 (Demirsoy ve ark. 2010) aralığında tespit edilmiştir. Bu veriler çilek fidelerinde elde ettiğimiz veriler ile uyumlu olduğu görülmektedir. Çalışmamızın sonunda kireçli ortamlarda dışsal MEL uygulamalarının Ca içeriğini genel olarak yapraklarda ve gövdede azaltırken köklerde arttırmıştır (Çizelge 2). Ağır metal stresine karşı MEL uygulanan biberlerde Ca içeriği yaprakta azalırken gövde ve köklerde artmıştır (Sarafı ve ark., 2017). Bununla birlikte Liu ve ark., (2016) domateste yaptıkları çalışmada ise MEL uygulamalarının Ca içeriği üzerine etkisi olmadığı rapor edilmiştir. Kuraklık stresine maruz bırakılan elma fidelerinde MEL uygulamaları kontrol grubunda Ca içeriğini düşürürken, kurak şartlarda Ca içeriğini arttırmıştır (Liang ve ark., 2018). Tuz stresi koşullarında yetiştirilen çileklerde yapılan çalışmada ise MEL uygulamalarının Ca içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Zahedi ve ark., 2020).

1.3 Magnezyum (%)

Çalışmamız boyunca yapılan üç sökümde de çileklerde yaprak, gövde ve köklerdeki Mg içerikleri üzerine MEL uygulamalarının önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Yapraklardaki Mg içeriği dikimden yaklaşık bir ay sonra yaptığımız ilk sökümde %0.84-0.60 aralığında belirlenmiştir (sırasıyla %1 kireç/0 MEL ve %1 kireç/10 μ M MEL). Bu sökümde MEL uygulamaları her iki grupta da Mg içeriklerini azalttığı görülmüştür (Çizelge3). İkinci söküm tarihinde yapraklardaki Mg içeriği %0.63-0.31 aralığında (sırasıyla 0 kireç/10 μ M MEL ve %1 kireç/5 μ M MEL) tespit edilmiştir. Bu söküm tarihinde her iki grupta da 10 μ M MEL uygulaması Mg içeriğini arttırdığı görülmüştür (Çizelge 3). Meyve döneminde yapılan sökümde Mg içeriği %0.50-0.30 aralığında (sırasıyla %1 kireç/10 μ M MEL ve 0 kireç/5 μ M MEL) olduğu görülmüştür. Bu dönemde yapılan dışsal MEL uygulamaları Mg içeriğini kontrol grubunda azaltırken %1 kireç grubunda ise artırmıştır (Çizelge 3).

4. Çizelge 3. MEL uygulamasının Mg elementinin içeriği üzerine etkisi

Table 3. The effect of MEL applications on Mg element content of strawberry seedlings grown in alkaline stress

	Uygulama	Doz (μ M)	Yaprak	Gövde	Kök
1. SÖKÜM	KONTROL	0	0.81b	0.38d	0.38e
		5	0.69d	0.38d	0.44d
		10	0.76c	0.45c	0.57b
	%1 K	0	0.84a	0.49b	0.35f
		5	0.75c	0.52a	0.63a
		10	0.6e	0.46c	0.47c
2. SÖKÜM	KONTROL	0	0.46b	0.24e	0.34c
		5	0.45b	0.46b	0.35b
		10	0.63a	0.50a	0.32d
	%1 K	0	0.46b	0.27d	0.31e
		5	0.44c	0.31c	0.39a
		10	0.47b	0.17f	0.26f
3. SÖKÜM	KONTROL	0	0.35d	0.31a	0.34b
		5	0.31e	0.29bc	0.37a
		10	0.30f	0.28c	0.33c
	%1 K	0	0.40c	0.30b	0.31d
		5	0.43b	0.26d	0.27e
		10	0.50a	0.29bc	0.26e

* Aynı sütunda yer alan ve aynı harfle başlayan ortalamalar arasındaki farklılık Duncan testine göre istatistiksel olarak önemsizdir ($P < 0.05$).

Gövdedeki Mg içeriği ilk söküm tarihinde %0.52-0.38 aralığında (sırasıyla %1 kireç/5 μM MEL ve 0 kireç/0 μM MEL) belirlenmiştir. Bu dönemde gruplar kendi içerisinde değerlendirildiğinde MEL uygulamalarının Mg içeriğini arttırdığı görülmektedir (Çizelge 3). Çiçeklenme döneminde yapılan sökümde gövde Mg içeriği %0.50-0.17 aralığında (sırasıyla 0 kireç/10 μM MEL ve %1 kireç/10 μM MEL) tespit edilmiştir. Kontrol grubunda 10 μM , %1 kireç grubunda 5 μM MEL dozlarının Mg içeriğini arttırdığı görülmektedir (Çizelge 3). Meyve döneminde yapılan sökümde gövdedeki Mg içeriği %0.31-0.26 aralığında (sırasıyla 0 kireç/0 μM MEL ve %1 kireç 5 μM MEL) olduğu görülmüştür. Bu dönemde MEL uygulamalarının her iki grupta da gövde Mg içeriğini azalttığı belirlenmiştir.

Kökteki mg içeriği ilk söküm tarihinde % 0.63-0.38 aralığında (sırasıyla %1 kireç/5 μM MEL ve %1 kireç/0 μM MEL) belirlenmiştir. Bu dönemde her iki grupta da MEL uygulamalarının kökteki Mg içeriğini artırdığı gözlenmiştir (Çizelge 3). Çiçeklenme döneminde yapılan sökümde kök Mg içeriği %0.38-0.26 aralığında (sırasıyla %1 kireç/5 μM MEL ve 0 kireç/0 μM MEL) olduğu tespit edilmiştir. Bu tarihte her iki grupta da 5 μM MEL dozunun Mg içeriğini artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Üçüncü söküm tarihinde kökteki Mg içeriği %0.37-0.26 aralığında (sırasıyla 0 kireç/5 μM MEL ve %1 kireç/10 μM MEL) olduğu görülmüştür. Bu sökümde kontrol grubunda 5 μM MEL uygulamasının Mg içeriğini artırırken %1 kireç grubunda tüm MEL uygulamalarının Mg içeriğini azalttığı görülmüştür (Çizelge 3).

Çilek yetiştiriciliğinde, yaprak Mg içeriğinin %0.2-0.5 (May ve Pritts 1990), gövdede %0.09 - %0.19 (Stanisavljevic ve ark., 1997; Ersoy ve Demirsoy, 2006), kökte %0.15-%0.23 olarak (Stanisavljevic ve ark., 1997; Ersoy ve Demirsoy, 2006) aralığında belirlenmiştir. Mg alımı pH 7-8.5 aralığında en yüksek seviyeye çıkmaktadır (Kaçar, 2012) denemede yetiştirme ortamlarımızın pH aralığı bu seviyeler içerisinde yer aldığından Mg içeriğinin diğer çalışmalara göre daha yüksek çıktığı düşünülmektedir. Çileklerde tuz stresine karşı MEL uygulamalarının Mg içeriklerini artırdığı rapor edilmiştir (Zahedi ve ark.,2020). Yine hıyarlarda ve biberlerde yapılan çalışmalarda MEL uygulanan stres grubundaki bitkilerin Mg içeriği arttığı görülmüştür (Zhang ve ark., 2017; Sarafi ve ark., 2017). Domateste yapılan bir çalışmada ise dışsal MEL uygulamasının Mg içeriğini azalttığı rapor edilmiştir (Liu ve ark., 2016). Liang ve ark. (2018) yaptıkları başka bir çalışmada ise MEL uygulamalarının elmalarda Mg içeriğine etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

3.4 Demir (ppm)

Denememizde yapılan üç sökümde de çileklerde yaprak, gövde ve köklerdeki demir (Fe) içerikleri üzerine MEL uygulamalarının önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. MEL uygulamasının Fe elementinin içeriği üzerine etkisi

Table 4. The effect of MEL applications on Fe element content of strawberry seedlings grown in alkaline stress

	Uygulama	Doz (µM)	Yaprak	Gövde	Kök
1. SÖKÜM	KONTROL	0	28.27b	22.85c	78.52b
		5	26.89c	22.52c	71.86c
		10	29.32a	36.71a	111.33a
	%1 K	0	23.79d	19.92d	57.59e
		5	22.70e	27.41b	54.52e
		10	28.74b	22.85c	64.94d
2. SÖKÜM	KONTROL	0	23.27c	20.73c	43.52c
		5	24.40a	24.10b	52.28a
		10	21.16d	31.14a	45.21b
	%1 K	0	18.43f	14.38e	30.97e
		5	23.80b	18.43d	44.29c
		10	19.37e	18.22d	37.59d
3. SÖKÜM	KONTROL	0	24.69b	25.96c	45.09e
		5	29.38 a	29.28a	54.42d
		10	23.15c	28.03b	65.21a
	%1 K	0	20.72d	16.48f	39.68f
		5	20.36 d	18.65e	59.53c
		10	20.478 d	20.79d	61.21b

* Aynı sütunda yer alan ve aynı harfle başlayan ortalamalar arasındaki farklılık Duncan testine göre istatistiksel olarak önemsizdir ($P < 0.05$).

Yapraklardaki Fe içeriği birinci sökümde 29.32-22.70 (sırasıyla 0 kireç/10 µM MEL ve %1 kireç/5 µM MEL) ppm aralığında değişmiştir. Bu söküm tarihinde

özellikle 10 µM doz MEL uygulaması her iki grupta da Fe içeriğini arttırmıştır (Çizelge 4). Çiçeklenme döneminde yapılan sökümde yapraklardaki Fe içeriği 24.40-19.37 ppm aralığında (sırasıyla 0 kireç/5 µM MEL ve %1 kireç/10 µM MEL) belirlenmiştir (Çizelge 4). Bu söküm döneminde ise 5 µM MEL dozu yapraklarda Fe içeriğini yükselttiği tespit edilmiştir (Çizelge 4). Meyve döneminde yapılan sökümde yapraktaki Fe içeriği 29.38-20.36 ppm aralığında (0 kireç/5 µM MEL ve %1 kireç/5 µM MEL) bulunmuştur. Bu tarihte kontrol grubunda 5 µM MEL doz uygulanan bitkilerde Fe içeriğini artırırken %1 kireç grubu aynı istatistiki grupta yer almıştır (Çizelge 4).

Gövdede ki Fe içeriği birinci sökümde 36.707-19.923 ppm aralığında (sırasıyla 0 kireç/10 µM MEL ve %1 kireç 0 MEL) belirlenmiştir. Bu sökümde dışsal MEL uygulamalarının özellikle %1 kireç uygulanan bitkilerde Fe alımını olumlu yönde etkilediği görülmüştür (Çizelge 4). Çiçeklenme döneminde yapılan sökümde Fe içeriği 31.144-14.382 ppm aralığında (sırasıyla 0 kireç/10 µM MEL ve %1 kireç/0 µM MEL) tespit edilmiştir. Son söküm döneminde gövde Fe içeriği 29.284-16.480 ppm aralığında (sırasıyla 0 kireç/5 µM MEL ve %1 kireç/0 MEL) olduğu görülmüştür. Bu 2 sökümde de MEL uygulamalarının gövde Fe içeriğini arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4).

Köklerde Fe içeriği ilk söküm tarihinde 111.326-54.523 ppm aralığında (sırasıyla 0 kireç/10 µM MEL ve %1 kireç/0 MEL) olduğu belirlenmiştir. Çiçeklenme döneminde gövdede Fe içeriği 52.283-30.973 ppm aralığında (sırasıyla 0 kireç/5 µM MEL ve %1 kireç/0 µM MEL) tespit edilmiştir. Meyve döneminde köklerdeki Fe içeriği 65.207-39.683 ppm aralığında (sırasıyla 0 kireç/10 µM MEL ve %1 kireç/0 MEL) bulunmuştur. Yapılan bütün sökümlerde özellikle 10 µM MEL doz uygulamasının Köklerdeki Fe içeriğini arttırdığı görülmüştür (Çizelge 4).

Yapılan çalışmalarda çileklerde yaprakta Fe içeriği 246.1-1383.2 ppm (Ersoy ve Demirsoy, 2006; Demirsoy ve ark., 2012; May ve Pritts 1990) gövdede 230.7-2362.3 ppm (May ve ark., 1994; Ersoy ve Demirsoy, 2006; Demirsoy ve ark., 2012), kökte Fe içeriği 400.6-2700 ppm (Ersoy ve Demirsoy, 2006; Demirsoy ve ark., 2012; May ve ark., 1994) arasında değiştiğini bilmektedir. Ağır metal stresine maruz bırakılan biberlerde dışsal MEL uygulamalarının yaprak ve köklerde Fe içeriğini arttırdığı görülmüştür (Sarafi ve ark., 2017). Domateste yapılan bir çalışmada dışsal MEL uygulanan bitkilerin Fe içerikleri kontrol grubundaki bitkiler ile aynı istatistiki grupta yer aldıkları bildirilmiştir (Liu ve ark., 2016). Elmada yapılan bir çalışmada dışsal MEL uygulamaları kurak şartlarda Fe alımını azaltmış kontrol grubunda ise önemli bir etkisi olmamıştır (Liang ve ark., 2018).

4. SONUÇ

MEL hormonu günlük ritmi düzenlemek, antioksidan ve antikansorejen etkileri nedeniyle son yıllarda insan beslenmesinde oldukça önem kazanmaktadır. Bitkilerde tohum ve meyvede MEL içeriğinin daha fazla olması, MEL'in antioksidan savunma mekanizmasında görev yapmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Birçok çalışmada bitkilerin olumsuz çevre koşullarında MEL üretimini arttırdığı bildirilmiştir. Çevresel stres şartları altında yapılan yetiştiricilikte bitki gelişimini ve verimliliğini sürdürmek esastır. Bu nedenle stres koşullarına karşı toleransı artırmak için bazı bitki büyüme düzenleyicilerinden faydalanılmaktadır.

Yüksek pH şartlarında yürütülen çalışmada çileklerin bazı mineral element alımı incelendiğinde dışsal MEL uygulamalarının özellikle P ve Fe alımını artırdığı görülmüştür. Kireçli topraklardaki CaCO₃ varlığı özellikle fosfor ve demirin alınabilirliğini doğrudan veya dolaylı olarak etkilediğinden oldukça önemli bir etki yaptığı görülmektedir. Genel olarak 10 µM MEL dozunun yüksek pH koşullarında incelenen mineral elementlerin alımı üzerine daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından 6602b-ZF/19-331kodlu proje ile desteklenmiştir. Mali destekleri için teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Aguilera, Y., Herrera, T., Liébana, R., Rebollo-Hernanz, M., Sanchez-Puelles, C., Martín-Cabrejas, M.A., 2015. Impact of Melatonin Enrichment during Germination of Legumes on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63: 7967-7974.
- Ağaoğlu, S.Y., 1986. Üzümsü Meyveler. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları:984, Ders Kitabı: 290.
- Albregts, E.E., Howard, C.M., 1980. Accumulation of nutrients by strawberry plants and fruit grown in annual hill culture. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105(3): 386-388.
- Almaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S., Karapetsas, N., 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. *Acta Horticulturae*, 567: 447-450.
- Balci, G., Koç, A., Keles, H., Kılıç, T., 2017. Yozgat koşullarında bazı çilek çeşitlerinin performanslarının değerlendirilmesi. *Meyve Bilimi*, 4(2):6-12.
- Çakaryıldırım, N., 2004. Çilek. <http://www.aeri.org.tr/PDF/Bks-7-12.pdf>.
- Darow, G.M., 1965. The strawberry: History, Breeding and Physiology <http://www.nal.usda.gov/pgdic/Strawberry/book/bok9teen.htm>.
- Demirsoy, L., Demirsoy, H., Balci, G., 2012. Different growing conditions affect nutrient content, fruit yield and growth in strawberry. *Pakistan Journal of Botany*, 44 (1): 125-129.
- Demirsoy, L., Demirsoy, H., Ersoy, B., Balci, G., Kizilkaya, R., 2010. Seasonal variation of NPK and Ca Content of Leaf, Crown and Root of Sweet Charlie Strawberry under Different Irradiation. *Zemdirbyste-Agriculture*, 97(1), 23-32.
- Dubbles, 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.
- Ersoy, B., Demirsoy, H., 2006. Değişik gölgeleme uygulamalarının Camorosa çiçek çeşidinde bazı elementlerin mevsimsel değişimine etkileri üzerine bir araştırma. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1): 82-88.
- FAO, 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (erişim tarihi, 01.03.2021).
- Ferree, D.C., Stang, E. J., 1988. Seasonal plant shading, growth and fruiting in "Earliglow" strawberry. Journal of the American Society for Horticultural Science, 113(3): 322-327.
- Hancock, J.F., 1999. Strawberries. Printed and Bound in the UK at University Press, Cambridge P 231.
- 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, 35:627-634.
- Kacar, B., 2012. Soil Analysis. Nobel Publisher, ISBN 6053951841, Ankara, Turkey, s:466.
- Kepenek, K., Koyuncu, M.A., Koyuncu, F., 2002. Bazı çiçek çeşitlerinin Isparta koşullarında adaptasyonu. Bahçe, 31 (1-2): 17 – 23.
- Korkmaz, A., Köklü, Ş., Yakupoğlu, G. 2018. Investigating the effects of melatonin application on the ageing process of pepper seeds. Acta Horticulturae, 1204, 9-16.
- 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, 80:2587-2592.
- Liang, B., Ma, C., Zhang, Z., Wei, Z., Gao, T., Zhao, Q., Ma, F., Li, C., 2018. Long-term exogenous application of melatonin improves nutrient uptake fluxes in apple plants under moderate drought stress. Environmental and Experimental Botany, 155:650-661.
- Liu, J., Zhang, R., Sun, Y., Liu, Z., Jin, W., Sun, Y., 2016. The beneficial effects of exogenous melatonin on tomato fruit properties. Scientia Horticulturae, 207:14-20.
- May, G.M, Pritts, M.P., 1990. Strawberry nutrition. Advances in Strawberry Production 9,10-24.
- Sarafı, E., Tsouvaltzis, P., Chatzissavvidis, C., Simos, A., 2017. Melatonin and resveratrol reverse the toxic effect of high boron (B) and modulate biochemical parameters in pepper plants (Capsicum annuum L.). Plant Physiology Biochemistry, 112:173-182.
- Stanisavljevic, M., Gavrilovic-Damjanovic, J., Mitrovic, O., Mitrovic, V., 1997. Dynamics and contents of minerals in some strawberry organs and tissues. Acta Horticulturae, 439(2): 705-708.
- TÜİK, 2020. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi 01.03.2021).
- Yakupoğlu, G., Köklü, Ş., Korkmaz, A. 2018. Bitkilerde Melatonin ve Üstlendiği Görevler. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(2):264-276.
- Zahedia, M.S., Hosseinib, M.S., Abadfac, J., Marjani, M., 2020. Melatonin foliar sprays elicit salinity stress tolerance and enhance fruit yield and quality in strawberry (Fragaria x ananassa Duch.). Plant Physiology and Biochemistry, 149:313-323.
- Zhang, R., Sun, Y., Liu, Z., Jin, W., Sun, Y., 2017. Effects of melatonin on seedling growth, mineral nutrition, and nitrogen metabolism in cucumber under nitrate stress. Pineal Research, 62:e12403.



