



## Effects of Different BAP, IBA, and IAA Hormone Doses Applied via Foliar Spraying on Growth and Biochemical Parameters of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.) Plant

Muhammed Said Yolcu<sup>1,a,\*</sup>, Oğuz Çetiner<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 54580, Sakarya, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 06.08.2024 Accepted : 09.11.2024</p> <p>Keywords: Antioxidant Hormone Seedling Development Melissa officinalis L. Total Phenolic Content</p>	<p>This study investigated the effects of BAP, IBA, and IAA hormones at doses of 50 and 100 ppm on the growth and biochemical parameters of <i>Melissa officinalis</i> (Lemon Balm). The experiment was conducted under greenhouse conditions using a “Completely Randomized Design (CRD)” with three replications. The study assessed growth parameters such as seedling and root lengths, fresh and dry weights, as well as biochemical parameters including chlorophyll a and b, total carotenoids, total phenolic content, and antioxidant activities (CUPRAC and FRAP). The results indicated that hormone treatments had a significant impact on all growth parameters except root fresh weight compared to the control. The highest results for seedling length, fresh and dry weights, and root dry weight were achieved with the IBA50 dose, while the highest root length was observed with the BAP100 treatment. The highest values for chlorophyll a, b, and total carotenoids were found in the control treatments. The highest antioxidant activity (FRAP) was recorded with BAP100, and the highest total phenolic content was measured with IBA100.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(s1): 2069-2075, 2024

## Farklı BAP, IBA ve IAA Hormon Dozlarının Oğul Otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisine Yaprakdan Uygulanmasının Büyüme ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 06.08.2024 Kabul : 09.11.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Antioksidan Hormon Fide gelişimi Oğul otu Toplam fenolik madde</p>	<p>Bu çalışma, BAP, IBA ve IAA hormonlarının 50 ve 100 ppm dozlarının <i>Melissa officinalis</i> L. (Oğulotu) bitkisinin büyüme ve biyokimyasal parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deneme, sera koşullarında “Tam Şansa Bağlı Tesadüf Parselleri” deneme desenine göre üç tekrar ile yapılmıştır. Çalışmada; fide boyu, kök uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlıkları, kök yaş ve kuru ağırlıkları, klorofil a ve b, toplam karotenoidler, toplam fenolik maddeler ve antioksidan aktiviteler (CUPRAC ve FRAP) değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; kök yaş ağırlığı dışındaki büyüme parametrelerinde hormon uygulamalarının kontrole göre önemli etkisinin olduğu, fide boyu, yaş, kuru ağırlıkları ile kök kuru ağırlıklarında en yüksek sonuçlara IBA50 dozunda ulaşıldığı, kök uzunluğunda ise en yüksek değere BAP100 uygulamasında ulaşıldığı görülmüştür. Klorofil a, b ve total karotenoid parametrelerinde en yüksek değerler kontrol uygulamalarından, en yüksek antioksidan aktivite (FRAP) BAP100, en yüksek toplam fenolik madde miktarı ise IBA100 uygulamalarında ölçülmüştür.</p>

<sup>a</sup> [muhammedsaidyolcu@subu.edu.tr](mailto:muhammedsaidyolcu@subu.edu.tr)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5304-7342>

<sup>ib</sup> [cetineroguz704@gmail.com](mailto:cetineroguz704@gmail.com)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0009-0000-8199-9765>



## Giriş

Oğul otu, latince adıyla *Melissa officinalis* L., Lamiaceae ailesinin bir üyesidir. Ortalama 100 cm boyunda, dik veya yarı dik duruşa sahip çok yıllık bir bitkidir (Ceylan, 1997). Bu tıbbi bitki, dünya çapında geleneksel tıp uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle Akdeniz bölgesi ve Batı Asya'da doğal olarak yetişirken (Abdel-Naime ve ark., 2019; Ghiulai ve ark., 2020), Bulgaristan, Almanya, Romanya, İtalya, Fransa ve Kuzey Amerika'nın bazı bölgelerinde de kültürü yapılmaktadır (Katar, 2004). Oğul otu, aynı zamanda balotu, lemon balm ve balmumu nanesi gibi çeşitli yaygın adlarla da anılmaktadır (Petrisor ve ark., 2022).

Ülkemizde oğulotu bitkisinin üç farklı alt türü mevcuttur: *ssp. officinalis*, *ssp. altissima* ve *ssp. inodora*. Bu alt türler arasında sadece *Melissa officinalis ssp. officinalis* tıbbi öneme sahiptir, diğer ikisi ise kokusuz olmaları veya hoş olmayan bir koku yaymaları nedeniyle tercih edilmezler. Tıbbi amaçlar için kullanılan alt tür, ülkemizin çeşitli bölgelerinde doğal olarak bulunan dört farklı formda görülebilmektedir. (Baytop, 1984).

Ülkemizdeki oğulotu yetiştiriciliği oldukça sınırlıdır. Bu durumun en önemli nedenleri arasında bitkinin düşük uçucu yağ içeriği ve damıtma tesislerinin azlığı gösterilebilir. *Melissa officinalis* üzerine yapılan kimyasal araştırmalar, bitkinin başlıca flavonoidler, terpenoidler, fenolik asitler, tanenler ve esansiyel yağ içerdiğini göstermiştir (Zarei ve ark., 2014). *Melissa officinalis*'in başlıca aktif bileşenleri uçucu bileşikler (geranial, neral, sitronellal, geraniol), triterpenler (ursolik asit ve oleonolik asit), fenolik bileşikler (rozmarinik asit, kafeik asit ve protokateşuik asit) ve flavonoidler (kersetin, rhamnositrin, luteolin)'dir. Esansiyel yağ genellikle çoğu biyolojik aktivite için sorumlu terapötik ilke olarak kabul edilse de polifenoller de etkilidir (Shakeri ve ark., 2016; Miraj ve ark., 2017).

Oğulotu, birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır; özellikle ilaç, parfümeri, gıda ve kozmetik sektörleri başta gelmektedir. Temelde, bitkinin uçucu yağı yapraklarda yoğunlaşırken, gövde ve çiçeklerde bu oran daha düşüktür. Kuru oğulotu bitkisinden yaklaşık %0,01 ile %0,3 arasında değişen oranlarda uçucu yağ çıkarılabilmektedir (Zeybek, 1987; Akgül, 1993). Geleneksel tıpta ise, ateş düşürücü, uyku düzenleyici, baş ağrısı ve soğuk algınlığı tedavisi gibi çeşitli amaçlarla yaygın olarak tercih edilmektedir (Katar & Gürbüz, 2008).

*Melissa officinalis* yaprak ekstraktları, yapılan çalışmalarla; antiproliferatif, anti-anjiyojenik, antiviral, antioksidan, anksiyete karşıtı, antidepresan, alzheimer karşıtı, nöroprotektif, kardiyoprotektif, antifungal ve antibakteriyel etkilerle ilişkilendirilen fenolik profilleri barındırdığı tespit edilmiştir (Petrisor ve ark., 2022).

Bitki hormonları, bitkilerin besin alımını artırma, abiyotik stresle başa çıkma kapasitesini güçlendirme ve/veya ürün kalitesini iyileştirme amacıyla, çeşitli zamanlarda ve yöntemlerle uygulanabilen hem sentetik hem de doğal kaynaklı maddeler veya mikroorganizmalar olarak tanımlanabilmektedir (Patrick, 2015).

BAP (6-benzilaminopurin) adı verilen, ilk sentetik sitokinler arasında yer alan bu hormon, bitkilerin meristem dokularında hem hücre bölünmesine hem de protein oluşumuna önemli ölçüde katkı sağladığı, bu da hücre ve

dokuların gelişimini etkin bir şekilde hızlandırdığı (Mayerni ve ark., 2015), çeşitli bitki türleri üzerinde gerçekleştirilen araştırmalar, BAP uygulanmasının, büyüme ile ilgili ölçütleri iyileştirdiğini, özellikle yaprak sayısı ve klorofil içeriğinde belirgin artışlar sağladığını ve ayrıca hem enzimatik hem de enzimatik olmayan antioksidan düzeylerini yükselttiğini ortaya koymuştur (Rulcova & Pospisilova, 2001; Taiz & Zeiger, 2010; Nourafcan ve ark., 2014).

Indol asetik asit (IAA), bitkilerde oksin grubu içinde sınıflandırılan hormonların bir parçasıdır. Bu hormon, bitkilerin stresle başa çıkma kapasitesini güçlendirme ve onların gelişim süreçlerini destekleme açısından kritik öneme sahiptir (Yang ve ark., 2011). Araştırmalar, IAA'nın bitki tohumlarının filizlenme sürecini hızlandırdığını, hücrelerin bölünmesine katkıda bulunduğunu ve kök ile gövde gelişiminde düzenleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır (Sevik & Guney, 2013; Kumlay & Eryiğit, 2011). Oksinler ailesinden indol bütirik asit (IBA) hormonunun, kök gelişimini teşvik etme, bitkinin morfolojik yapılarını geliştirme ve özellikle yaprak boyutlarının genişlemesine yardımcı olma gibi özelliklere sahip olduğu bilinir (Sevik & Guney, 2013).

Bu çalışma, IBA, IAA ve BAP hormonlarının farklı dozlarda yapraktan uygulamalarının fide gelişim döneminde olan *Melissa officinalis* L. bitkisinin büyüme ve biyokimyasal parametreleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Bu araştırma, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesinin Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Eğitimi Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne ait serada gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde çoğunlukla çelikle üretimi yapıp kültürü yapılan oğulotu fideleri ise ticari bir firmadan tedarik edilmiştir.

### Yöntem

Deneme, Tam Şansa Bağlı Tesadüf Parselleri deneme desenine göre üç tekrarlmalı olarak gerçekleştirilmiştir. Melissa fidelerine, bitki büyümesini ve gelişimini destekleyen BAP, IAA ve IBA hormonları 50 ve 100 mg/l dozlarda uygulanmıştır. BAP ve IBA, NaOH ile, IAA ise %96 etil alkolle çözülerek saf suyla 1 litreye tamamlanmıştır. Çalışmada, her biri 2 litrelik 21 saksı kullanılmış, bu saksılara ince elenmiş bahçe toprağı (4/3) ve Klassman TS1 marka torf (4/1) karışımı eklenmiştir. Serada, saksılar 20 cm sıra üzeri ve 30 cm sıra arası olacak şekilde, zemini düzeltilmiş ve silindire sıkıştırılmış alana yerleştirilmiştir.

Saksılar seraya yerleştirildikten sonra, rastgele seçilen beş saksının her birine 500 ml su verildi. Saksıların altına, süzülen suyu toplamak için tabaklar yerleştirildi. Süzülme işlemi tamamlandıktan sonra, her bir saksıdan ortalama 215 ml su tabaklarda birikti. Saksıların su tutma kapasiteleri, her saksıya eklenen 500 ml sudan süzülen su miktarının çıkarılmasıyla hesaplandı ve 285 ml olarak ölçüldü. Daha sonra, fideler 1 Kasım 2023 tarihinde yaklaşık 3 cm derinliğe dikildi. Dikim sırasında, bitkilerin

alt iki yaprağı toprağa temas ediyorsa mantar hastalıklarını önlemek için, elle çıkarıldı. Deney boyunca her saksıya haftada bir yaklaşık 100 ml su verildi. Hazırlanan hormon çözeltileri, ışıktan korunması amacıyla alüminyum folyo ile sarılıp buzdolabında saklandı ve 05.01.2024 tarihinde, ekimden yaklaşık iki ay sonra, yapraklara ilk uygulamalar yapıldı. Kış koşulları nedeniyle büyüme yavaş ilerlediği için hormon uygulamaları geciktirildi. Her bir fideye, 10 ml hormon çözeltisi püskürtüldü ve uygulamalar 4 gün arayla üç kez tekrarlandı. Deneme sürecinde gündüz sıcaklıkları ortalama 15°C, gece sıcaklıkları ise 4°C civarında olduğu tespit edilmiştir (Anonim 2024).

Deneme 19.01.2024 tarihinde, bitki boyu ölçümlerinin ardından tamamlandı ve yaklaşık 2,5 ay sürdü. Bitkilerin kökleri suyla yumuşatılıp ayrıldı, ardından kök uzunlukları ölçüldü. Fide ve köklerin yaş ağırlıkları hassas terazide, kuru ağırlıkları ise 35°C'de 108 saat kurutulduktan sonra belirlendi. Bitkiden alınan yaprak örnekleri analizler için materyal olarak kullanıldı.

#### **Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi**

Toplam fenolik içerik, Waterhouse (2002)'e göre Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak değerlendirildi. İlk olarak, 250 µL Folin-Ciocalteu reaktifi ve 50 µL ekstrakt çözeltisi bir tüpe eklenerek toplam hacim distile su ile 3 ml'ye tamamlandı. 5 dakika inkübasyon sonrası, tüplere 750 µL %20'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi eklendi ve karıştırıldı. Karışım, 90 dakika boyunca oda sıcaklığında karanlıkta bekletildikten sonra, absorbans 765 nm'de UV-Vis spektrofotometresi ile ölçüldü. Gallik asit standardı, 50-300 µg/mL aralığında oluşturularak, toplam fenol içeriği gallik asit eşdeğeri (mg GAE/100 g kuru ağırlık) olarak hesaplandı.

#### **FRAP İndirgeme Kapasitesi Tayini**

Öncelikle, 0,3 M sodyum asetat tamponu (pH: 3,6), 10 mM TPTZ çözeltisi, 20 mM FeCl<sub>3</sub> ve 2 mM FeSO<sub>4</sub> çözeltileri hazırlandı. Çalışma çözeltisi, tampon, TPTZ ve FeCl<sub>3</sub> çözeltilerinin 10:1:1 oranında karıştırılmasıyla elde edildi. Standart eğri, 593 nm'de 2 mM FeSO<sub>4</sub> çözeltisi kullanılarak oluşturuldu ve numunelerin absorbansı en az üç farklı konsantrasyonda ölçüldü. Sonuçlar, mg ekstrakt/µmol Fe<sup>+2</sup> cinsinden raporlandı (Sachett ve ark., 2021).

#### **CUPRAC İndirgeme Kapasitesi Tayini**

Bu çalışmada, daha önce bildirilen yöntemin kısmen değiştirilmiş bir versiyonu uygulandı. Yapraktan alınan bitki ekstraktları, 10, 20 ve 40 µg konsantrasyonlarda tüplere eklendi. Ardından, sırasıyla 0,25 mL CuCl<sub>2</sub> (0,01 M), etanolik neokuprin ve CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> tampon çözeltileri (1 M) ilave edildi. Karışımlar 30 dakika karanlıkta bekletildi ve absorbanslar 450 nm'de, kontrol çözeltilerine karşı ölçüldü (Ak ve Gülçin, 2008). Ölçüm sonuçları troloks eşdeğerleri ile karşılaştırılarak değerlendirildi.

#### **Fotosentetik Pigmentler**

Lichtenthaler (1987)'e göre belirlenen fotosentetik pigmentlerin analizinde, 0,2 g (200 mg) taze yaprak örneği 10 mL %80 asetonda ekstrakte edilip 15 dakika boyunca 4600 devir/dakikada santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası alınan alikotların 663, 645 ve 470 nm dalga boylarında absorbans değerleri bir spektrofotometrede (PG T60 UV-VIS) belirlenmiş ve kaydedilmiştir. Hesaplamalar aşağıda verilen formüller yardımıyla yapılmıştır:

$$KA = 11,75 \times A_{662} - 2,350 \times A_{645}$$

$$KB = 18,61 \times A_{645} - 3,960 \times A_{662}$$

$$TK = KA + KB$$

$$TD = (1000 \times A_{470} - 2,270 \times KA) - (81,4 \times KB/227)$$

KA : Klorofil a (µg g<sup>-1</sup> FW)

KB : Klorofil b (µg g<sup>-1</sup> FW)

TK : Toplam klorofil (µg g<sup>-1</sup> FW)

TD : Toplam karotenoid (µg g<sup>-1</sup> FW)

A : absorbans değeri,

FW : taze ağırlık

#### **İstatistiksel Veriler**

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri COSTAT (sürüm 6.03) paket programı ile çoklu karşılaştırma testleri ise LSD testine göre yapılmıştır.

Deneme sürecine ait bazı görseller aşağıda verilmiştir.



Resim 1. Sulama  
Image 1. Irrigation



Resim 2. Hormon muamele  
Image 2. Hormone treatment



Görsel 3. Harç hazırlığı  
Image 3. Soil Mortar Preparation

## Bulgular ve Tartışma

Melissa fidelerinde, hormon uygulamalarının tüm büyüme parametreleri üzerinde %5 düzeyinde anlamlı etkisi olduğu Çizelge 1’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre, büyüme parametrelerinde hormonlara bağlı farklılıklar gözlemlenmiştir. Fide boyu ve fide yaş ağırlığında en yüksek değerler IBA50 uygulamasında sırasıyla 8,90 cm ve 4,49 g olarak kaydedilmiş, en düşük değerler ise kontrol grubunda bulunmuştur. Kök uzunluğunda en yüksek değer 28,25 cm ile BAP100 uygulamasında, en düşük değer 21,50 cm ile kontrol grubunda görülmüştür. Kök yaş ağırlığında ise en yüksek ortalama 7,32 g ile kontrol grubunda, en düşük ortalama ise 5,01 g ile BAP50 uygulamasında tespit edilmiştir.

Fide kuru ve kök kuru ağırlıkları bakımından en yüksek değerler sırasıyla 1,12, 0,99 g olduğu ve IBA50 uygulamasından elde edildiği görülmektedir. Maş fasulyesinde yapraktan uygulanan 150 mg/l BAP hormonunun; kontrol grubuna göre, belirgin bir şekilde bitki boyunu, bitki başına yaprak sayısını, yaprak çapını, kök nodül sayısını, klorofil ve karotenoid miktarlarını arttırdığı belirlenmiştir. Bu çalışmada kök nodül sayısının ve klorofil miktarlarının artmış olması, bitkinin azot fiksasyonunun ve fotosentez aktivitesinin arttığını da göstermiştir (Sarker ve ark., 2021).

Orkide bitkisinde, 100 ppm BAP hormonunun yapraktan uygulanması sonucu koltuk altı meristemlerinden yanal sürgünlerin oluştuğu belirlenmiştir (Lee ve ark., 2021). Bu durum, bitkinin çoğalma yeteneğini arttırdığı ve yeni sürgünlerin oluşumunu teşvik ettiğini göstermektedir. Önceki çalışmalarda da BAP hormonunun bitki büyümesini etkileyerek farklı fizyolojik değişikliklerin indüksiyonunu sağladığı gösterilmiştir

(Shekhawat ve ark., 2012; Krishnan & Siril, 2015; Deng ve ark., 2015). Geçmiş yıllarda yapılan BAP ile ilgili çalışmalar, en uygun dozun bitki türüne bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Ayrıca, BAP hormonunun hücre büyümesini ve uzamasını teşvik ederek protein sentezini de artırarak büyüme parametrelerini artırdığı sonucu da ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmalara bakıldığında, BAP hormonunun bitki büyümesini desteklemede etkili olduğu görülmektedir.

IBA’nın yapraktan uygulanmasının buğdayın morfolojik, biyokimyasal ve verim parametrelerini iyileştirmede etkili bir hormon olduğu (Bashir ve ark., 2021), zerdeçalda farklı hormon uygulamalarının birçok büyüme parametrelerini kontrole göre arttırdığını ancak yapraktan 200 ppm IBA uygulamasının bitki boyu ve yaprak alanını en fazla arttıran hormon olduğu (Thounaojam ve ark., 2016), çeltikte yapraktan IBA uygulamasının yaprak biyokütlesini kontrole göre en fazla arttıran hormon olduğu (Borah & Baruah, 2016), serçedili bitkisinde yapraktan 75 ppm IBA uygulamasının; bitki boyu, kök uzunluğu ve biyokütleyi kontrole göre arttırdığı bildirilmektedir (Lin ve ark., 2018).

Çizelge 2 değerlendirildiğinde; uygulanan hormonların klorofil pigmentleri üzerine istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli etkisinin olduğu görülmektedir. Klorofil a, b ve total klorofil parametrelerinde en yüksek değerler sırasıyla 128,88 – 144,69 – 273,57 mg/g olup BAP100 uygulamalarından ölçülmüştür. Benzil aminopurin (BAP), bitki büyümesi için kritik olan sentetik bir sitokininidir; hücre bölünmesini ve çoğalmasını uyarmakta, protein sentezini teşvik etmekte ve doku kültürü tekniklerinde yardımcı olduğu bilinmektedir (Danış ve ark., 2024).

Çizelge 1. Bazı sentetik hormonların *Melissa officinalis* bitkisinin büyüme parametrelerine etkileri

Table 1. Effects of some synthetic hormones on growth parameters of *Melissa officinalis* plant.

Sentetik Hormon	Fide Boyu (cm)	Fide Yaş Ağırlık (g)	Kök Uzunluk (cm)	Kök Yaş Ağırlık (g)	Fide Kuru Ağırlık (g)	Kök Kuru Ağırlık (g)
Kontrol	5,93 B	3,15 C	21,50 C	7,32 A	0,99 AB	0,69 B
BAP50	7,57 AB	3,46 BC	25,75 AB	5,01 B	0,74 C	0,77 AB
BAP100	6,87 AB	3,64 ABC	28,25 A	6,58 B	0,92 B	0,76 B
IBA50	8,90 A	4,49 A	25,25 AB	7,95 B	1,12 A	0,99 A
IBA100	7,40 AB	3,91 ABC	23,90 BC	6,71 B	0,95 AB	0,83 AB
IAA50	6,37 B	3,83 ABC	25,25 AB	7,48 B	0,94 AB	0,75 B
IAA100	7,70 AB	4,26 AB	25,75 AB	7,84 B	1,07 AB	0,85 AB
LSD (0.05)	2,49	0,95	3,68	1,38	0,18	0,22
CV (%)	19,69	14,2	8,38	11,35	10,8	16,08

Çizelge 2. Bazı sentetik hormonların *Melissa officinalis* bitkisinin klorofil pigmentlerine etkileri etkileri

Table 2. Effects of some synthetic hormones on chlorophyll pigments of *Melissa officinalis* plant

Sentetik Hormon	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Total Klorofil (mg/g)
Kontrol	119,94 B	142,43 A	262,37 AB
BAP50	116,24 B	129,39 B	245,63 BC
BAP100	128,88 A	144,69 A	273,57 A
IBA50	98,04 E	120,36 B	218,40 D
IBA100	98,54 DE	118,20 B	216,74 D
IAA50	106,25 C	124,27 B	230,52 CD
IAA100	105,68 CD	122,02 B	227,70 CD
LSD (0.05)	7,40	13,01	19,35
CV (%)	3,82	5,77	4,61

Klorofil ve karotenoid içeriğindeki artışlar, sitokinlerin fotosentetik süreçleri düzenlemedeki rolüne atfedilebilir. Sitokinlerin, klorofil sentez yollarında yer alan genlerin ekspresyonunu artırarak klorofil biyosentezini artırdığı gösterilmiştir (Janečková, 2021). Karotenoidler fotosentezde yardımcı pigmentler olduğu ve fazla ışık enerjisinin dağıtılmasında ve klorofili hasardan koruyarak hayati bir rol oynadığı bilinmektedir (Maoka, 2020). Bu sonuçlar değerlendirildiğinde; bitkilerde temel üretim mekanizmasında görev alan klorofil pigmentlerinin BAP uygulamaları ile artırılabilirliği çeşitli çalışmalar eşliğinde ortaya konulmuş olup çalışma sonuçlarımız desteklenmektedir.

Oğul otu fidelerine uygulanan hormonların, CUPRAC ve FRAP yöntemleriyle ölçülen antioksidan aktiviteler, toplam fenolik madde ve karotenoid miktarları üzerinde %5 düzeyinde anlamlı bir etki oluşturduğu Çizelge 3'te gösterilmiştir. Total karotenoid miktarı bakımından en yüksek değer 1,14 mg/g ile BAP hormonlarının her iki doz uygulamalarından, CUPRAC antioksidan aktivite yöntemi bakımından görece en yüksek değer 6.89 mM/g TE ile IAA100 uygulamalarından, FRAP antioksidan aktivite yöntemi bakımından en yüksek değer 1,71 mM/g AAE ile BAP100 uygulamalarından, total fenolik madde miktarı bakımından en yüksek değer ise 0,55 mg/g GAE ile IBA100 uygulamalarından tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Bitkiler, abiyotik stres altında artan reaktif oksijen türlerine yanıt olarak flavonoidler, karotenoidler, SOD, POD, CAT, APX gibi enzimsel ve enzimsel olmayan antioksidanları üretmektedirler (Khatun ve ark., 2021). BAP hormonunun bezelye bitkisinde yapraktan püskürtülmesi, su stresi altındaki ve stressiz koşullarda fotosentetik pigmentleri, enzimatik antioksidanları ve osmolitleri, büyüme ve verimi arttırdığı (Sultan ve ark., 2023), yapraktan BAP uygulamalarının bitkilerin antioksidan sistemini arttırdığı (Zavaleta-Mancera ve ark., 2007; Kumari & Prakash, 2018) bildirilmiştir. Çalışma sonuçlarımızda da görüldüğü gibi BAP uygulamaları, antioksidan aktiviteyi ölçmede kullanılan FRAP sonuçlarını kontrole göre artırarak literatürle paralellik göstermiştir. Çeşitli çalışmalar, IAA hormonunun bitkilerde bir antioksidan olarak görev aldığını ve dışarıdan verilen IAA'nın radikal oksijen türevlerini azaltmada etkili olduğunu göstermiştir (Simkin ve ark., 2022). Benzer şekilde, IBA hormonunun morsalkım bitkisinde antioksidan aktiviteyi kontrole göre arttırdığı bulunmuştur (Sridharan, 2015). Ayrıca, IBA'nın çeşitli sebze bitkilerinde kalite parametrelerini önemli ölçüde iyileştirdiği tespit edilmiştir. Örneğin, sarımsak ve soğan

ile nohut tohumlarına IBA'nın dışarıdan uygulanmasına yanıt olarak kalite özelliklerinden olan toplam şekerler ve toplam fenollerin arttığı çeşitli çalışmalar ile belirlenmiştir (Amin ve ark., 2007; Amin ve ark., 2013; Abd Elwahed ve ark., 2019; Waheed ve ark., 2019).

Bu bulgular, IBA ve IAA hormonlarının, farklı bitkiler üzerinde yapılan çalışmalarda enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanları kontrole kıyasla arttırdığına dair elde edilen sonuçlarımızı desteklemektedir. Çizelge 3 değerlendirildiğinde, antioksidan aktivite testlerinin sonuçlarının farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu farklılıkların, örnek hazırlama yöntemleri, analiz teknikleri, kullanılan mekanizmalar (CUPRAC bakır indirgeme, FRAP demir indirgeme) ve testlerin duyarlılık seviyelerindeki değişikliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4 incelendiğinde fide boyu ile fide yaş ağırlık arasında %5 düzeyinde, fide kuru ağırlığı ile ise %1 düzeyinde olumlu bir ilişkisinin olduğu görülmektedir. Fide yaş ağırlığının; fide kuru ağırlık ile arasında %1, CUPRAC antioksidan aktivite ile arasında %5 düzeyinde olumlu korelasyon varken, total karotenoid ile %5 düzeyinde olumsuz bir korelasyon olduğu görülmüştür. Kök uzunluğu ile FRAP antioksidan aktivite arasında %1 düzeyinde pozitif bir ilişkinin olduğu, kök yaş ağırlığı ile kök kuru ağırlık arasında %1 düzeyinde olumlu ilişkinin olduğu görülmüştür. Klorofil a miktarının klorofil b ve total klorofil miktarı ile arasında %1 düzeyinde pozitif ilişkisinin olduğu, klorofil b'nin total klorofil ile %1, total karotenoid ile ise arasında %5 düzeyinde pozitif ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Total klorofil ile total karotenoid arasında %1 düzeyinde olumlu bir ilişkinin olduğu, total karotenoid miktarı ile CUPRAC antioksidan aktivite arasında %5 düzeyinde olumsuz bir ilişkinin olduğu, CUPRAC antioksidan aktivite ile total fenolik madde arasında ise %1 düzeyinde olumlu bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

## Sonuç

Hormon uygulamalarının Oğul otu bitkisinin fide gelişiminde önemli etkileri olduğu, IBA50 uygulamasının, fide boyu ve yaş ağırlığı açısından en uygun hormon olabileceği, kök uzunluğunda ise BAP100 uygulamasının öne çıktığı görülmüştür. IBA50 ve BAP100 hormon uygulamalarının bitki büyümesini olumlu yönde etkilemekte olup, bu hormonların kullanımı Melissa bitkisinin büyüme parametreleri açısından önemli olduğu söylenebilir.

Çizelge 3. Bazı sentetik hormonların *Melissa officinalis* bitkisinin biyokimyasal parametreleri üzerine etkileri

Table 3. Effects of some synthetic hormones on biochemical parameters of *Melissa officinalis* plant.

Sentetik Hormon	Total Karotenoid (mg/g)	CUPRAC (mM/g TE)	FRAP (mM/g AAE)	Total Fenolik Madde (mg/g GAE)
Kontrol	1,10 A	2,09 B	1,08 C	0,24 C
BAP50	1,14 A	2,65 B	1,39 AB	0,27 C
BAP100	1,14 A	5,21 A	1,71 A	0,47 AB
IBA50	0,85 B	5,45 A	1,44 AB	0,40 B
IBA100	0,82 B	6,80 A	1,24 BC	0,55 A
IAA50	0,88 B	5,78 A	1,20 BC	0,49 AB
IAA100	0,92 B	6,89 A	1,35 BC	0,48 AB
LSD (0.05)	0,15	1,68	0,29	0,1
CV (%)	9,19	19,27	12,64	14,33

TE: Troloks Eşdeğeri, AAE: Askorbik Asit Eşdeğeri, GAE: Gallik Asit Eşdeğeri



Çizelge 4. Bazı sentetik hormonların *Melissa officinalis* bitkisinin incelenen parametreler arasındaki korelasyon tablosu  
Table 4. Correlation table between some synthetic hormones and the studied parameters of the plant *Melissa officinalis*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1												
2	0,799*	1											
3	0,333	0,335	1										
4	0,098	0,560	-0,214	1									
5	0,329	0,659	-0,182	0,948**	1								
6	0,944**	0,912**	0,225	0,393	0,585	1							
7	-0,568	-0,733	0,256	-0,436	-0,478	-0,700	1						
8	-0,613	-0,741	0,059	-0,250	-0,288	-0,672	0,954**	1					
9	-0,596	-0,746	0,163	-0,351	-0,391	-0,695	0,989**	0,988**	1				
10	-0,414	-0,755*	0,168	-0,604	-0,593	-0,626	0,937**	0,866*	0,913**	1			
11	0,376	0,777*	0,379	0,478	0,481	0,523	-0,583	-0,630	-0,612	-0,758*	1		
12	0,418	0,270	0,904**	-0,221	-0,086	0,302	0,365	0,242	0,309	0,303	0,213	1	
13	0,250	0,653	0,417	0,386	0,362	0,405	-0,480	-0,521	-0,505	-0,700	0,965**	0,256	1

\* Korelasyon %5 düzeyinde önemlidir; \*\* Korelasyon %1 düzeyinde önemlidir; 1: Fide Boyu, 2: Fide Yaş Ağırlık, 3: Kök Uzunluk, 4: Kök Yaş Ağırlık, 5: Kök Kuru Ağırlık, 6: Fide Kuru Ağırlık, 7: Klorofil a, 8: Klorofil b, 9: Total Klorofil, 10: Total Karotenoid, 11: CUPRAC, 12: FRAP, 13: Total Fenolik Madde

Hormon uygulamalarının korofil a pigmentini ve toplam klorofil pigment artışına katkı sağladığı görülmüştür. *Melissa* bitkisinde fide gelişim döneminde hormon uygulamalarının antioksidan aktiviteler, toplam fenolik madde ve total karotenoid miktarları üzerinde BAP100 ve IBA100 uygulamalarının öne çıktığı görülmüştür.

## Beyan

Çalışmanın yürütülmesi için ortam sağlayan SUBÜ'e bağlı TABTEM Kurumu çalışanlarına teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Abd Elwahed, M.S., Mahdy, H.A., El-Saeid, H.M. and Abouziena, H.F. (2019). Effect of some bioregulators on yield quantity and quality of garlic plants (*Allium sativum* L.). Middle East J. Appl. Sci., 9(1), 17-24.
- Abdel-Naime, W.A., Fahim, J.R., Fouad, M.A., Kamel, M.S. (2019). Antibacterial, antifungal, and GC-MS studies of *Melissa officinalis*. S. Afr. J. Bot. 124, 228-234. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.011>
- Ak, T., & Gülçin, I. (2008). Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. Chemico-biological interactions, 174(1), 27-37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2008.05.003>
- Akgül, A., (1993). Baharat Bilimi ve Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 15, 111-113.
- Amin, A.A., Gharib, F.A., Abouziena, H.F. and Dawood, M.G. (2013). Role of indole-3-butyric acid or/and putrescine in improving productivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants. PJBS., 16(24), 1894-1903. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2013.1894.1903>
- Amin, A.A., Rashad, M. and El-Abagy, H.M.H. (2007). Physiological effect of indole-3-butyric acid and salicylic acid on growth, yield and chemical constituents of onion plants. J. Appl. Sci. Res., 3(11), 1554-1563.
- Anonim. (2024). <https://www.accuweather.com/tr/tr/arifbey/320558/november-weather/320558?year=2023>. Erişim Tarihi: 01/06/2024
- Bashir, Z., Hussain, K., Iqbal, I., Nawaz, K., Siddiqi, E. H., Javeria, M., ... & Ali, S. S. (2021). Improvements of crop productivity in wheat (*Triticum aestivum* L.) by the applications of phytohormones. Pak. J. Bot, 53(2), 585-595. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2021-2\(3\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2021-2(3))

- Baytop, T. (1984). Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi: Geçmişte ve Bugün. İstanbul Üniversitesi, s/520
- Borah, L., & Baruah, K. K. (2016). Effects of foliar application of plant growth hormone on methane emission from tropical rice paddy. Agriculture, ecosystems & environment, 233, 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.033>
- Ceylan, A. (1997). Tıbbi Bitkiler-II (Uçucu Yağ Bitkileri). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, s/188.
- Damish, S., Rehman, R. A., Maqbool, A., Ali, M., Idrees, M., Inam Irshad, S. M., ... & Ansari, M. J. (2024). Effects Of Benzyl Amino Purine On Growth, Antioxidants, And Chlorophyll Contents Of *Phaseolus vulgaris* L. Cultivated Under Heat Stress. Pak. J. Bot, 56, 1-10. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2024-5\(29\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2024-5(29))
- Ghiulai, R., Avram, S., Stoian, D., Pavel, I.Z., Coricovac, D., Oprean, C., Vlase, L., Farcas, C., Mioc, M., Minda, D., et al. (2020). Lemon Balm Extracts Prevent Breast Cancer Progression In Vitro and In Ovo on Chorioallantoic Membrane Assay. Evid.-Based Complement. Altern. Med. 6489159. <https://doi.org/10.1155/2020/6489159>
- Janečková, H. (2021). Effects of aromatic cytokinins on senescence-induced alterations in photosynthesis. In: Metatopolin: A growth regulator for plant biotechnology and agriculture. Springer, Singapore. pp. 71-84.
- Katar, D. (2004). Oğulotu (*Melissa officinalis* L.)'nda farklı bitki sıklığı ve azot dozlarının verim ve verim özelliklerine etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, s.108.
- Katar, D., Gürbüz, B. (2008). Oğulotu (*Melissa officinalis* L.)'nda farklı bitki sıklığı ve azot dozlarının drog yaprak verimi ve bazı özellikler üzerine etkisi. Journal of Agricultural Sciences, 14(01), 78-81.
- Khatun, M., Sarkar, S., Era, F. M., Islam, A. M., Anwar, M. P., Fahad, S., ... & Islam, A. A. (2021). Drought stress in grain legumes: Effects, tolerance mechanisms and management. Agronomy, 11(12), 2374. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122374>
- Kumari, S., Kumar, S., Prakash, P. (2018). Exogenous application of cytokinin (6-BAP) ameliorates the adverse effect of combined drought and high temperature stress in wheat seedling. J Pharma Phytochem 7, 1176-1180
- Kumlay, A. M., & Eryiğit, T. (2011). Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: bitki hormonları. Journal of the Institute of Science and Technology, 1(2), 47-56.
- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophyll fluorescence signatures of leaves during the autumnal chlorophyll breakdown. J Plant Physiol, 131, 101-110. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(87\)80271-7](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(87)80271-7)

- Lee, H. B., Im, N. H., An, S. K., & Kim, K. S. (2021). Changes of growth and inflorescence initiation by exogenous gibberellic acid3 and 6-benzylaminopurine application in *Phalaenopsis orchids*. *Agronomy*, 11(2), 196.
- Lin, L., Ma, Q., Wang, J., Lv, X., Liao, M. A., Xia, H., ... & Liang, D. (2018). Effects of indole-3-butyric acid (IBA) on growth and cadmium accumulation in the accumulator plant *Stellaria media*. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 37(2), 733-737. <https://doi.org/10.1002/ep.12746>
- Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *J. Nat. Med.*, 74, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>
- Mayerni, R., Eka Pratiwi, E., & Warnita, W. (2015). Shoot Multiplication of Quinine Plant (*Cinchona ledgeriana* moens) with Several Concentrations of Kinetin on in Vitro. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 5(2), 57-61.
- Miraj, S., Rafieian-Kopaei, M., Kiani, S. (2017). *Melissa officinalis* L: A Review Study with an Antioxidant Prospective. *J. Evid.-Based Integr. Med.* 22, 385–394. <https://doi.org/10.1177/2156587216663433>
- Nourafcan, H., Sefidkon, F., Khalighi, A., Mousavi, A., & Sharifi, M. (2014). Effects of IAA and BAP on chemical composition and essential oil content of lemon verbena (*Lippia citriodora* HBK). *Journal of Herbal Drugs*, 5(1), 25-32.
- Patrick, D.J. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulture*. 196, 3 - 14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Petrisor, G., Motelica, L., Craciun, L. N., Oprea, O. C., Ficai, D., & Ficai, A. (2022). *Melissa officinalis*: Composition, pharmacological effects and derived release systems—A review. *International journal of molecular sciences*, 23(7), 3591. <https://doi.org/10.3390/ijms23073591>
- Rulcova, J., Pospisilova, J., (2001). Effect of benzylaminopurine on rehydration of bean plants after water stress *Biologia Plantarum* 44, 75-81.
- Sachett, A., Gallas-Lopes, M., Conterato, G. M. M., Herrmann, A. P., & Piato, A. (2021). Antioxidant activity by FRAP assay: in vitro protocol. *Protocols*, <http://dx.doi.org/10.17504/protocols.io.btqrnmv6>
- Sarker, B. C., Talukder, M., and Roy, B. (2021). Chlorophyll synthesis, growth and yield performance of summer mung bean CV. BARI MOOG-6 in response to BAP and NAA. *Bangl. J. Bot.* 50, 209–217. <https://doi.org/10.3329/bjb.v50i2.54075>
- Sevik, H., & Guney, K. (2013). Effects of IAA, IBA, NAA, and GA3 on rooting and morphological features of *Melissa officinalis* L. stem cuttings. *The Scientific World Journal*, 909507. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/909507>
- Shakeri, A., Sahebkar, A., Javadi, B. (2016). *Melissa officinalis* L.—A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *J. Ethnopharmacol.* 188, 204–228. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.05.010>
- Shekhawat, M.S., Kannan, N., Manokari, M., Revathi, J. (2012). In vitro propagation of *Oldenlandia umbellata* L.—a highly medicinal & dye-yielding plant of coromandel coast. *Int J Recent Sci Res* 3(9):758–761
- Simkin, A.J, Kapoor, L., Doss, C.G.P., Hofmann, T.A., Ramamoorthy, S. (2022). The role of photosynthesis related pigments in light harvesting, photoprotection and enhancement of photosynthetic yield in planta. *Photosynthesis Research* 152, 23–42 <https://doi.org/10.1007/s11120-021-00892-6>
- Sridharan, P. S. R. (2015). Influence of indole-3-butyric acid and triazole compounds on the growth and antioxidant constituents in Ashwagandha (*Withania somnifera* L.) Dunal. *Journal of Medicinal Herbs and Ethnomedicine*, 1, 13-23. <http://doi:10.5455/jmhe.2015-06-06>
- Sultan, K., Perveen, S., Parveen, A., Atif, M., & Zafar, S. (2023). Benzyl amino purine (BAP), moringa leaf extract and ascorbic acid induced drought stress tolerance in pea (*Pisum sativum* L.). *Gesunde Pflanzen*, 75(6), 2423-2436. <https://doi.org/10.1007/s10343-023-00890-9>
- Taiz, L., and Zeiger, E. (2010). *Plant physiology* (5th ed. Sinauer Associates, Inc, Massachusetts).
- Thounaojam, A. S., Patel, A. D., Makani, A. Y., Chaudhary, N. N., & Nakarani, D. B. (2016). Effect of variety, planting material and plant growth bio-regulant on turmeric performance (*Curcuma longa* L.) under middle Gujarat condition. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 10(2), 1311-1317.
- Waheed, A., Hamid, F.S., Imtiaz, A., Madiha, B., Seemab, A., Saqib, M. and Fayyaz, A. (2019). Comparative effect of different concentration of salicylic acid and IBA on the growth, yield and quality of garlic. *J. Adv. Res.*, 2(2), 5-14. <https://orcid.org/0000-0002-3665-7958>
- Waterhouse, A.L. (2002). Determination of total phenolics. *Curr. Protoc. Food Anal. Chem.* 6. 11.1.1–11.1.8.
- Zarei, A., Ashtiyani, S.C., Taheri, S., Rasekh, F. (2014). Comparison between effects of different doses of *Melissa officinalis* and atorvastatin on the activity of liver enzymes in hypercholesterolemia rats. *Avicenna J. Phytomed.* 4, 15–23. [CrossRef]
- Zavaleta-Mancera, HA., López-Delgado, H., Loza-Tavera, H., Mora-Herrera, M., Trevilla-Garcia, C., Vargas-Suárez, M., Ougham, H. (2007). Cytokinin promotes catalase and ascorbate peroxidase activities and preserves the chloroplast integrity during dark-senescence. *J Plant Physiol* 164(12), 1572–1582 <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2007.02.003>
- Zeybek, N. (1987). İzmir'den ihrac edilen droglar, 59-64. V. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Ankara, s/408