

Kimyon (*Cuminum cyminum* L.) Bitkisinde Yapraktan GA₃ ve Metil Jasmonat Uygulamalarının Meyve Verimi ve Uçucu Yağ Kalitesi Üzerine Etkileri

Arif ŞANLI*¹, Tahsin KARADOĞAN¹, Halil ERÇABUK², Hamide DAĞLI²

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 16, Sayı 2,
Sayfa 255-262, 2021

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 16, Issue 2,
Page 255-262, 2021

Özet: Bu çalışma farklı gelişme dönemlerinde yapraktan yapılan Gibberellik asit (GA₃) ve Metil Jasmonat (MJ) uygulamalarının kimyon (*Cuminum cyminum* L.) meyve verimi ve uçucu yağ kalitesine etkilerinin belirlenmesi amacıyla Isparta koşullarında 2014 ve 2015 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmada farklı konsantrasyonlarda GA₃ (0, 50, 100 ve 150 ppm) ve MJ (0, 0.5, 1.0 ve 1.5 mM) vejetatif gelişme dönemi (çıkıştan 40 gün sonra) ve çiçeklenme ortası (çıkıştan 60 gün sonra) olmak üzere iki gelişme döneminde bitki yapraklarına püskürtme şeklinde uygulanmıştır. GA₃ ve MJ uygulamaları kimyonda meyve verimi ve verimi etkileyen parametreleri genellikle olumlu yönde etkilemiş, ortaya çıkan etki uygulama dozlarına bağlı olarak değişim göstermiştir. En yüksek şemsiye sayısı ve meyve sayısı 100 ppm GA₃, 1000 tane ağırlığı ve meyve verimi ise 0.5 ve 1.0 mM MJ uygulamalarından elde edilmiştir. Her iki fitohormonun da uçucu yağ sentezine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuş, yüksek dozda yapılan GA₃ uygulamaları hariç diğer uygulamalar meyve uçucu yağ oranını kontrole göre (% 1.85) önemli derecede arttırmıştır. Tüm uygulamalarda da uçucu yağları oluşturan ana bileşenler benzer (3-Caren-10-al, cuminic aldehyde, γ-terpinene, β-pinene ve cymol) olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kimyon, GA₃, Metil Jasmonat, meyve verimi, uçucu yağ oranı ve bileşenleri

Effects of Foliar GA₃ and Methyl Jasmonate Applications on Fruit Yield and Essential Oil Quality of Cumin (*Cuminum cyminum* L.)

Abstract: This study was carried out in Isparta conditions in 2014 and 2015 in order to determine the effects of foliar applications of Gibberellic acid (GA₃) and Methyl Jasmonate (MJ) at different growth stages on cumin (*Cuminum cyminum* L.) fruit yield and essential oil quality. Different concentrations of GA₃ (0, 50, 100 and 150 ppm) and MJ (0, 0.5, 1.0 and 1.5 mM) were applied to the leaves by spraying in two developmental periods: vegetative development period (40 days after emergence) and mid-flowering (60 days after emergence). The applications of GA₃ and MJ have generally positively affected the yield and parameters affecting fruit yield in cumin, and the resulting effect has varied depending on the application doses. The highest number of umbrellas and number of fruits was obtained from applications of 100 ppm GA₃, 1000 grain weight and fruit yield were obtained from applications of 0.5 and 1.0 mM MJ. The effect of both applications on the synthesis of essential oils was found to be statistically significant, and all applications except that high-dose GA₃, significantly increased the fruit essential oil content compared to the control (1.85%). The main components of the essential oils in all applications were similar (3-carene-10-al, cuminic aldehyde, γ-terpinene, β-pinene and cymol).

Keywords: Cumin, GA₃, Methyl Jasmonate, fruit yield, essential oil content and components

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
arifsanli@sdu.edu.tr

Alınış (Received): 29/10/2021
Kabul (Accepted): 15/12/2021

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Isparta, Türkiye.

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri
Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye.

1. Giriş

Kimyon (*Cuminum cyminum* L.) Apiaceae familyasından tek yıllık bir bitki olup Hindistan, Suriye, Türkiye, Sudan, İran, Pakistan, Arjantin, Çin, vb. gibi ülkelere yaygın olarak yetiştirilmektedir (Kan ve ark. 2007). Kimyonun dünyadaki ticari hacmi yıllara göre değişmekle beraber 80-100 bin ton civarındadır. Dünya kimyon ticaretinin yaklaşık %90'ını önemli kimyon ihracatçıları Hindistan, İran, Suriye, Türkiye ve Afganistan birlikte karşılamaktadır (Arslan, 2019). Dünya kimyon ihracatında önemli bir yere sahip olan ülkemizde 2020 yılında yaklaşık 21.213 ha alanda 13.926 ton üretim gerçekleştirilmiştir (Tüik, 2021).

Kimyon önemli derecede antimikrobiyal (Hajlaoui ve ark., 2010), antikanser (Nalini ve ark., 2006) ve antioksidan (Martinez-Tome ve ark., 2001) aktivitenin yanı sıra uyku düzenleyici (Chauhan ve ark., 2010), şeker hastalıkları (Srinivasan, 2005) ile mide ve bağırsak ağrılarınin tedavisinde (Milan ve ark., 2008) kullanılan önemli bir aromatik bitkidir. Kimyon meyveleri ile meyvelerinden elde edilen uçucu yağ bileşenleri ticari olarak parfümeri, yiyecek, içecek ve ilaç sektörlerinde kullanılmaktadır (Beis ve ark., 2000).

Morfogenetik, ontogenetik ve diurnal varyabilitenin yanı sıra biyotik ve abiyotik stres faktörleri, topoğrafik, coğrafik ve ekolojik faktörler ve kültürel işlemler bitkilerde uçucu yağ sentezini etkileyen önemli faktörler olarak sıralanabilir (Lima ve ark., 2003; Gobbo-Neto ve Lopes, 2007). Özellikle çevresel faktörlerde meydana gelen değişimler, bitki metabolizmasını ve dolayısıyla uçucu yağ biyosentezini etkileyen biyokimyasal yolları ve fizyolojik süreçleri önemli ölçüde etkilemektedir (Sangwan et al., 2001). Bitkilerde meydana gelen bu değişimler önemli ölçüde bitki büyüme düzenleyicileri tarafından kontrol edilmektedir. Bitki büyümesini düzenleyici maddeler tarımda çimlenme, vejetatif büyüme, üreme, olgunlaşma, yaşlanma ve hasat sonrası gibi gelişimsel süreçleri kontrol etmekte ve bitkilerde primer ve sekonder metabolit havuzunu etkileyen ana faktörlerden birisi olarak bilinmektedir (Prins ve ark., 2010). Bazı büyüme düzenleyicilerinin birçok aromatik bitki türünde bitki gelişimini ve uçucu yağ biyosentezini teşvik ettiği ve uçucu yağ miktar ve kalitesine olumlu yönde etki gösterdiği bildirilmiştir (Prins ve ark., 2010; Zheljzakov ve ark., 2010; Sharafzadeh ve Zare 2011; Feizbakhsh ve ark., 2016).

Gibberellinler (GA) angiospermlerden gymnospermlere ve eğreltilere kadar birçok bitkide bulunan, bitki büyüme ve gelişmesini gövde uzaması, kök ve meyve gelişmesi, çiçeklenme, meyve tutumu ve çiçek gelişimi gibi bir çok fizyolojik olayları kontrol eden endojen hormonlardır (Olszewski, 2002; Tyler ve ark., 2004; Alabadi ve ark., 2004; Swain ve Singh, 2005). Metil Jasmonat ve Jasmonik asit çiçeklenme, olgunlaşma, senesens, fotosentez, patojen ve böcek saldırıları ile abiyotik stres faktörlerine karşı savunma tepkisi gibi fizyolojik süreçlerde ve bitki gelişiminde önemli rol oynayan hücre içi düzenleyiciler olarak bilinmektedir (Maciejewska ve ark., 2004; Choi ve ark., 2005; Kim ve ark., 2009; Warabieda ve ark., 2010) Konu ile ilgili olarak yürütülen çalışmalarda, MJ uygulamalarının fesleğen bitkisinde uçucu yağ bileşen sayısını önemli ölçüde arttırdığı (Kim ve ark., 2006; Li ve ark., 2007), GA₃ uygulamalarının adaçayı yağının kimyasal kompozisyonunu etkilediği (Povh ve Ono 2007), GA₃ ve benzyladenin uygulamalarının alman papatyasında verim ve uçucu yağ oranını arttırdığı (Amiri ve ark., 2014) bildirilmiştir.

Ürün miktar ve kalitesine gösterdikleri olumlu etkilerden dolayı bitkisel hormonların tarımsal üretimde kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte, kimyonda bitkisel hormonların uçucu yağ üretiminde kullanımları hakkında yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, kimyon bitkisinde GA₃ ve Metil Jasmonat uygulamalarının verim ve verimi etkileyen özellikler ile uçucu yağ oranı ve bileşenlerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliği deneme alanlarında 2014-2015 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmada Ankara ilinde 2013 yılında üretimi yapılan kimyon (yerel popülasyon) tohumları ile Sigma-Aldrich firmasından temin edilen GA₃ ve Metil Jasmonat materyal olarak kullanılmıştır.

Deneme tarlası toprağı; tekstür bakımından tınlı, pH 8.0, toplam tuz içeriğı % 0.029 ve katyon değişim kapasitesi %33 olan kireççe zengin (%23.2), organik madde miktarı bakımından fakir (%1.1), alınabilir fosfor (19.1 mg/kg P₂O₅)

Tablo 1. Çalışmanın yürütüldüğü yıllara ait aylık ortalama iklim verileri

Aylar	Yağış (mm)			Sıcaklık (°C)			Nem (%)		
	1950-2015	2014	2015	1950-2015	2014	2015	1950-2015	2014	2015
Mart	55.3	78.6	111.6	6.2	7.2	6.7	65.3	63.9	65.8
Nisan	55.3	44.8	26.1	10.8	11.3	8.6	61.0	60.6	60.7
Mayıs	52.3	107.0	67.5	15.6	14.7	16.1	57.4	62.6	59.8
Haziran	30.6	42.8	92.2	20.2	19.4	17.8	51.2	53.0	67.7
Temmuz	14.6	0.8	3.0	23.7	24.2	23.7	45.3	45.6	48.3
Ağustos	11.7	10.2	43.4	23.2	24.6	23.5	46.4	46.1	54.8
Yağış Top.									
Sıcaklık-Nem Ort.	219.8	284.2	343.8	16.6	16.9	16.1	54.4	55.3	59.5

ve toplam azot miktarı bakımından fakir (%0.38), potasyum bakımından zengin (187 g/da KO₂) bir topraktır. Arazi çalışmalarının yürütüldüğü Isparta ilinin 2014 ve 2015 yıllarına ait bazı önemli iklim verileri Tablo 1'de verilmiştir. Isparta ili Göller Bölgesi'nde Akdeniz iklimi ile karasal iklimin kesişme noktasında Batı Geçit Kuşağı'nda yer almakta, kışları nispeten serin ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak bir iklim yaşanmaktadır (Yıldız, 2011).

Arazi çalışmaları Tesadüf Blokları Deneme deseninde göre 3 tekerrürlü olarak planlanmıştır. Kimyon tohumları her iki deneme yılında da Nisan ayının ilk haftasında toprak tavının uygun olduğu dönemde 30 x 5 cm normunda her bir parsel alanı 9 m² (1.5m x 6 m) olacak şekilde el ile ekilmiştir. Çalışmada farklı konsantrasyonlarda GA₃ (50, 100, 150 ppm) (Prins ve ark., 2010), Metil Jasmonat (0.5, 1.0, 1.5 mM) (Degenhardt ve Lincoln, 2006) ve kontrol olmak üzere her blokta 7, toplamda ise 21 parsel oluşturulmuştur. Ekim ile birlikte dekara 6 kg/da saf azot ve fosfor gelecek şekilde DAP (18-46-0) ve Amonyum sülfat (%21 N), çiçeklenme öncesi döneminde ise 4 kg/da saf azot olacak şekilde Nitropower (%30 N) kullanılarak gübreleme yapılmıştır (Elik ve ark., 2010). GA₃ ve Metil Jasmonat uygulamaları vejetatif gelişme dönemi (çıkıştan 40 gün sonra) ve çiçeklenme ortası (çıkıştan 60 gün sonra) olmak üzere iki gelişme döneminde 40 L/da su normunda sırt pompası ile bitki üst kısmına püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Hiçbir uygulama yapılmayan parseller kontrol olarak değerlendirilmiştir. Çalışma kuru koşullarda yürütülmüş, yabancı otlarla 2 kez el ile mücadele edilmiştir.

Her bir parselde hasat kimyon bitkisinin kritik olgunlaşma zamanı (ortadaki şemsiyelerin olgunlaştığı, bütün şemsiyelerin %50-75'inin sararıp kahverengiye dönmeye başladığı devre) dikkate alınarak ayrı ayrı yapılmıştır. Her parselin kenar sıraları ile parsel baş ve sonlarından 1'er metre kenar tesiri olarak ayrıldıktan sonra geriye kalan alan hasat alanı olarak değerlendirilmiştir. Hasat alanı içerisinde rastgele seçilen 20 bitkide bitki boyu, bitkide dal sayısı, bitkide şemsiye sayısı ve şemsiyede meyve sayısı parametreleri belirlenmiştir. Hasat alanındaki tüm bitkiler toprak seviyesinin hemen üzerinden kesilerek tarlada çuvallar üzerinde 1 hafta süreyle kurumaya bırakılmış, ardından meyveler temizlenerek tartılmış ve hasat alanı üzerinden meyve verimleri hesaplanmıştır.

Meyve örneklerinde uçucu yağ oranları Clevenger tipi hidro-distilasyon cihazı kullanılarak belirlenmiş, meyveler uçucu yağ analizinden önce öğütülmüştür. Uçucu yağ analizi için her parselden alınan 100'er g meyve örneği 3 tekrarlamalı olarak distilasyon cihazının kaynatma balonunda 0,5 litre su eklenecek şekilde 100 °C'de 3 saat süreyle damıtılmıştır (Şanlı ve ark., 2012). Elde edilen uçucu yağların miktarı ml olarak ölçülerek ortalamaları alındıktan sonra % oranları (v/w) hesaplanmıştır (Marotti ve Piccaglia 1992). Uçucu yağ bileşenleri, SDÜ Deneysel ve Gözlemsel

Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan GC/MS (Gas chromatography/Mass spectrometry) cihazında (QP-5050 detektörlü Shimadzu 2010 Plus) CP-Wax 52 CB (50 m x 0.32 mm. 0.25 µm) kapiler kalonu kullanılarak belirlenmiştir. Analizlerde fırın sıcaklık programı dakikada 10 °C artarak 60 °C'den 220 °C'ye yükseltilmiş ve 220 °C'de 10 dakika kadar bekletilmiştir. Toplam program süresinin 60 dakika, enjektör sıcaklığının 240 °C ve detektör sıcaklığının 250 °C olarak ayarlandığı bu çalışmada taşıyıcı gaz olarak helyum gazı (20 mL/dakika, oran 1:20) kullanılmıştır (Baydar, 2016).

Araştırmadan elde edilen veriler SAS (2009) istatistik paket programında GLM prosedürü kullanılarak standart varyans analizi tekniğinde (ANOVA) analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testine göre belirlenmiştir.

3. Bulgular

Araştırmada her iki yıla ait verilerin birleştirilmiş varyans analizine göre yıllar arasındaki farklılıklar ile yıl x uygulama interaksyonları istatistiksel anlamda önemli bulunmamış, bu nedenle araştırmada incelenen tüm parametreler 2 yıllık ortalama veriler kullanılarak açıklanmıştır.

Büyüme düzenleyici madde uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi önemli bulunmuş, 1.5 mM MJ uygulamaları hariç diğer tüm uygulamalar bitki boyunu önemli derecede arttırmıştır. Uygulamalara bağlı olarak bitki boyu 21.8-25.8 cm arasında değişim göstermiştir (Tablo 2). Uygulamalar bitkide dal sayısını istatistiksel açıdan önemli derecede etkilemiş, en yüksek dal sayıları 1 mM MJ ile 100 ve 150 ppm GA₃ uygulamalarından (sırası ile 12.5, 12.9 ve 12.4 adet) elde edilmiştir. MJ uygulamalarında ortalama dal sayısı doz artışı ile birlikte 1 mM dozuna kadar önemli derecede artarken, 1.5 mM dozu dal sayısının önemli derecede azalmasına neden olmuştur. Bitkide şemsiye sayısı uygulamalara bağlı olarak 11.2-20.8 adet arasında değişim göstermiş, en yüksek şemsiye sayıları 100 ve 150 ppm GA₃ uygulamalarında (sırası ile 20.8 ve 19.8 adet) belirlenmiştir. Çalışmada 1.5 mM MJ uygulamaları şemsiye sayısının azalmasına neden olurken, diğer tüm uygulamalarda şemsiye sayısı kontrole göre önemli derecede artış göstermiştir. 100 ppm GA₃ uygulamaları (19.3 adet) şemsiyede meyve sayısını kontrole göre (17.7 adet) önemli derecede arttırırken, yüksek dozda yapılan MJ uygulamaları şemsiyede meyve sayısını azaltıcı etki göstermiştir. Diğer uygulamaların şemsiyede meyve sayısına etkileri kontrol ile benzer olmuştur. Bitkide meyve sayısı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuş, 1.5 mM MJ hariç diğer tüm uygulamalar bitkide meyve sayısını önemli derecede arttırmıştır. Kontrol ile karşılaştırıldığında, 100 ppm GA₃ uygulamaları bitkide meyve sayısını yaklaşık % 63 arttırırken, 1.5 mM MJ uygulamaları bitkide meyve sayısının % 30 azalmasına neden olmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. MJ ve GA₃ uygulamalarının kimyonun büyüme ve bazı verim özelliklerine etkileri

Uygulama	Doz	Bitki Boyu (cm)	Dal Sayısı (adet/bitki)	Şemsiye Sayısı (adet/bitki)	Şemsiyede Meyve Sayısı (adet)	Bitkide Meyve Sayısı (adet)
Metil	0.5 mM	23.9 b	11.6 c	17.4 cd	18.5 ab	315 cd
Jasmonat	1.0 mM	24.3 ab	12.5 ab	16.5 d	17.8 b	304 d
	1.5 mM	21.9 c	10.4 d	11.2 f	15.8 c	188 f
Giberallik Asit	50 ppm	24.8 ab	12.0 bc	17.9 bc	18.8 ab	331 bc
	100 ppm	25.8 a	12.9 a	20.8 a	19.3 a	374 a
	150 ppm	25.7 a	12.4 ab	19.8 ab	18.3 ab	344 b
Kontrol		21.8 c	10.8 d	13.5 e	17.7 b	241 e
Lsd (0.01)		1.7**	0.55*	1.93**	1.12**	27.1**
CV (%)		4.1	8.7	8.1	4.2	5.3

Tablo 3. MJ ve GA₃ uygulamalarının kimyonda meyve verimi ile uçucu yağ oranı ve verimine etkileri

Uygulama	Doz	Meyve Verimi (kg/da)	Bin tane Ağırlığı (g)	Uçucu Yağ Oranı (%)	Uçucu Yağ Verimi (kg/da)
Metil	0.5 mM	80.2 ab	4.19 a	2.07 ab	1.66 b
Jasmonat	1.0 mM	84.6 a	4.33 a	2.15 a	1.82 a
	1.5 mM	47.4 e	3.92 b	1.98 b	0.94 e
	50 ppm	68.4 c	3.67 c	2.00 b	1.37 c
Giberallik Asit	100 ppm	76.2 bc	3.48 c	1.97 b	1.50 bc
	150 ppm	72.8 bc	3.53 c	1.64 d	1.19 d
Kontrol		59.4 d	3.94 b	1.85 c	1.10 de
Lsd (0.01)		8.9**	0.2**	0.11**	0.16**
CV (%)		7.8	2.9	4.2	10.9

Fitohormon uygulamalarının meyve verimine etkileri istatistiki olarak önemli bulunmuş, 1.5 mM MJ hariç diğer uygulamalar meyve verimini kontrole göre önemli derecede arttırmıştır. En yüksek meyve verimi 0.5 ve 1.0 mM dozlarında yapılan MJ uygulamalarından elde edilmiş, bu uygulamalar ile meyve verimi % 35'den fazla artmıştır. Diğer taraftan 1.5 mM MJ uygulaması meyve veriminin önemli derecede azalmasına neden olmuştur (Tabla 3). Fitohormon uygulamalarına bağlı olarak bin dane ağırlığı 3.48-4.33 g arasında değişim göstermiştir. Kimyon meyvelerinin bin dane ağırlığı 0.5 ve 1.0 mM MJ uygulamaları ile kontrole göre önemli derecede artarken, GA₃ uygulamaları bin dane ağırlığının azalmasına neden

olmuştur (Tablo 3). Fitohormon uygulamaları meyve uçucu yağ oranını önemli derecede etkilemiş, 150 ppm GA₃ hariç diğer tüm uygulamalar uçucu yağ oranını kontrole göre (%1.85) arttırmıştır. En yüksek uçucu yağ oranı 0.5 ve 1.0 mM MJ uygulamalarından (sırası ile % 2.07 ve % 2.15), en düşük uçucu yağ oranı ise 150 ppm GA₃ uygulamalarından (%1.64) elde edilmiştir (Tablo 3). Birim alan uçucu yağ verimi fitohormon uygulamalarına bağlı olarak 0.94-1.82 kg/da arasında geniş bir varyasyon göstermiştir. Kontrolde ortalama 1.10 kg/da olan uçucu yağ verimi her iki fitohormonun da yüksek dozları hariç diğer dozlarında önemli derecede artmıştır. En yüksek uçucu yağ verimi 1.82 kg/da ile 1.0 mM MJ

Tablo 4. MJ ve GA₃ uygulamalarının meyve uçucu yağ bileşenlerine etkileri

Bileşenler	RT	GA ₃								MJ					
		Kontrol		50 ppm		100 ppm		150 ppm		0.5 mM		1.0 mM		1.5 mM	
		%	Std. Sp	%	Std. Sp	%	Std. Sp	%	Std. Sp	%	Std. Sp	%	Std. Sp	%	Std. Sp
α-Pinen	4.195	1.49	0.04	1.35	0.17	0.95	0.24	1.27	0.05	1.17	0.14	1.38	0.28	1.38	0.19
Sabinene	4.743	1.26	0.05	1.18	0.17	0.84	0.19	1.15	0.07	1.13	0.07	1.21	0.08	1.21	0.11
β-Pinene	4.819	13.87	0.08	11.96	0.52	10.80	1.23	12.54	0.11	12.80	1.02	13.17	1.36	12.89	0.72
β-Myrcene	5.007	2.14	0.08	2.00	0.27	1.54	0.33	1.96	0.07	1.89	0.15	2.12	0.35	2.04	0.23
L-Phellandrene	5.240	7.47	1.11	6.41	1.88	6.25	1.58	6.75	0.67	6.36	1.60	7.69	2.49	6.80	1.85
Cymol	5.497	10.10	0.13	9.86	0.25	7.92	0.63	8.95	0.17	8.04	0.46	7.63	1.57	8.37	0.68
β-Phellandrene	5.641	3.63	0.25	3.33	0.44	2.75	0.53	3.17	0.02	2.59	0.06	3.54	0.99	3.23	0.54
γ-Terpinene	6.146	15.01	0.77	14.73	1.89	13.32	1.54	14.45	0.91	15.08	2.44	15.92	2.78	15.07	1.32
Cuminic aldehyde	8.982	22.90	0.89	23.85	1.94	23.72	1.56	23.50	0.77	24.23	0.84	22.93	1.68	23.28	1.40
2-carene-10-al	9.734	5.86	0.45	6.07	1.58	7.48	0.51	7.15	0.20	7.25	0.57	6.82	1.47	6.76	1.18
3-carene-10-al	9.858	16.10	1.45	18.82	2.77	19.48	2.61	18.06	0.58	19.30	2.43	19.98	6.16	17.17	2.41
β-Farnesene	12.864	1.15	0.12	1.20	0.18	1.42	0.31	1.12	0.06	1.18	0.06	0.86	0.57	1.16	0.11
Toplam bileşen sayısı		46		47		48		44		55		52		54	

uygulamalarından elde edilirken, bunu aynı istatistiki grupta yer alan 0.5 mM MJ (1.66 kg/da) ve 100 ppm GA₃ (1.50 kg/da) uygulamaları takip etmiştir (Tablo 3).

Fitohormon uygulamalarına bağlı olarak meyve uçucu yağını oluşturan toplam bileşen sayıları 46-55 arasında olmuş, uçucu yağlarda toplam 85 farklı bileşen tespit edilmiştir. MJ uygulamalarında toplam bileşen sayısı daha fazla olmuştur. Çalışmada yapılan tüm uygulamalarda da meyve uçucu yağını oluşturan ana bileşenler kumin aldehit (% 22.90-24.23) 3-carene-10-al (% 16.10-19.98), γ -Terpinene (% 13.32-15.92), β -Pinene (% 10.80-13.27) ve cymol (% 7.63-10.10) olarak belirlenmiştir. Fitohormon uygulanan bitkilerin meyve uçucu yağlarında genellikle B pinene ve cymol oranı daha düşük, buna karşılık Kumin aldehide ve 3-carene-10-al oranları daha yüksek olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

4. Tartışma

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre fitohormon uygulamalarının kimyon bitkisinde verimi ve verimi etkileyen parametreler ile uçucu yağ oranı üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Bitki boyu fitohormon uygulamaları ile birlikte artış göstermiş özellikle GA₃ uygulamaları daha etkili olmuştur. Gibberellinlerin büyüme noktalarında hücre bölünmesini uyardıkları ve bitki boyunun düzenlenmesinden sorumlu olduğu bilinmektedir (Khan ve ark., 2016). Aromatik bitkilerde GA₃ uygulamaları ile bitki boyunun arttığı birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Cecconi ve ark., 2002; Rahman ve ark., 2004; Haokip ve ark., 2016; Sing ve ark., 2012; Kusuma ve ark., 2019). Rahimi ve ark. (2013), MJ uygulamalarının kimyonda bitki boyu üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Verim ile doğrudan ilişkili olan şemsiye sayısı, şemsiyede meyve sayısı ve bitkide meyve sayısı yüksek dozda yapılan MJ hariç genel olarak fitohormon uygulamaları ile artış göstermiştir. Ortaya çıkan bu etkinin bu iki fitohormonun bitki gelişimini teşvik ederek çiçeklenme ve meyve tutumunu arttırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. GA₃ ve MJ uygulamalarının çiçeklenme ve meyve bağlamayı teşvik ettiği birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Choi ve ark., 2005; Rohamare ve ark., 2013; Amiri ve ark., 2014). Diğer taraftan yüksek dozda yapılan MJ uygulamalarının muhtemelen çiçeklenmeyi ve polen canlılığını olumsuz yönde etkilemek suretiyle meyve tutumunu azalttığı düşünülmektedir. Fitohormonlar bitkilerde düşük konsantrasyonlarda bulunan ve fizyolojik aktiviteleri genellikle yine düşük konsantrasyonlarda ortaya çıkan aktif moleküller olup, fazlalıkları durumunda engelleyici ya da inhibitör aktivite gösterebilmektedirler (Teale ve ark., 2006).

Kimyon meyvelerinde bin tane ağırlığı MJ uygulamaları ile artış gösterirken, GA₃ uygulamaları bin tane ağırlığının düşmesine neden olmuştur. GA₃ uygulamaları bitkide dal sayısını ve dolayısıyla şemsiye sayısını ve bitki başına

meyve sayısını arttırmış, bu durum ise bin dane ağırlığının düşmesine neden olmuştur. MJ uygulamalarında ise şemsiye sayısı ve şemsiyede meyve sayısı artmasına rağmen bitki başına meyve sayısı GA₃ uygulamalarındaki kadar yüksek olmamıştır. Bunun yanı sıra, MJ özellikle abiyotik stres faktörlerine karşı savunma tepkisi gibi fizyolojik süreçlerde ve bitki gelişiminde önemli rol oynamaktadır (Warabieda ve ark., 2010). MJ uygulamalarının, sulama yapılmadan yetiştirilen kimyon bitkilerinin kuraklığa karşı toleransını arttırarak meyvelerin daha iri olmasına olanak sağladığı düşünülmektedir. Bulgularımıza benzer olarak, Abdulsalam ve Almas (2014), 50 ppm Ga₃ uygulamalarının çörek otunda (*Nigella sativa* L.) tohum ve yağ verimini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

Her iki fitohormon uygulamaları da meyve verimini önemli derecede arttırmış, verimde gerçekleşen artış fitohormonların uygulama dozlarına göre değişkenlik göstermiştir. Fitohormon uygulamalarının çiçeklenme ve meyve bağlama gibi verimi doğrudan etkileyen parametreler üzerine olan olumlu etkileri, meyve veriminde gerçekleşen artışı açıklar niteliktedir. Yüksek dozda yapılan MJ uygulamalarında şemsiye sayısı, şemsiyede meyve sayısı ve bin tane ağırlığı gibi özelliklerin olumsuz yönde etkilenmesine bağlı olarak meyve verimi de daha düşük olmuştur. Bulgularımıza benzer olarak, GA₃ uygulamalarının kişniş bitkisinde meyve verimini arttırdığı birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Verma ve Sena, 2006; Singh ve ark., 2012; Haokip ve ark., 2016)

Fitohormon uygulamaları kimyon meyvesinde uçucu yağ oranını önemli derecede arttırmış, bu artış MJ uygulamalarında daha belirgin olmuştur. Yüksek dozda yapılan GA₃ uygulamaları ise uçucu yağ oranını azaltmıştır. Bitki büyüme düzenleyicileri bitki büyümesini, pirimer ve sekonder metabolit üretimini, uçucu yağların depo yapılarını, uçucu yağların biyosentez, verim ve bileşenlerini kontrol edebilme özelliğine sahip moleküllerdir (Sangwan ve ark., 2001; Prins ve ark., 2010; Sharafzadeh ve Zare, 2011). Fitohormonların çok sayıda aromatik bitki türünde bitki büyümesini ve terpen biyosentezini uyardığı ve terpenoid kalitesi ve miktarında önemli değişiklikler meydana getirebildiği Farooqi ve Shukla (1990) tarafından da bildirilmiştir. MJ'nin bitkilerin bazı çevresel şartlara adaptasyonunda önemli rol oynayan sekonder metabolitlerin biyosentezini arttırdığı bilinmektedir (Choi ve ark., 2005). Konu ile ilgili olarak GA₃ uygulamalarının adaçayı (Povh ve Ono, 2007), alman papatyası (Amiri ve ark., 2014), kişniş (Haokip ve ark., 2016), nane (Zlatev ve ark., 1978) ve fesleğen (Eid ve ark., 1976) bitkilerinde, MJ uygulamalarının ise *Agastache foeniculum* (Raouf Fard ve ark., 2012) ve fesleğen (Kim ve ark., 2006; Li ve ark., 2007) bitkilerinde uçucu yağ oranını arttırdığı bildirilmiştir. Keskin ve Baydar (2016), kimyon meyvelerinde uçucu yağ oranını % 1.67, uçucu yağ verimini ise 1.61 kg/da olarak belirlemiştir.

Çalışmada uçucu yağları oluşturan bileşen sayıları farklılık göstermiş, özellikle MJ uygulamalarında daha fazla bileşen sentezlendiği görülmüştür. Uçucu yağların ana bileşenleri 3-Caren-10-al, kumin aldehit, γ -terpinene, β -pinene ve cymol olarak belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşenleri benzer olmakla birlikte uçucu yağ bileşenlerinin oranları kısmi farklılıklar göstermiştir. Aromatik bitkilerde MJ uygulamalarının gen regülasyonuna etki ederek uçucu yağ bileşenlerini değiştirebildiği ve bu bileşiklerin metabolik yoluna bağlı enzimlerin transkript sayılarında artışı teşvik ettiği bilinmektedir (Kim ve ark., 2006; Li ve ark., 2007). Diğer taraftan, MJ'in sekonder metabolizma ile savunma proteinleri ve hücre duvarı oluşumunu düzenleyen genleri etkilediği (Cheong ve ark., 2003) ve patojene karşı PR proteinlerini çoğaltarak doğal direnç mekanizması sağladığı Ding ve ark. (2001) tarafından bildirilmiştir. Aromatik bitkilerde bitki büyümesi ve terpenoid biyosentezi, terpenoidlerin hem özelliklerinde hem de içeriğinde önemli etki gösteren bitki büyüme düzenleyicileri tarafından düzenlenmektedir (Sangwan ve ark., 2001). Şanlı ve ark. (2012), kimyonda uçucu yağın önemli bir kısmını oluşturan 2-carene-10-al (% 50,02) ve cuminal (% 22,25)'in ana bileşenler olduğunu bildirmiştir.

5. Sonuç

Kimyonun çeşitli amaçlar için kullanılmakla beraber en önemli faydalanılan kısmı meyveleri ve meyvelerinden elde edilen uçucu yağlardır. Bu nedenle üzerinde durulması gereken en önemli özellik meyve verimi ve uçucu yağ oranıdır. Çalışmamızda sonuç olarak GA₃ ve MJ uygulamalarının kimyonda büyüme, verim ve uçucu yağ oranı üzerine olumlu etkilerinin olduğu anlaşılmıştır. Özellikle 0.5-1.0 mM MJ ile 100 ppm GA₃ uygulamaları ile kimyonda meyve ve uçucu yağ veriminin önemli derecede artırılabilirliği ve bu uygulamaların kimyon yetiştiriciliğinde ekonomik açıdan yüksek potansiyele sahip olabileceği sonucuna varılmıştır

Kaynaklar

Abdulsalam AR, Almas GM (2014). Effect of nitrogen fertilization and gibberellic acid spray on seed yield and oil content of black seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Zankoy Sulaimani- Part A, 16: 355-362.

Alabadi D, Gil J, Blázquez MA, García-Martínez JL (2004). Gibberellins repress photomorphogenesis in darkness. Plant Physiology, 134 (3): 1050-1057.

Amiri S, Sharafzadeh S, Ordoorkhani K (2014). The effect of gibberellic acid and benzyladenine on growth and essential oils of German Chamomile. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 4 (1): 186-188.

Arslan, N. (2019). Türkiye'de Kimyon Üretimi ve Ticareti. TÜRTOB Dergisi, 8 (29): 52-55.

Baydar H (2016). Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi (Genişletilmiş 5. Baskı). SDÜ Yayınları, Yayın No: 51, Isparta, Türkiye.

Beis S, Azcan N, Ozek T, Kara M, Baser K (2000). Production of essential oil from cumin seeds. Chemistry of Natural Compounds, 36: 265-268.

Cecconi F, Gaetani M, Lenzi C, Durante M (2002). The sunflower dwarf mutant Dw1: effects of gibberellic acid treatment. HELIA, 25 (36): 161-166.

Chauhan PS, Satti NK, Suri KA, Amina M, Bani S (2010). Stimulatory effects of *Cuminum cyminum* and flavonoid glycoside on Cyclosporine-A and restraint stress induced immune-suppression in Swiss albino mice. Chemico-Biological Interactions 185: 66-72.

Cheong JJ, Choi YD (2003). Methyl jasmonate as a vital substance in plants. Trends in Genetics, 19: 409-413.

Choi DW, Jung J, Im Ha Y, Park HW, In DS, Chung HJ, Liu JR (2005). Analysis of transcripts in methyl jasmonate-treated ginseng hairy roots to identify genes involved in the biosynthesis of ginsenosides and other secondary metabolites. Plant Cell Reports, 23(8): 557-566.

Degenhardt DC, Lincoln DE (2006). Volatile emissions from an odorous plant in response to herbivory and methyl jasmonate exposure. Journal of Chemical Ecology, 32: 725-743.

Ding CK, Wang CY, Gross KC, Smith DL (2001). Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate. Plant Science, 161: 1153-1159.

Eid MNA, Ahmed SS (1976). Preliminary studies on the effect of GA₃ and CCC on growth and essential oil content of *Ocimum basilicum* L. Egyptian Journal of Horticulture, 3: 83-87.

Elik H, Özgüven M, Kızıl S (2010). Diyarbakır ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarının dereotu (*Anethum graveolens* L.)'nda bazı agronomik ve teknolojik özellikler üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Farooqi AHA, Shukla A (1990). Utilization of plant growth regulators in aromatic plant production. Chromatography, 12: 152-157.

Feizbakhsh A, Pazoki H, Ebrahimzadeh MA (2016). Effect of gibberellic acid on composition of *S. ebulus* leaf essential oil (caprifoliaceae). Pharmacology Online on Line, 2: 137-142.

Gobbo-Neto L, Lopes NP (2007). Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. Quim Nova, 30 (2): 374-381.

- Hajlaoui H, Mighri H, Noumi E, Snoussi M, Trabelsi N, Ksouri R, Bakhrouf A (2010). Chemical composition and biological activities of Tunisian *Cuminum cyminum* L. essential oil: a high effectiveness against *Vibrio* spp. strains. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 2186-2192.
- Haokip MC, Sharangi AB, Debbarma K, Ranjita Devi AK, Karthik CS (2016). Role of plant growth regulators on the growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Crop and Weed*, 12 (3): 33-35.
- Kan Y, Kartal M, Özek T, Aslan S, Başer KHC (2007). Composition of essential oil of *Cuminum Cyminum* L. according to harvesting times. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4 (1): 25-29.
- Bano U, Khan AF, Farina Mujeeb F, Maurya N, Tabassum H, Siddiqui MH, Haneef M, Osama K, Farooqi A (2016). Effect of plant growth regulators on essential oil yield in aromatic plants. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8 (7):733-739.
- Keskin S, Baydar H (2016). Umbelliferae familyasından bazı önemli kültür türlerinin isparta ekolojik koşullarında tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (1): 133-141.
- Kim EH, Kim YS, Park SH, Koo YJ, Choi YD, Chung YY, Lee IJ, Kim JK (2009). Methyl jasmonate reduces grain yield by mediating stress signals to alter spikelet development in rice. *Plant Physiology*, 149: 1751-1760.
- Kim HJ, Chen F, Wang X, Rajapakse NC. (2006). Effect of methyl jasmonate on secondary metabolites of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 2327-2332.
- Kusuma MV, Venkatesha J, Ganghadarappa PM, Hiremath J S, Mastiholi AB, Manjunatha G (2019). Effect of growth regulators at different stages on growth and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.). *International Journal of Current Research*, 11 (1): 392-397.
- Li Z, Wang X, Chen F, Kim HJ (2007). Chemical changes and over expressed genes in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) upon methyl jasmonate treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 706-713.
- Lima HRP, Kaplan MAC, Cruz AVM (2003). Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. *Floresta Ambient*, 10: 71-77.
- Maciejewska BD, Keszy J, Zielińska M, Kopcewicz J (2004). Jasmonatlar kısa gün bitki pharbitis nil'de çiçeklenmeyi inhibe eder. *Bitki Büyüme Yönetmeliği*, 43(1): 1-8.
- Marotti M, Piccaglia R (1992). The influence of distillation conditions on the essential oil composition of three varieties of *Foeniculum vulgare* mill. *Journal of Essential Oil Research*, 4: 569-576.
- Martinez-Tome M, Jimenez AM, Ruggieri S, Frega N, Strabbioli R, Murcia MA (2001). Antioxidant properties of mediterranean spices compared with common food additives. *Journal of Food Protection*, 64: 1412-1419.
- Milan KM, Dholakia H, Tiku PK, Vishveshwaraiah P (2008). Enhancement of digestive enzymatic activity by cumin (*Cuminum cyminum* L.) and role of spent cumin as a bionutrient. *Food Chemistry*, 110: 678-683.
- Nalini N, Manju V, Menon V (2006.) Effect of spices on lipid metabolism in 1, 2-dimethylhydrazine-induced rat colon carcinogenesis. *Journal of Medicinal Food*, 9: 237-245.
- Olzewski N, Sun TP, Gubler F (2002). Gibberellin signaling: biosynthesis, catabolism, and response pathways. *Plant Cell*, 14: S61-S80.
- Povh JÁ, Ono EO (2007). Efeito do ácido giberélico na composição do óleo essencial de *Salvia officinalis* L. *Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde*, 13(1/2): 7-10.
- Prins CL, Vieira IJC, Freitas SP (2010). Growth regulators and essential oil production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 22 (2): 91-102.
- Rahimi AR, Rokhzadi A, Amini S, Karami E (2013). Effect of salicylic acid and methyl jasmonate on growth and secondary metabolites in *Cuminum cyminum* L. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3 (12): 140-9.
- Rahman S, Islam N, Tahar A, Karim A (2004). Influence of GA₃ and MH and their time of spray on morphology, yield contributing characters and yield of soybean. *Asian Journal of Plant Science*, 3 (5): 602-609.
- Raouf Fard F, Omidbaigi R, Sharifi M, Sefidkon F, Behmanesh M (2012). Effect of methyl jasmonate on essential oil content and composition of *Agastache foeniculum*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6: 5701-5705.
- Rohamare Y, Nikam TD, Dhupal KN (2013). Effect of foliar application of plant growth regulators on growth, yield and essential oil components of Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). *International Journal of Seed Spices*, 3: 34-41.
- Sangwan NS, Farooqi AHA, Shabih F, Sangwan RS (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34 (1): 3-21.

- Sharafzadeh S, Zare M (2011). Influence of growth regulators on growth and secondary metabolites of some medicinal plants from Lamiaceae family. *Advances in Environmental Biology*, 1: 2296–2303.
- Singh D, Singh PP, Naruka IS, Rathore SS, Shaktawat RPS (2012). Effect of plant growth regulators on growth and yield of coriander. *Indian Journal of Horticulture*, 69: 91-93.
- Srinivasan K (2005). Plant foods in the management of diabetes mellitus: spices as beneficial antidiabetic food adjuncts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56: 399-414.
- Şanlı A, Karadoğan T, Daldal H (2012). Burdur’da tarımı yapılan bazı umbelliferae türlerinin uçucu yağ oranı ve bileşenlerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (1): 27-31.
- Teale WD, Paponov IA, Palme K (2006). Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development. *Nature reviews Molecular Cell Biology*, 7 (11): 847-859.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2021). Türkiye kimyon üretimi. <http://www.tuik.gov.tr> (Son erişim tarihi: 25 Ağustos 2021)
- Tyler L, Thomas SG, Hu J, Dill A, Alonso JM, Ecker JR, Sun T (2004). Della proteins and gibberellin-regulated seed germination and floral development in arabidopsis. *Journal of Plant Physiology*, 135: 1008–1019.
- Verma P, Sena NL (2006). Effect of Plant growth regulators on vegetative growth and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) cv. RCr435. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 15 (2): 118-122.
- Warabieda W, Olszak R (2010). Effect of exogenous methyl jasmonate on numerical growth of the population of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) on strawberry plants and young apple trees. *Journal of Plant Protection Research*, 50: 541-544.
- Yıldız TY (2011). Isparta ilinde iklim – tarım ilişkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Zheljazkov VD, Cantrell CL, Astatkie T, Ebelhar MW (2010). Peppermint productivity and oil composition as a function of nitrogen growth stage, and harvest time. *Agronomy Journal*, 102: 124-128.
- Zlatev S, Iliev L, Vasilev G, Zlateva M (1978). Influence of some cytokinins on herb and essential oil yield of peppermint. *Horticultural Science (Sofia)*, 15: 51-56.