



## Brassinosteroid Uygulamalarının Munstead Lavander Çeşidinde Bitki Gelişimi ile Sekonder Metabolit Üretimi Üzerine Etkileri

Özlem Aras Aşçı\*, Hikmet Deveci, Alican Erdeğer, Kübra Nur Özdemir,  
Tunhan Demirci, Nilgün Göktürk Baydar

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 32260 Isparta, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

#### Araştırma Makalesi

Geliş 18 Haziran 2018  
Kabul 06 Eylül 2018

#### Anahtar Kelimeler:

Lavanta  
Brassinosteroid  
Büyüme  
Uçucu yağ  
Fenolik bileşik

#### \*Sorumlu Yazar:

E-mail: ozlemaras@isparta.edu.tr

### ÖZ

Bu araştırma steroid yapıda bir büyümeyi düzenleyici olan 24-epibrassinolid (24-eBL)'in *Lavandula angustifolia* türüne ait "Munstead" lavander çeşidinde bitki gelişimi, uçucu yağ verimi ve bileşenleri ile toplam fenolik madde miktarları üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla bitkilere tomurcuklanma başlangıcında ve ilk uygulamadan 10 gün sonra olmak üzere iki kez 4 farklı konsantrasyonda (0, 0,75, 1,50 ve 2,25 mg/l) 24-eBL uygulanmıştır. Tam çiçeklenme döneminde hasat edilen bitkiler, taze ve kuru saplı çiçek verimi, kuru sapsız çiçek verimi, toplam fenolik madde miktarı ile uçucu yağ verimi ve bileşenleri bakımından değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda 0,75 ve 1,50 mg/l konsantrasyonlarında uygulanan 24-eBL'nin sapsız kuru çiçek verimi, toplam fenolik madde miktarı ile bitki başına uçucu yağ verimini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. 24-eBL uygulamalarının uçucu yağ kompozisyonunu da değiştirdiğinin belirlendiği araştırmada, lavanderde 24-eBL uygulamasının kuru çiçek verimi ile uçucu yağ ve fenolik madde miktarını artırmak için kullanılabilir bir uygulama olduğu tespit edilmiştir.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(10): 1448-1454, 2018

### The Effects of Brassinosteroid Applications on Growth and Secondary Metabolite Production in *Lavandula Angustifolia* 'Munstead'

### ARTICLE INFO

#### Research Article

Received 18 June 2018  
Accepted 06 September 2018

#### Keywords:

Lavender  
Brassinosteroid  
Growth  
Essential oil  
Phenolic compounds

#### \*Corresponding Author:

E-mail: ozlemaras@isparta.edu.tr

### ABSTRACT

This study was aimed to determine the effects of 24-eBL, a steroid growth regulator, on the plant growth, total phenolic content, essential oil content and composition in "Munstead" lavender cultivar belonging to *Lavandula angustifolia*. For this aim, 24-eBL was applied to plants at four different concentrations (0, 0.75, 1.50 and 2.25 mg/l) twice, at the beginning of budding and 10 days after the first application. The plants harvested during the full bloom period were evaluated for fresh and dry stemmed flower yields, stemless dry flower yield, total phenolic content and essential oil yield and composition. As a result of the study, 24-eBL at concentrations of 0.75 and 1.50 mg/l significantly increased the stemless dry flower yield, total phenolic content and essential oil yield per plant. 24-eBL applications also changed essential oil composition. To conclude, 24-eBL applications can be used to increase the dry flower yield, phenolic and essential oil contents in lavender plants.

DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i10.1448-1454.2072>

## Giriş

Lavanta, *Lamiaceae* familyasına ait çok yıllık bir bitki olup, tıbbi, aromatik ve süs bitkisi olarak antik çağlardan beri kullanılan en popüler bitkilerden biridir. Kokulu ve dekoratif çiçeklerle değerli bir süs bitkisi olmasının yanı sıra, çiçeklerinden elde edilen uçucu yağları antiseptik ve antifungal etkilerinden dolayı parfüm, kozmetik, aromaterapi ve temizlik ürünleri için önemli bir yağ olma özelliğini taşımaktadır (Lawless, 1995; Kim ve ark., 2011). Lavantanın; lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.), lavandin (*Lavandula intermedia* Emeric ex Loisel.) ve başak (spike) lavender (*Lavandula latifolia* Medikus) olmak üzere 3 türü bulunmaktadır (Tucker, 1985). İngiliz lavantası olarak da bilinen lavender çeşitlerinde uçucu yağ kalitesi, melez lavanta olarak bilinen lavandin çeşitlerine göre daha yüksek olmakla birlikte, uçucu yağ verimi daha düşüktür (Beetham ve Entwistle, 1982). Lavender yağı, iki ana bileşeni linalool ve linalil asetat olmak üzere çok sayıda uçucu bileşiği içermektedir (Lawrence, 1994; Venskutonis ve ark., 1997; Kara ve Baydar, 2013).

Lavanta yağı sahip olduğu özellikler ile çok talep gören bir yağdır. Artan piyasa taleplerini ve endüstriyel ihtiyaçları karşılamak için, yüksek miktar ve kalitede uçucu yağ üretiminin sağlanması gerekmektedir. Aromatik bitkilerde uçucu yağ verimini ve kalitesini arttırmak amacıyla mineraller, büyüme düzenleyici maddeler, elisitörler gibi çeşitli uygulamalar yapılabilmektedir (Marotti ve ark., 2006; Saharkhiz ve Goudarzi, 2014; Çoban ve Göktürk Baydar, 2017).

Brassinosteroidler (BRs), bitki büyümesi ve gelişimi, hücre uzaması ve hücre bölünmesi, enzim aktivasyonu, gen regülasyonu, protein ve nükleik asit sentezi, fotosentez, tohum çimlenmesi, çiçeklenme, meyve tutumu gibi çeşitli fizyolojik süreçlerde önemli rol oynayan steroid yapıdaki bitki hormonlarıdır. Ayrıca BR'lerin su (Li ve Van Staden, 1998), düşük-yüksek sıcaklık (Wilens ve ark., 1995), ağır metal (Hayat ve ark., 2007; Ali ve ark., 2008), tuz (Çoban ve Göktürk Baydar, 2016) ve daha pek çok stres faktörüne karşı toleransı arttırdığı, aynı zamanda stresin neden olduğu engelleyici etkileri de ortadan kaldırdığı tespit edilmiştir (Rao ve ark., 2002). BR'lerin ayrıca insanlarda sağlıklı hücreleri etkilemeden kanser hücrelerinin büyümesini engellediği (Malikova ve ark., 2008), herbisit, fungusit ve insektisitlerin neden olduğu fitotoksik etkileri azalttığı tespit edilmiştir (Xia ve ark., 2006). BR'lerin bütün bunların yanı sıra bitkilerde sekonder metabolitlerin üretimini teşvik ettiği de belirlenmiştir (Hayat ve ark., 2010; Fathima ve ark., 2011; Çoban ve Göktürk Baydar, 2017; Sharma ve ark., 2017).

BR'lerin tıbbi ve aromatik bitkilerde uçucu yağ verimini ve kalitesini arttırmaya yönelik olarak; bir BR analogu olan 28-homobrassinolid'in sardunya bitkisinde uçucu yağ oranını artırdığı (Swamy ve Rao, 2008), *Mentha avensis* türüne ait nane bitkilerine uygulanan 28-homobrasininolidin uçucu yağ miktarını artırdığı; bunun yanı sıra nanenin ana bileşeni olan mentol oranını da kontrole kıyasla yükselttiği (Naeem ve ark., 2012), *Mentha piperita*'ya ait nane bitkilerine uygulanan 24-eBL'nin ise artan konsantrasyonları ile birlikte bitki büyümesi ile uçucu yağ miktar ve kalitesini de önemli derecede artırdığı (Çoban ve Göktürk Baydar, 2017) yapılan farklı çalışmalarla tespit edilmiştir.

Bitkilere yapılacak uygulamaların, insan ve çevre ile dost, bununla birlikte bitki üzerinde de verim veya kalite açısından olumlu etkiler oluşturabilecek uygulamalar olması büyük önem taşımaktadır. Bu araştırma bitki fizyolojisi ve insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle BR uygulamalarının Munstead lavander çeşidinde bitki büyümesi, toplam fenolik madde miktarı, bitki başına uçucu yağ verim ve kalitesi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

## Materyal ve Metot

### Bitkisel Materyal ve 24-eBL Uygulamaları

Araştırmada, bitkisel materyal olarak, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde yetişmekte olan, sıra arası ve sıra üzeri mesafesi 1 m × 0,5 m olarak tesis edilmiş 8 yaşlı *Lavandula angustifolia* Mill. türüne ait 'Munstead' lavander çeşidi kullanılmıştır. Isparta İli, 37° 45' kuzey enlem, 30° 33' doğu boylam ve 1.050 m yükseklikte yer almaktadır. Bu iklim özellikleriyle Güneybatı Anadolu bölgesinde yarı kurak iklim özelliklerine sahip olan Isparta'da 2016 yılında ortalama sıcaklık ve toplam yağış 12,2°C ve 564,8 mm olarak gerçekleşmiştir. Munstead en çok tanınan ve yüksek kalitede koku bileşenleri içeren lavander çeşitlerinden biridir (Tucker ve ark., 1984; Renaud ve ark., 2001; Kara, 2011). Munstead çeşidine ait bitkilere 24-epibrassinolid (24-eBL), 4 farklı dozda [0 (kontrol), 0,75, 1,50 ve 2,25 mg/l] uygulanmıştır. 24-eBL, dimetil sülfoksit (DMSO) içinde iyice çözüldükten sonra su ile son hacme tamamlanmıştır. Bu şekilde hazırlanan çözeltiye %0,02 Tween 20 ilave edilmiştir. 24-eBL uygulamaları, bir pülverizatör yardımıyla bitkilerin toprak üstü organlarına püskürtme şeklinde uygulanmıştır. İlk uygulama bitkilere tomurcuklanma başlangıcında, 2. uygulama ise ilk uygulamadan 10 gün sonra yapılmıştır. Kontrol bitkilerine ise 24-eBL'yi çözmek için kullanılan miktar kadar DMSO ve %0,02 Tween 20 ilave edilmiş su püskürtülmüştür.

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 4 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Munstead çeşidine ait bitkilerde hasat tam çiçeklenme döneminde, sürgünlerin dipten kesilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

### Büyüme Parametrelerinin Belirlenmesi

Taze saplı çiçek verimi; uygulamalar ve tekerrürler bazında her bir bitkinin toprak üstü kısımlarının yaş olarak g cinsinden tartılması ile bulunmuştur. Kuru saplı çiçek verimi; yaş ağırlığı alınan toprak üstü kısmın oda koşullarında ve gölgede sabit ağırlığa kadar kurutulmasının ardından g cinsinden tartılması ile tespit edilmiştir. Kuru sapsız çiçek verimi ise kurumuş saplı çiçeklerden sapların ayrılması ile g olarak belirlenmiştir.

### Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Çiçeklerde toplam fenolik madde ekstraksiyonu Queslati ve ark. (2010)'na göre yapılmıştır. Oda sıcaklığında kurutulmuş çiçekler öncelikle toz haline getirilmişlerdir. Daha sonra toz haline getirilmiş çiçek örneklerinden 2,5 g alınarak, 25 ml metanol içinde 30 dakika süreyle manyetik karıştırıcıda karıştırılmışlardır.

Ardından 4°C’de 24 saat süreyle bekletilmişlerdir. Filtrasyon işleminin sonrasında ekstraktlar toplam fenolik madde analizinde kullanılmışlardır. Fenolik madde analizi Folin Ciocalteu yöntemi ile Singleton ve Rossi (1965)’ye göre yapılmıştır. Gallik asit ile hazırlanan körveden yararlanılarak, örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı gallik asit cinsinden mg/g KA olarak belirlenmiştir.

#### Uçucu Yağ Oranı ve Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi

Örneklerin uçucu yağ oranı laboratuvar koşullarında Clevenger hidrodistilasyon aparatında belirlenmiştir. Bu amaçla 100 g lavander çiçeği Clevenger balonuna doldurularak üzerine 1 l saf su ilave edilmiştir. Distilasyon işlemine, ölçülü bölümde toplanan yağ miktarının değişmediği gözlemlendiğinde son verilmiş ve ölçülü bölümde toplanan yağ miktarı ölçülerek % uçucu yağ oranı hesaplanmıştır. Daha sonra bitki başına uçucu yağ verimi (BBUYV) Gharib ve ark. (2008)’e göre aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{BBUYV (ml/bitki)} = \text{Bitki yağ ağırlığı (g)} \times \% \text{ Yağ}$$

Elde edilen yağın temel koku bileşenleri SDÜ Deneysel ve Gözlemsel Öğrenci Araştırma ve Uygulama Merkezi’nde bulunan GC/MS (QP5050 Gas chromatography/mass spectrometry) cihazında yapılmıştır. Kolon olarak CP-Wax 53 CB (50 m × 0,32 mm; film kalınlığı = 0,25 µm ) kullanılmıştır. Fırın sıcaklık programı: 60°C’den 220°C’ye dakikada 10°C artırılarak çıkartılmış ve 220°C’de 10 dakika bekletilmiştir. Enjeksiyon bloğu sıcaklığı 240°C, dedektör sıcaklığı 250°C, dedektör enerji akışı 70 eV, iyonlaştırma türü: EI, kullanılan gaz helyum (20 ml/dak.), akış hızı 10 psi olarak kullanılmıştır. Wiley, Nist, Tutuor kütüphanelerinde aranmıştır. Numuneler analize 7,5 µl uçucu yağ üzerine 1.500 µl diklorometan ilavesi ile hazırlanmıştır.

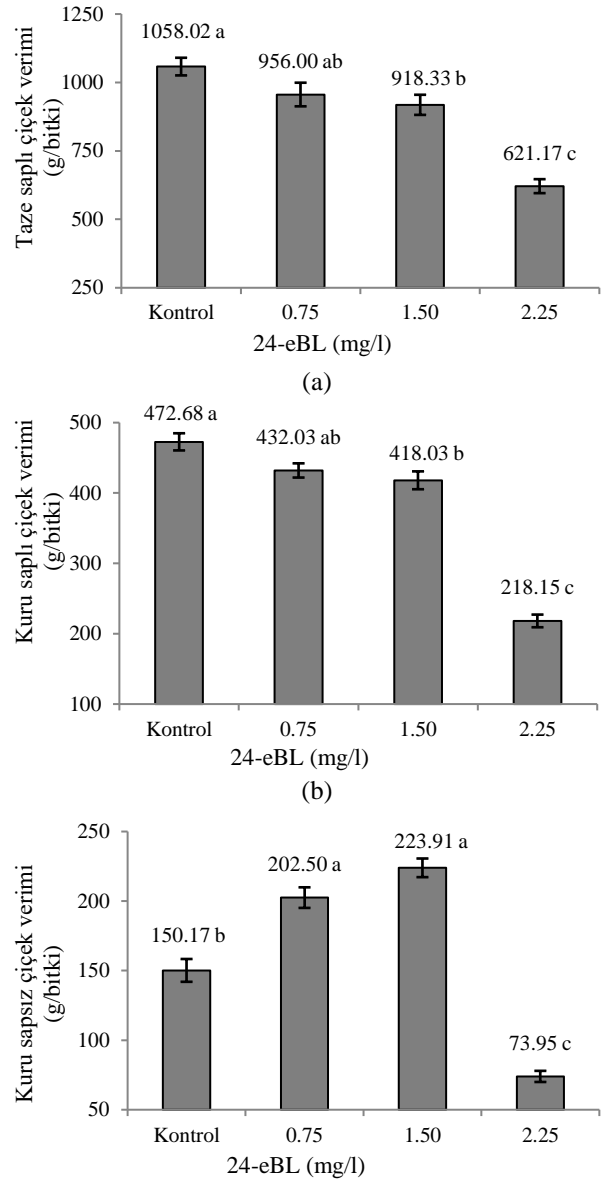
#### İstatistik Analizler

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 16.0 istatistik programı kullanılarak yapılmış, uygulamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

#### Bulgular ve Tartışma

Yapılan varyans analizi sonucunda, kullanılan 24-eBL konsantrasyonlarına göre Munstead çeşidine ait bitkilerde incelenen bütün büyüme parametreleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Buna göre taze saplı çiçek veriminin 24-eBL’nin 1,50 ve 2,25 mg/l konsantrasyonlarında kontrol ve 0,75 mg/l uygulanmış bitkilerinkine göre önemli derecede düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 1a). Araştırmada incelenen bir diğer kriter olan kuru saplı çiçek verimi bakımından ise 472,68 ve 432,03 g ile en yüksek değerler kontrol bitkileri ile 0,75 mg/l 24-eBL uygulanmış bitkilerden elde edildiği belirlenmiştir (Şekil 1b). BR’ler uygun dozda ve bitki gelişiminin doğru aşamasında uygulandığında, bitki büyümesini teşvik ettiği; bitki tür ve çeşidine bağlı olmak üzere yüksek konsantrasyonlarda uygulanan 24-eBL’nin ise büyüme ve

gelişme üzerinde olumsuz etkilerde bulunabileceği bildirilmektedir (Swamy ve Rao, 2008; Hayat ve ark., 2010; Eskandari ve Eskandari, 2013; Çoban ve Göktürk Baydar, 2017). BR’ler hücre bölünmesini uyararak (Clouse ve Zurek, 1991; Oh ve Clause, 1998) ya da hücre duvarı gevşemesinden sorumlu proteinleri kodlayan BRU1 ve TCH4 genlerini aktif hale getirerek büyüme ve gelişmeye katkıda bulunmaktadır (Zurek ve ark., 1994; Felner, 2003).



Şekil 1 24-eBL uygulamalarının taze saplı çiçek verimi (a), kuru saplı çiçek verimi (b), kuru sapsız çiçek verimi (c) üzerine etkileri

Figure 1 The effects of 24-eBL applications on fresh stem flower yield (a), dry stem flower yield (b) and dry stemless flower yield (c)

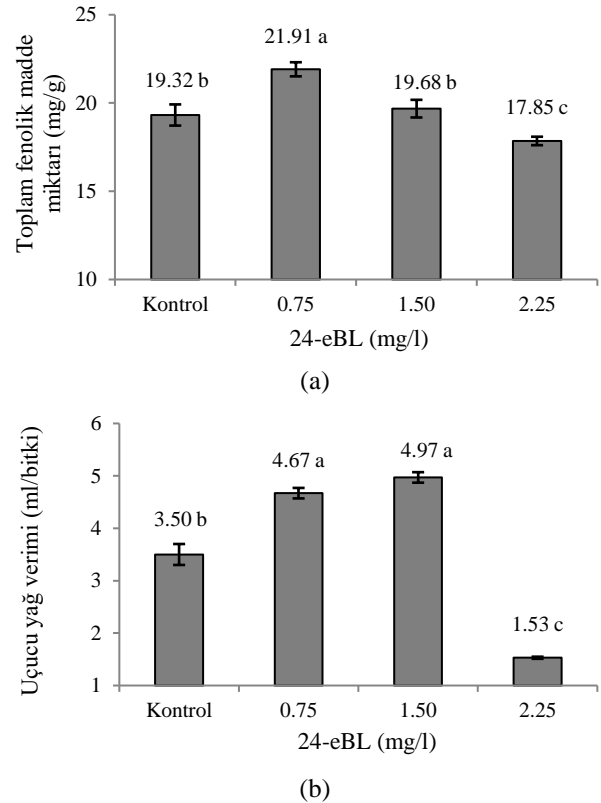
Kuru saplı çiçek verimi bakımından yapılan 24-eBL uygulamalarının etkileri incelendiğinde ise en yüksek değerlerin aralarında istatistiksel bir fark olmamakla birlikte sırasıyla 1,50 ve 0,75 mg/l 24-eBL uygulamalarından elde edildiği tespit edilmiştir (Şekil 1c). Burada en ilginç sonuç, 1,50 mg/l 24-eBL uygulaması yapılan bitkilerde yaş ve kuru saplı çiçek verimi kontrol

ve 0,75 mg/l 24-eBL uygulamasına göre daha düşükken; sapsız kuru çiçek veriminde en yüksek değerin bu konsantrasyondan elde edilmesidir. Bu durum 1,5 mg/l konsantrasyonunda uygulanan 24-eBL'nin vejetatif gelişmeden çok, çiçek verimini artırma yönünde etki ettiğini göstermektedir. Nitekim Clouse (2011) de BR'lerin vasküler farklılaşma, çiçeklenme ve polen oluşumunda önemli rol oynadığını bildirmiştir.

Munstead lavander çeşidinde 24-eBL uygulamalarının toplam fenolik madde miktarı üzerine olan etkilerinin de incelendiği çalışmada, 24-eBL uygulamalarına göre toplam fenolik madde miktarında istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Buna göre en yüksek toplam fenolik madde miktarının 21,91 mg/g ile 0,75 mg/l 24-eBL uygulaması yapılan bitkilerden elde edildiği; bu uygulamayı 1,50 mg/l 24-eBL uygulaması ile kontrol grubunun izlediği belirlenmiştir (Şekil 2a). Benzer şekilde uygun konsantrasyon kullanıldığında BR'lerin hem stress uygulanmış bitkilerde (Farooq ve ark., 2009; Çoban ve Göktürk Baydar, 2016) hem de strese maruz kalmamış bitkilerde toplam fenolik madde miktarını artırdığı belirlenmiştir (Serna ve ark., 2013; Xi ve ark., 2013; Ghorbani ve ark., 2017). Bu sonuçlardan dışsal BR uygulamalarının biyosentez aşamasında görev alan gen ve enzimleri etkileyen bir sinyal molekülü olarak görev yaparak sekonder metabolit verimini artırdığı görülmektedir. Gerçekten de fenolik bileşikler ortak bir fenilpropanoid sentez yolu paylaşmakta olup, fenilalanin amonyum liyaz (PAL), flavanon hidroksilaz (F3H), dihidroflavonol redüktaz (DFR), flavonoid 3-O-glukosiltransferaz (UFGT) gibi enzimler bu biyosentez aşamasında görev yapmaktadırlar. Nitekim Winkel-Shirley (2001) PAL aktivitesindeki artışının fenol ve flavonoidler gibi fenilpropanoid türevlerinin artışına neden olduğunu belirlemiştir. BR'lerin de sekonder metabolit birikimini artıran PAL ve UFGT enzimleri kodlayan genleri uyarak fenolik bileşiklerin artmasını sağladıkları bildirilmektedir (Xi ve ark., 2013).

Munstead çeşidinde 24-eBL uygulamalarının bitki başına uçucu yağ verimi üzerine etkilerinin de belirlendiği çalışmada, 24-eBL uygulamalarının uçucu yağ verimini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir (Şekil 2b). Buna göre bitki başına en yüksek uçucu yağ veriminin aralarında istatistiksel bir fark bulunmayan 0,75 ve 1,50 mg/l 24-eBL uygulamalarından elde edildiği tespit edilmiştir. Kontrolde 3,50 ml/bitki olarak belirlenen uçucu yağ veriminin, bu uygulamalarla 4,67 ve 4,97 ml/bitki değerlerine çıktığı saptanmıştır. En düşük uçucu yağ verimi ise 2,25 mg/l 24-eBL uygulanan bitkilerden elde edilmiştir. Akram ve ark. (2014) 24-eBL'nin uçucu yağ miktarı üzerine olan etkisinin kullanılan 24-eBL konsantrasyonuna bağlı olarak büyük değişkenlik gösterdiği ve düşük 24-eBL konsantrasyonlarının yağ verimi üzerinde daha olumlu etkilerde bulunduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Çoban ve Göktürk Baydar (2017) nanede 0,5 mg/l konsantrasyonunda uygulanan 24-eBL'nin *Mentha piperita* türünde uçucu yağ veriminde kontrolle kıyaslandığında 2 kattan daha fazla bir artışa neden olduğunu; ancak konsantrasyonun artmasıyla kontrol grubu bitkilere yakın sonuçların elde edildiğini bildirmişlerdir. BR'lerin uçucu yağ verimini artırmalarının, uçucu yağ üretimi ile ilgili genetik potansiyeli uyarmalarından kaynaklanabileceği ifade

edilmektedir (Naeem ve ark., 2012). Buna göre BR'lerin LIS (linalool sentaz) ve LAT (linalool asetil transferaz) gibi uçucu yağ biyosentezinde görev alan enzimleri etkileyerek uçucu yağ miktarında değişikliklere neden oldukları düşünülmektedir. Lavantanın da içinde yer aldığı bütün *Lamiaceae* türlerinde uçucu yağ sentezi, salgısı ve birikiminden glandular trikomlar sorumlu olmaktadır (Serrato-Valenti ve ark., 1997). BR'lerin de glandular trikom oluşumunu etkiledikleri bildirilmektedir (Pattanaik ve ark., 2014). Bu nedenle BR uygulamalarının uçucu yağ birikimini etkilemelerinin bir diğer nedeni olarak da BR'lerin glandular trikom yoğunluğunu artırmaları olduğunu söylemek mümkün olmaktadır.



Şekil 2 24-eBL uygulamalarının toplam fenolik madde miktarı (a) ve uçucu yağ verimi (b) üzerine etkileri  
Figure 2 The effects of 24-eBL applications on total phenolic content (a) and essential oil yield (b)

Lavanta yağı kimyasal ve duyuşsal özelliklerine katkıda bulunan çok sayıda uçucu bileşen içermektedir. Sunulan bu çalışmada başta linalool, terpineol-4, cis-o-simen, linalil asetat, lavandulol ve lavandulil asetat olmak üzere Munstead çeşidinde 52 adet uçucu bileşen tespit edilmiştir (Çizelge 1). Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, 24-eBL uygulamalarının Munstead çeşidinde uçucu yağ bileşenlerinin büyük kısmında önemli değişikliklere neden olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Buna göre Munstead çeşidinde %43,64 ile 45,03 arasında değişen değerlerle en fazla bulunan linalool birikimi üzerinde 24-eBL uygulamalarının önemli bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir. Diğer taraftan bütün 24-eBL uygulamalarının kontrole göre linalil asetat ve allosimen miktarlarını artırdığının saptandığı çalışmada, lavander yağının diğer önemli bileşenlerinden cis-o-simen ve  $\beta$ -o-simen miktarlarında en yüksek değerlerin 1,50 ve

2,25 mg/l 24-eBL uygulamalarından, terpineol-4 miktarının da 1,50 mg/l 24-eBL dışındaki diğer uygulamalardan elde edildiği tespit edilmiştir. Lavanta yağının diğer önemli bileşenleri olan  $\alpha$ -terpineol ve lavandulil asetat miktarlarında ise en yüksek değerlerin

kontrol grubu bitkilerden elde edildiği saptanmıştır. Lavanta yağının kalitesi üzerinde olumsuz etkileri olan kafur miktarının da özellikle en yüksek konsantrasyon olan 2,25 mg/l 24-eBL uygulamasıyla önemli ölçüde düştüğü saptanmıştır.

Çizelge 1 24-eBL uygulamalarının Munstead çeşidinde uçucu yağ bileşenleri üzerine etkileri

Table 1 The effects of 24-eBL applications on essential oil compositions

Uçucu Yağ Bileşenleri	Alıkonma Zamanı (dk)	24-eBL (mg/g)			
		Kontrol	0,75	1,50	2,25
$\alpha$ - Thujen	5,594	0,33 <sup>c</sup>	0,32 <sup>c</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>
$\alpha$ -Pinen	5,828	0,47 <sup>c</sup>	0,46 <sup>c</sup>	0,72 <sup>a</sup>	0,64 <sup>b</sup>
Kampen	6,347	0,09 <sup>b</sup>	0,07 <sup>d</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,08 <sup>c</sup>
Sabinen	7,152	0,07 <sup>b</sup>	0,06 <sup>c</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>
Vinil amil karbinol	7,337	0,51 <sup>c</sup>	0,59 <sup>ab</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,55 <sup>bc</sup>
Amil etil keton	7,530	0,66	0,70	0,71	0,69
Mirsen	7,719	0,51 <sup>b</sup>	0,53 <sup>b</sup>	0,69 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>
Butanoik asit bütül ester	7,944	0,07 <sup>b</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>
Hekzanol	8,009	0,11 <sup>ab</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,10 <sup>bc</sup>	0,11 <sup>ab</sup>
$\alpha$ -Felandren	8,401	0,10 <sup>c</sup>	0,10 <sup>c</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>
$\delta$ -3 karen	8,519	0,09 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
Heksil asetat	8,624	0,51 <sup>b</sup>	0,57 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,55 <sup>ab</sup>
$\alpha$ -Terpinen	8,856	0,13 <sup>c</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>
Simen	9,183	0,25 <sup>d</sup>	0,39 <sup>b</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,30 <sup>c</sup>
Limonen	9,409	0,62 <sup>c</sup>	0,67 <sup>c</sup>	0,96 <sup>a</sup>	0,76 <sup>b</sup>
1.8-sineol	9,523	0,91 <sup>ab</sup>	1,00 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	0,86 <sup>b</sup>
cis- <i>o</i> -simen	9,750	6,95 <sup>bc</sup>	6,53 <sup>c</sup>	7,83 <sup>a</sup>	7,57 <sup>ab</sup>
$\beta$ - <i>o</i> simen	10,222	2,05 <sup>b</sup>	2,10 <sup>b</sup>	2,59 <sup>a</sup>	2,46 <sup>a</sup>
$\gamma$ -Terpinen	10,771	0,55 <sup>b</sup>	0,58 <sup>b</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>
Sabinen hidrat	11,353	0,58	0,60	0,58	0,56
$\alpha$ -Terpineol	12,149	0,22 <sup>b</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>
Linalool	13,196	44,76	45,03	43,64	43,96
Octen	13,454	0,07 <sup>b</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,09 <sup>a</sup>
Menth-2-en-1-ol	14,233	0,07 <sup>d</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,08 <sup>b</sup>	0,07 <sup>d</sup>
Alloosimen	14,529	1,23 <sup>b</sup>	1,59 <sup>a</sup>	1,84 <sup>a</sup>	1,75 <sup>a</sup>
Kafur	15,402	0,41 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,34 <sup>b</sup>
Isobutrat	15,682	0,08 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,07 <sup>b</sup>
Lavandulol	16,652	2,82 <sup>a</sup>	2,91 <sup>a</sup>	2,67 <sup>a</sup>	2,59 <sup>b</sup>
Borneol	16,974	0,90	0,94	0,95	0,86
Terpineol-4	17,651	17,27 <sup>ab</sup>	18,44 <sup>a</sup>	16,63 <sup>b</sup>	18,35 <sup>a</sup>
Kripton	17,831	0,82 <sup>c</sup>	0,94 <sup>b</sup>	1,10 <sup>a</sup>	0,79 <sup>c</sup>
<i>p</i> -simen-8-ol	17,975	0,00 <sup>b</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
$\alpha$ - Terpineol	18,416	1,91 <sup>a</sup>	1,59 <sup>b</sup>	1,56 <sup>b</sup>	1,71 <sup>b</sup>
Nerol	20,374	0,28 <sup>a</sup>	0,24 <sup>b</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,23 <sup>b</sup>
heksil 2-metilbutanat	21,165	0,15 <sup>a</sup>	0,11 <sup>b</sup>	0,09 <sup>c</sup>	0,16 <sup>a</sup>
Kuminaldehit	21,261	0,29 <sup>b</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>
Karvon	21,435	0,08 <sup>b</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,07 <sup>c</sup>
Linalil asetat	22,113	4,36 <sup>c</sup>	5,91 <sup>a</sup>	5,56 <sup>ab</sup>	5,15 <sup>b</sup>
Lavandulil asetat	24,311	2,74 <sup>a</sup>	2,35 <sup>b</sup>	2,24 <sup>b</sup>	2,35 <sup>b</sup>
Benzenmetanol	24,578	0,09 <sup>c</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,07 <sup>d</sup>
Heksil tiglät	27,194	0,11 <sup>a</sup>	0,08 <sup>c</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,08 <sup>c</sup>
Neril asetat	29,089	0,32 <sup>a</sup>	0,23 <sup>c</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,25 <sup>bc</sup>
Geranil asetat	30,364	0,54 <sup>a</sup>	0,45 <sup>bc</sup>	0,49 <sup>b</sup>	0,43 <sup>c</sup>
Hekzanoate	30,886	0,25 <sup>a</sup>	0,20 <sup>b</sup>	0,21 <sup>b</sup>	0,26 <sup>a</sup>
Karyofilen	32,562	0,65 <sup>a</sup>	0,42 <sup>c</sup>	0,55 <sup>b</sup>	0,64 <sup>a</sup>
$\alpha$ -Santalene	32,715	0,07 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>
$\beta$ -Farnesen	35,090	1,44 <sup>a</sup>	0,71 <sup>c</sup>	1,25 <sup>b</sup>	1,37 <sup>a</sup>
Germasiren-D	36,432	0,08 <sup>a</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,07 <sup>b</sup>
Karyofilen oksit	42,419	0,21 <sup>b</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,21 <sup>b</sup>	0,15 <sup>c</sup>
Murolol	46,127	0,11 <sup>a</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,09 <sup>c</sup>	0,05 <sup>d</sup>
$\alpha$ -Bisabolol	48,748	0,07 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
Bergamotol	63,586	0,08 <sup>a</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>
Toplam		98,04	99,80	99,92	99,96

Linalool ve linalil asetat lavanta yağının kalitesini belirleyen aynı zamanda birçok biyolojik ve anti-enflamatuar etkileri olan bileşiklerdir (Peana ve ark., 2002). BR uygulamalarının uçucu yağ bileşenleri üzerine etkilerinin incelendiği çok az sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmalardan birinde Naeem ve ark. (2012), bir diğer BR homoloğu olan 28-homobrassinolid uygulamalarının *Mentha avensis* bitkisinde hem yağ verimi hem de mentol, menhon, isomenhon ve mentil asetat olmak üzere bazı uçucu yağ bileşenleri üzerinde olumlu etkilerde bulunduğunu belirlemişlerdir. Eskandari ve Eskandari (2013) *Satureja hortensis*'de 10 µM konsantrasyonunda uygulanan 28-homobrassinolidin uçucu yağ verimini artırıp, uçucu yağ bileşenlerinde de değişikliğe neden olduklarını belirlerken; Swamy ve Rao (2008) ise 24-eBL uygulamalarının *Geranium sanguineum*'un uçucu yağ bileşenlerinde dikkate değer düşümlere neden olduğunu tespit etmişlerdir. *Mentha piperita*'da yapılan bir diğer çalışmada da Çoban ve Göktürk Baydar (2017), uygun konsantrasyon kullanıldığında 24-eBL uygulamalarının mentol, menhon, linalool miktarını artırırken; bazı bileşenlerde de düşümlere neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlardan BR uygulamalarının etkilerinin kullanılan konsantrasyon ile bitki tür ve çeşitlerine bağlı olarak değişiklik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak sunulan bu araştırmada, Munstead lavander çeşidinde 24-eBL uygulamalarının kullanılan konsantrasyonlara bağlı olarak, kuru çiçek verimi, toplam fenolik madde miktarı ile bitki başına uçucu yağ verimini artırdığı; uçucu yağ bileşenlerinde de değişikliklere neden olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre lavander çeşidinde özellikle kuru çiçek verimini artırarak bitki başına ve dekara elde edilen yağ verimini artırmasından dolayı, 24-eBL uygulamalarının Munstead lavander çeşidinde kullanılabilecek bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

## Teşekkür

Araştırmacılar projeyi 2209/A Üniversite Öğrencileri Yurtiçi Araştırma Projeleri kapsamında finansal olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na ve bitkisel materyal teminindeki yardımlarından dolayı da Doç. Dr. Nimet KARA'ya teşekkür eder.

## Kaynaklar

Akram A, Khan MA, Adnan Y, Muhammad A. 2014. Exogenous application of 24-epibrassinolide on morphophysiological, biochemical attributes and essential oil contents of *Jasminum sambac* L.. Pak. J. Agr. Sci., 51(4): 881-886.

Ali B, Hasan SA, Hayat S, Hayat Q, Yadav S, Fariduddin Q, Ahmad A. 2008. A role for brassinosteroids in the amelioration of aluminium stress through antioxidant system in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). Environ. Exp. Bot. 62: 153-159.

Beetham J, Entwistle T. 1982. The cultivated lavenders. Royal Botanic Gardens, Melbourne.

Clouse SD. 2011. Brassinosteroid signal transduction: From receptor kinase activation to transcriptional networks regulating plant development. Plant Cell. 23(4):1219-1230

Clouse, SD, Zurek, D. 1991. Molecular analysis of brassinolide action in plant growth and development. In Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Applications, ACS Symposium Series 474. In: Cutler HG, Yokota T, Adam G (eds). pp. 122-140. American Chemical Society, Washington D.C.

Çoban Ö, Göktürk Baydar N. 2017. Brassinosteroid modifies growth and essential oil production in peppermint (*Mentha piperita* L.). J. Plant Growth Regul., 36(1): 43-49.

Çoban Ö, Göktürk Baydar N. 2016. Brassinosteroid effects on some physical and biochemical properties and secondary metabolite accumulation in peppermint (*Mentha piperita* L.) under salt stress. Ind. Crop. Prod., 86: 251-258.

Eskandari M, Eskandari A. 2013. Effects of 28-homobrassinolide on growth, photosynthesis and essential oil content of *Satureja khuzestanica*. Int. J. Plant Physiol. Biochem. 5(3): 36-41.

Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev. 29: 185-212.

Fathima MSA, Johnson M, Lingakumar K. 2011. Effect of crude brassinosteroid extract on growth and biochemical changes of *Gossypium hirsutum* L. and *Vigna mungo* L. J. Stress Physiol. Biochem. 7(4): 324-334.

Felner M. 2003. Recent progress in brassinosteroid research: Hormone perception and signal transduction. In: Hayat S. and Ahmad A (eds) Brassinosteroids: Bioactivity and Crop Productivity. Kluwer- Dordrecht, p 69-86.

Gharib FA, Moussa LA, Massoud ON. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of Sweet Marjoram (*Majorana hortensis*) Plant. Int. J. Agric. Biol. 10:381-387.

Ghorbani P, Eshghi E, Haghi H. 2017. Effects of brassinosteroid (24-epibrassinolide) on yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L.) 'Thompson Seedless', Vitis. 56: 113-117.

Hayat S, Ali B, Hasan SA, Ahmad A. 2007. Brassinosteroid enhanced the level of antioxidants under cadmium stress in *Brassica juncea*, Environ. Exp. Bot. 60: 33-41.

Hayat S, Hasan SA, Hayat Q, Ahmad A. 2010. Brassinosteroids protect *Lycopersicon esculentum* from cadmium toxicity applied as shotgun approach. Protoplasma, 239: 3-14.

Kara N, Baydar H. 2013. Lavantanın uçucu yağ oranı ve kalitesine distilasyon suyuna eklenen katkı maddelerinin etkisi. SDÜ Zir. Fak. Der., 8(2): 52-58.

Kara N. 2011. Uçucu yağ üretimine uygun lavanta (*Lavandula* sp.) çeşitlerinin belirlenmesi ve mikroçoğaltım olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kim S, Kim HJ, Yeo JS, Hong SJ, Lee JM, Jeon Y. 2011. The effect of lavender oil on stress, bispectral index values, and needle insertion pain in volunteers. J. Altern. Complement. Med. 17, 823-826.

Lawless J. 1995. The illustrated encyclopedia of essential oils: the complete guide to the use of oils in aromatherapy & herbalism. Rockport: Element Books Ltd; Dorset, U.K.

Lawrence BM. 1994. Progress in essential oils. Parfum. Flavor., 19(3): 33- 40.

Li L, Van Staden J. 1998. Effect of plant growth regulators on the antioxidative system in callus of two maize cultivars subjected to water stress, Plant Growth Regul., 24: 55-66.

Malikova J, Swaczynova J, Kolar Z, Strnad M. 2008. Anticancer and antiproliferative activity of natural brassinosteroids. Phytochem. 69: 418-426.

Marotti M, Piccaglia R, Giovanelli E, Deans SG, Eaglesham E. 2006. Effects of planting time and mineral fertilization on peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil composition and its biological activity. Flav. Fragr. J. 9(3): 125-129.

Naeem M, Idrees M, Alam MM, Aftab T, Khan, MMA. 2012. Brassinosteroid-mediated enrichment in yield attributes, active constituents and essential oil production in *Mentha arvensis* L. Russ. Agric. Sci., 38(2): 106-113.

- Oh H, Clause SD. 1998. Brassinolide affects the rate of cell division in isolated leaf protoplasts of *Petunia hybrida*. Plant Cell Rep. 17: 921-924.
- Pattanaik S, Patra B, Singh SK, Yuan L. 2014. An overview of the gene regulatory network controlling trichome development in the model plant, Arabidopsis. Front. Plant Sci. 5: 259.
- Peana AT, D'Aquila PS, Panin F, Serra G, Pippia P, Moretti MDL. 2002. Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. Phytomedicine, 9: 721-726.
- Queslati S, Karray-Bouraoui N, Attia H, Rabhi M, Ksouri R, Lachaal M. 2010. Physiological and antioxidant responses of *Mentha pulegium* (Pennyroyal) to salt stress, Acta Physiol. Plant., 32(2): 289-96.
- Rao SSR, Vardhini BV, Sujatha E, Anuradha S. 2002. Brassinosteroids, a new class of phytohormones, Curr. Sci. 82(10): 1239-1245.
- Renaud EN, Charles DJ, Simon JE. 2001. Essential oil quantity and composition from 10 cultivars of organically grown lavender and lavandin. JEOR, 13(4): 269-273.
- Saharkhiz MJ, Goudarzi T. 2014. Foliar application of salicylic acid changes essential oil content and chemical compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.). JEOP. 17(3): 435-440.
- Serna M, Hernández F, Coll F, Coll Y, Amorós A. 2013. Effects of brassinosteroid analogues on total phenols, antioxidant activity, sugars, organic acids and yield of field grown endive (*Cichorium endivia* L.). J. Sci. Food Agric., 93(7): 1765-1771.
- Serrato-Valenti G, Bisio A, Cornara L, Ciarallo G. 1997. Structural and histochemical investigation of the glandular trichomes of *Salvia aurea* L. leaves, and chemical analysis of the essential oil. Ann. Bot. 79: 329-336.
- Sharma A, Kumar V, Bhardwaj R, Thukral AK. 2017. Seed pre-soaking with 24-epibrassinolide reduces the imidacloprid pesticide residues in green pods of *Brassica juncea* L.. Toxicol. Environ. Chem., 99(1): 95-103.
- Singleton VL, Rossi JR. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid, Am. J. Enol. Vitic., 16: 144-158.
- Swamy KN, Rao SSR. 2008. Influence of 28-Homobrassinolide on growth, photosynthesis metabolite and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* (L.) Herit.). Amer. J. Plant Physiol. 3:173-179.
- Tucker O, Maciarello MJ, Howell JT. 1984. A preliminary analysis of some lavender and lavandin cultivars. Perfum. Flavor., 9(4): 49-52.
- Tucker AO. 1985. Lavender, spike and lavandin. The Herbarist, 51: 44-50.
- Venskutonis R, Dapkevicius A, Baranauskiene M. 1997. Composition of the essential oil of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) from Lithuania. JEOR, 9:107-110.
- Wilén, RW, Sacco, M, Gusta, LV, Krishna, P. 1995. Effects of 24-epibrassinolide on freezing and thermotolerance of bromegrass (*Bromus inermis*) cell cultures. Physiologia Plantarum, 95(2), 195-202.
- Winkel-Shirley B. 2001. Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell Biology and Biotechnology. Plant Physiol. 126(2): 485-493.
- Xi ZM, Zhang ZW, Huo SS, Luan LY, Gao X, Ma LN. 2013. Regulating the secondary metabolism in grape berry using exogenous 24-epibrassinolide for enhanced phenolics content and antioxidant capacity. Food Chem. 141: 3056-3065.
- Xia XJ, Huang YY, Wang L, Huang LF, Yu YL, Zhou YH, Yu JQ. 2006. Pesticides induced depression of photosynthesis was alleviated by 24-epibrassinolide pretreatment in *Cucumis sativus* L. Pest. Bioch. Physiol. 86: 42-48.
- Zurek DM, Rayle DL, Mc Morris TC, Clause SD. 1994. Investigation of gene expression, growth kinetics and wall extensibility during brassinosteroid-regulated stem elongation, Plant Physiol., 104: 505-513.