

Atf İçin: Şelem E, Nohutçu N, Tunçtürk R, Tunçtürk M, 2021. Vermikompostlu Ortamda Yetiştirilen *Calendula officinalis* L. Bitkisinde Tuz Stresinin Morfolojik ve Anatomik Gelişim Parametreleri Üzerindeki Etkisi Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(4): 3222-3231.

To Cite: Selem E, Nohutcu N, Tuncturk R, Tuncturk M, 2021. Effect of Salt Stress on Morphological and Anatomical Growth Parameters of *Calendula officinalis* L. Plant Grown in Vermicompost Medium. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(4): 3222-3231.

Vermikompostlu Ortamda Yetiştirilen *Calendula officinalis* L. Bitkisinde Tuz Stresinin Morfolojik ve Anatomik Gelişim Parametreleri Üzerindeki Etkisi

Ezelhan ŞELEM^{1*}, Lütfi NOHUTÇU¹, Rüyeyde TUNÇTÜRK¹, Murat TUNÇTÜRK¹

ÖZET: Tarım arazilerinde yaşanan tuzluluk sorunu yoğun olarak üretimi yapılan türlerde yetiştiriciliği sınırlandırmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yaşanan tuzluluk sorununa yönelik alternatifler geliştirilmekte ve toprağın organik maddece zenginleştirilmesi bunların en önemlilerinden birisi olarak görülmektedir. Toprak yapısını iyileştirme, verim ve kalitede artış, bitki büyüme ve gelişimi üzerinde olumlu etki gösteren vermicompost yetiştiricilikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle abiyotik stres faktörlerinden olan tuzluluk stresinde zararlanma derecesini kontrol grubuna kıyasla ciddi oranlarda azalttığı bilinmektedir. Yapılan çalışmada %30 vermicompostlu tarla toprağı ile %100 tarla toprağında yetiştirilen bitkilerin farklı tuz konsantrasyonundaki (kontrol (0), 50, 100, 150 mM NaCl) gelişimi incelenmiş ve bitkilerin vermicompostlu ortamda daha iyi bir gelişim gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada stoma eni, stoma boyu, stoma yoğunluğu, epidermal hücre sayısı, stoma indeksi, yaprak alanı, klorofil miktarı ve renk değerleri (L*, a*, b*, Chroma ve Hue) incelenmiştir. Renk değerlerinden L*, a*, b* ve Chroma'nın istatistiksel olarak önemsiz olduğu fakat Hue açısı değerinin vermicompostlu ortamda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yaprak alanının vermicompostlu ortamda daha yüksek olduğu ve artan tuz stresine paralel olarak azalış gösterdiği görülmüştür. Stoma boyutlarının da benzer şekilde vermicompostlu ortamda en yüksek değere sahip olduğu tuz dozu artışına paralel olarak azalış gösterdiği saptanmıştır. Stoma ve epidermal hücre yoğunluğunun korelasyon içerisinde olduğu ve vermicompostlu ortamın yoğunlukta daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Abiyotik stres, aynısafa, renk, stoma, vermicompost

Effect of Salt Stress on Morphological and Anatomical Growth Parameters of *Calendula officinalis* L. Plant Grown in Vermicompost Medium

ABSTRACT: The salinity problem experienced in agricultural land limits the cultivation of intensively produced species. Alternatives are developed for the salinity problem, especially in arid and semi-arid regions, and the enrichment of the soil with organic matter is seen as one of the most important of these. Vermicompost, which has a positive effect on improvement of soil structure, increase in yield and quality, plant growth and development, is widely used in cultivation. It is known that salinity stress, which is one of the abiotic stress factors, significantly reduces the degree of damage compared to the control group. In the study, the development of the plants grown in the field soil with 30% vermicompost and 100% field soil in different salt concentration (control (0), 50, 100, 150 mM NaCl) was examined and it was determined that the plants showed a better development in the vermicompost medium. In the study were examined stoma width, stoma length, stoma density, epidermal cell number, stoma index, leaf area, chlorophyll amount and color values (L *, a *, b *, Chroma and Hue). Among the color values, it was determined that L *, a *, b * and Chroma were statistically insignificant, but the Hue angle value was higher in the vermicompost medium. It was observed that the leaf area was higher in the vermicompost medium and decreased in parallel with the increasing salt stress. Similarly, it was determined that the size of the stoma decreased in parallel with the increase in the salt dose and has the highest value in vermicompost medium. It was concluded that stoma and epidermal cell density were in correlation and vermicompost medium was more effective in density.

Keywords: Abiotic stress, common marigold, color, stoma, vermicompost

¹Ezelhan ŞELEM ([Orcid ID: 0000-0003-4227-5013](https://orcid.org/0000-0003-4227-5013)), Lütfi NOHUTÇU ([Orcid ID: 0000-0003-2250-2645](https://orcid.org/0000-0003-2250-2645)), Rüyeyde TUNÇTÜRK ([Orcid ID: 0000-0002-3759-8232](https://orcid.org/0000-0002-3759-8232)), Murat TUNÇTÜRK ([Orcid ID: 0000-0002-7995-0599](https://orcid.org/0000-0002-7995-0599)), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ezelhan ŞELEM, e-mail: ezelhansalem@hotmail.com

GİRİŞ

Sürekli artan insan nüfusu ve küresel iklim değişikliği göz önüne alındığında topraklarda tuzlanmanın artış gösterdiği ve bu noktada abiyotik stres çalışmalarının giderek daha önemli hale geldiği görülmektedir (Kozminska ve ark., 2017). Tuzluluk yaprak ve köklerde mitoz bölünmenin yavaşlamasına, reaktif oksijen türleri (ROS) seviyelerinin artmasına ve detoksifiye yeteneğinin bozulmasına, doku zedelenmesine, klorofil yoğunluğunda azalma gibi hasarlara sebebiyet vermektedir. Belirtilen zararlanmalar neticesinde bitkilerin uzun süre ve yoğun şekilde tuzluluğa maruz kaldığında hayatiyetlerinin sonlandığı pek çok çalışma ile ortaya konulmuştur (Sharp ve ark., 1988; Durand ve ark., 1995; Apel ve Hirt, 2004; Munns ve Tester, 2008; Allu ve ark., 2014; Kozminska ve ark., 2017). Yapılacak olan tarımsal üretimde özellikle tuzluluk sorunu olan alanların değerlendirilmesinde tuza toleranslı ekonomik öneme sahip alternatif türlerin yetiştirilmesi önerilmektedir. Bu noktada tıbbi ve aromatik özellikteki bitkilere bir yönelim olduğu görülmektedir (Muhammad ve Hussain, 2010).

Tuz toleransı fazla bilinmeyen ve süs bitkisi olarak da kullanılan tıbbi bir bitki olan *C. officinalis* çoğunlukla kadife çiçeği ile karıştırılmaktadır. Asteraceae familyasından olan Aynısafa veya tıbbi nergis olarak da bilinen tür özellikle antienflamatuvar özellikleri nedeniyle uzun bir tıbbi kullanım geçmişine sahiptir. *Calendula* özü içeren kremler ve jellerin özellikle radyoterapi sonrası cilt tahrişi ve iltihaplanmaları, yanık tedavisi ve yara iyileşmesine yardımcı olmak için yaygın olarak kullanıldığı belirlenmiştir (Edwards ve ark., 2015). Yapılan çalışmalarda tuzlu ortamlarda yetiştirilen *C. officinalis*' te tohum çimlenmesi, fide büyümesi, bitki-su ilişkisi, iyonik denge ve biyokimyasal tepkileri araştırılmıştır (Chaparzadeh ve ark., 2004; Torbaghan, 2012; Gharineh ve ark., 2013; Oprica ve ark., 2015). Türün ekonomik değeri göz önüne alındığında özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda yetiştirilme potansiyeli yüksek alternatif bitkilerden olduğu görülmektedir.

Tuzluluk sorununun olduğu tarımsal üretimde etkin olarak kullanılmayan alanlarda toprak yapısını iyileştirici organik maddelerin kullanımının çözüm noktasında ön plana çıktığı görülmektedir. Tuzluluğun yanı sıra organik maddece fakir olan alanlarda verimliliği ve sürekliliği sağlama açısından da önemli bir girdi olduğu bilinmektedir. Bu noktada vermikompost, humik asit gibi organik maddelerin kullanımına yönelik çalışmalar yapılmış ve bitkilerin stres fizyolojisi üzerinde olumlu etkileri olduğu bilimsel araştırmalar ile ortaya konmuştur (Kıran, 2019; Benazzouk ve ark., 2020; Tunçtürk ve ark., 2020; García-Galindo ve ark., 2021). Solucan gübresi ile organik materyallerin birlikte kullanılmasıyla elde edilen vermikompostun ürün verimi ve besin elementi alımı üzerine olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Garg et al., 2010; Küçükyumuk ve ark., 2014). Vermikompost içerdiği makro ve mikro yararlı elementler bakımından da toprak düzenleyicisi olarak büyük yarar sağlamaktadır (Bellitürk, 2016).

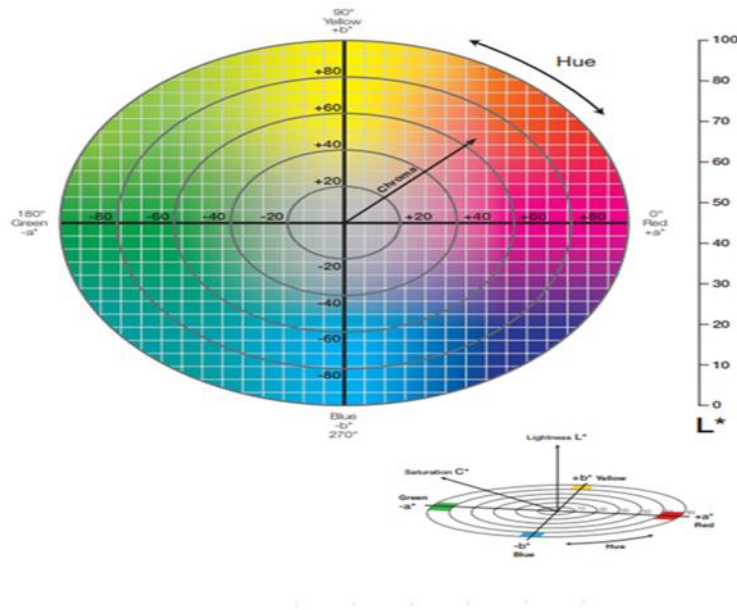
Tuz stresi ve vermikompostun bitki gelişimi ve fizyolojisi üzerine etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar oldukça kapsamlı iken *C. officinalis* üzerindeki etkilerine yönelik çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada iki farklı ortamda (%30 vermikompostlu tarla toprağı ile %100 tarla toprağı) dört farklı konsantrasyondaki tuz dozunun (kontrol (0), 50, 100, 150 mM NaCl) bitkideki morfolojik ve anatmik parametreler üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıbbi Bitkiler Bahçesi' nde yetiştirilen *C. officinalis* bitkilerinden elde edilen tohumların materyalini oluşturduğu çalışma Van YYÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü iklim odasında Bölünmüş Parseller Deneme Deseni' ne göre faktöriyel düzende kurulmuştur. Üç tekerrürlü yürütülen çalışmada bitkiler 25°C sıcaklık, 8/16 saatlik karanlık/aydınlık fotoperiyotta ve

% 65 neme sahip olan ortamda 500cc'lik saksılarda yetiştirilmiştir. Çalışmada faktör olarak iki farklı yetiştirme ortamı (toprağı O₁: %100 tarla toprağı ile O₂: %30 vermikompostlu tarla toprağı) ve dört tuz dozu konsantrasyonu (kontrol (0), 50, 100, 150 mM NaCl) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan toprağın kumlu killi tın tekstür yapısında, kireçli (% 17.9), pH alkali reaksiyonlu (8.18) olup tuz oranı (% 0.021), organik madde (% 1.17), azot içeriğı (0.049 me/100g) ve yararışlı fosfor içeriğı (6.70 ppm) ile potasyum miktarı (488 ppm) belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan vermikomposta ait özellikler; organik madde miktarı % 51.4, Toplam N % 2.5, organik N % 2.3, suda çözünür Potasyum Oksit % 2.04, toplam Fosfor Penta Oksit % 2.4, C/N 8.3, maksimum EC %5.6 dS/m ve pH 7 – 9.5 şeklindedir. Tarla toprağı 121°C'deki otoklavda 45 dk bekletilerek sterilize edilmiştir (Alef ve Nannipleri, 1995). Tohumlar 31.08.2020 tarihinde ekilmiştir. Denemede farklı konsantrasyonlara sahip tuz (NaCl) solüsyonları bitkilerin 5-6 yapraklı olduğu dönemde uygulanmıştır. Çalışma, 60. günde gerekli ölçüm ve gözlemler yapılmak üzere sonlandırılmıştır.

Renk değerleri Minolta CR-400 (Osaka, Japan) marka renk ölçer ile L* , a* , b* C ve Hue° açı değeri olarak ifade edilmiştir. L* açıklık (L*=0 siyah ve L*=100 beyaz), a* kırmızı/yeşil (+a* kırmızı, – a* ise yeşil), b* sarı/mavi (+b* sarı, -b* mavi), Chroma canlılık veya matlık, Hue ise algılanan renk ve rengin ismini belirleyen değerlerdir (Anonim, 2021).



Şekil 1. L*, a*, b*, Chroma ve Hue değerinin renk aralığı (Anonim, 2021).

Klorofil ölçümü taşınabilir Minolta SPAD-502 (Osaka, Japan) klorofil metre cihazı ile yaprak alanı ölçümü ise Easy Leaf Area programı kullanılarak yapılmıştır.

Stoma analizleri Sitoloji Laboratuvarlarında ışık mikroskobunda (Leica DM500) ve Leica LAS EZ (versiyon 3.0) yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Stoma eni, boyu ve yoğunluklarını belirlemek amacıyla tırnak cilası yöntemi kullanılmış ve örnekler mikroskopta incelenmiştir. Stoma ve epidermal hücre sayısı mm²'lik alana düşen sayı olarak hesaplanmıştır. Stoma indeksi ise aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Meidner ve Mansifield 1968).

Stoma İndeksi= mm² 'deki stoma sayısı / (mm² 'deki stoma sayısı + mm²'deki epidermis hücre sayısı) ×100

Elde edilen verilerin hesaplanması COSTAT (6.3 versiyonu) bilgisayar analiz programı kullanılarak yapılmış olup önemli çıkan uygulamalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi' ne göre karşılaştırılmıştır (Düzgüneş ve ark. 1987).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yürütülen çalışmada renk değerlerinden L^* , a^* , b^* , Chroma ve Hue değerleri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir. L^* , a^* , b^* ve Chroma değerlerinin ortam, tuz dozları ve ortam \times tuz dozu interaksyonunun istatistiksel olarak önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Renk değerlerinden a^* ’nın eksilerde olduğunda yeşilin daha hâkim olduğu bilinmekte olup bu değer O_2 ’de daha yüksek olduğu fakat farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Hue açısı değeri tuz dozu ile ortam \times tuz dozu interaksyonunda istatistiksel olarak önemsiz iken farklı yetiştirme ortamlarında istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. En düşük Hue açısı değerinin 124.01 ile O_1 ’de, en yüksek değer ise 126.34 ile O_2 ’de olduğu saptanmıştır. Rengin ismini belirleyen Hue değerinin Şekil 1’de belirtildiği gibi 90° ’dan 180° ’e doğru gidildikçe daha yeşil olduğu anlaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlarda vermikompostlu ortamda yetişen (O_2) bitkilerin yeşil renk değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yaprak alanının tuz dozu ve ortam uygulamalarında istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu, ortam \times tuz dozu interaksyonunun ise istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Ortam uygulamalarında en düşük yaprak alanı O_1 ’de 5.02 cm^2 iken en yüksek değerin vermikompostlu ortamda yetişen bitkilerde 7.31 cm^2 olduğu belirlenmiştir. Tuz dozu uygulamalarında ise yaprak alanının artan tuz dozlarına paralel olarak azalış gösterdiği saptanmıştır. En fazla yaprak alanı (7.79 cm^2) kontrol uygulamalarından, en düşük yaprak alanının ise 4.42 cm^2 T_3 uygulamasından tespit edilmiştir.

İncelenen parametrelerden klorofil miktarının ortam ile ortam \times tuz dozu interaksyonu bakımından istatistiksel olarak önemsiz olduğu fakat tuz dozlarının istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek klorofil miktarının 44.76 SPAD değeri ile T_2 ’den en düşük klorofil miktarının 39.6 SPAD değeri ile kontrolden sağlandığı Çizelge 1’de görülmektedir.

Çizelge 1. *C. officinalis* bitkisinde ölçülen renk değerleri, yaprak alanı ve klorofil değeri

Uygulamalar		Özellikler						
Tuz Dozları	Ortamlar	L^*	a^*	b^*	Chroma	Hue	Yaprak alanı (cm^2)	Klorofil miktarı (SPAD)
T_0	O_1	43.43	-12.79	19.31	23.15	124.13	6.54	39.93
	O_2	43.56	-13.95	19.33	23.86	126.07	9.04	39.26
T_0 Ortalama		43.49	-13.37	19.32	23.50	125.1	7.79A	39.6B
T_1	O_1	42.22	-13.19	20.07	24.05	123.97	5.30	42.53
	O_2	43.39	-13.66	19.04	23.44	125.77	7.57	43.8
T_1 Ortalama		42.80	-13.425	19.55	23.74	124.87	6.43B	43.16A
T_2	O_1	41.75	-12.28	17.55	21.43	125	4.63	44.7
	O_2	43.25	-13.11	17.34	21.74	127.19	7.01	44.83
T_2 Ortalama		42.50	-12.6975	17.45	21.58	126.09	5.82C	44.76A
T_3	O_1	45.94	-13.81	22.18	26.18	122.96	3.62	42.03
	O_2	44.41	-12.86	17.83	22.01	126.33	5.61	42.46
T_3 Ortalama		45.17	-13.34	20.00	24.09	124.64	4.42C	42.25AB
O Ortalaması	O_1	43.33	-13.02	19.78	23.70	124.01B	5.02B	42.3
	O_2	43.65	-13.39	18.38	22.76	126.34A	7.31A	42.59
VK (%)		6.47	10.49	17.86	15.46	1.51	10.72	5.96
T		öd	öd	öd	öd	öd	**	*
O		öd	öd	öd	öd	**	**	öd
T \times O		öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd

T: Tuz, O: Ortam, T \times O: Tuz ve ortam interaksyonu, O_1 : Tarla toprağı, O_2 : %30 vermikompost ilaveli tarla toprağı, T_0 : Kontrol (0 NaCl), T_1 : 50 mM NaCl, T_2 : 100 mM NaCl, T_3 : 150 mM NaCl, öd: Önemi değil.

* $P < 0.05$ düzeyinde, ** $P < 0.01$ düzeyinde önemli

Tuz stresi altında farkı ortamlarda yetiştirilen *C. officinalis* bitkisinin stoma özellikleri incelendiğinde stoma eni, stoma boyu, stoma yoğunluğu ve epidermal hücre sayısının ortam ve tuz dozundan %1 seviyesinde istatistiksel olarak etkilendiği tespit edilirken, O \times T interaksyonundan istatistiksel olarak stoma eni %5 diğer parametreler ise %1 düzeyinde etkilenmişlerdir. Stoma eni ve

stoma boyu değerleri artan tuz dozlarına paralel olarak azalış göstermekte olup en yüksek değerler sırasıyla; 24.62 μm ve 31.82 μm ile kontrolden, en düşük değerler ise 14.25 μm ile 24.27 μm T_3 uygulamalarından tespit edilmiştir. $O \times T$ interaksyonu bakımından en yüksek stoma eni ve boyu sırasıyla; 26.91 μm ve 36.60 μm ile $T_0 \times O_2$ uygulamasından tespit edilmiştir.

Stoma yoğunluğu incelendiğinde vermikompostlu ortamda yetiştirilen bitkilerde sayının daha yüksek (148.83 adet mm^{-2}) olduğu görülmüştür. Uygulanan tuz dozlarında ise en yüksek değer 161.28 adet mm^{-2} ile T_0 uygulamasından, en düşük değer ise 131.69 adet mm^{-2} ile T_2 uygulamalarından elde edildiği ve kontrol dışındaki diğer tuz uygulamaları ile aralarında istatistiksel farklılığın olmadığı dikkat çekmektedir.

Epidermal hücre sayısı ile stoma yoğunluğunun korelasyon içerisinde olduğu, epidermal hücre sayısının en yüksek değerinin O_2 'de 769.63 adet mm^{-2} ve bunu O_1 'in 631.32 adet mm^{-2} ile takip ettiği, tuz dozu uygulamalarında ise en yüksek değer (732.46 adet mm^{-2}) kontrol uygulamalarından elde edildiği, en düşük değer ise (656.11 adet mm^{-2}) T_2 uygulamalarından elde edildiği Çizelge 2' de görülmektedir. Ayrıca söz konusu parametre ile ilgili olarak kontrol dışındaki diğer tuz dozlarından elde edilen değerler aynı Duncan grubu içerisinde yer almıştır.

Stoma indeksi üzerine, istatistiksel olarak ortam %5, ortam \times tuz dozu interaksyonu %1 düzeyinde önemli iken tuz dozunun önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada ortam uygulamaları bakımından en yüksek stoma indeksi oranının % 17.06 ile O_1 ortamında olduğu belirlenmiştir. En yüksek stoma indeksi oranı (% 17.59) $T_0 \times O_2$ kombinasyonundan elde edilmiştir.

Çizelge 2. *C. officinalis* bitkisindeki anatomik ölçümler.

Uygulamalar		Özellikler				
Tuz Dozları	Ortamlar	Stoma eni(μm)	Stoma boyu(μm)	Stoma yoğunluğu (adet mm^{-2})	Epidermal hücre sayısı (adet mm^{-2})	Stoma indeksi (%)
T_0	O_1	22.33b	27.05cd	88.40d	468.35e	15.87ab
	O_2	26.91a	36.60a	234.17a	1096.56a	17.59a
T_0 Ortalama		24.62A	31.82A	161.28A	732.46A	16.71
T_1	O_1	18.02cd	24.70de	120.25cd	544.30de	18.09a
	O_2	21.15b	31.33b	143.95bc	855.40b	14.40b
T_1 Ortalama		19.59B	28.02B	132.10B	699.85B	16.24
T_2	O_1	17.32d	24.00de	145.56bc	708.85c	17.03a
	O_2	19.19c	29.64c	117.82cd	603.37d	16.33a
T_2 Ortalama		18.25B	26.82B	131.69B	656.11B	16.59
T_3	O_1	10.98e	22.78e	167.70b	803.79b	17.26a
	O_2	17.52d	25.77d	99.38d	523.20e	15.96ab
T_3 Ortalama		14.25C	24.27C	133.54B	663.49B	16.61
O Ortalaması	O_1	17.16B	24.63B	130.48B	631.32B	17.06A
	O_2	21.19A	30.84A	148.83A	769.63A	16.02B
VK (%)		5.97	3.57	10.48	5.87	7.10
T		**	**	**	**	öd
O		**	**	**	**	*
T \times O		*	**	**	**	**

T: Tuz, O: ortam, T \times O: Tuz ve ortam interaksyonu, O_1 : Tarla toprağı, O_2 : %30 vermikompost ilaveli tarla toprağı, T_0 : Kontrol (0 NaCl), T_1 : 50 mM NaCl, T_2 : 100 mM NaCl, T_3 : 150 mM NaCl, öd: Önemli değil.

* $P < 0.05$ düzeyinde, ** $P < 0.01$ düzeyinde önemli.

Araştırmalar solucan gübresinin biyolojik aktiviteyi kalıcı olarak artırdığını ve zararlanmaları azalttığını ortaya koymuştur (Atiyeh ve ark., 2000). *C. officinalis* bitkisinde vermikompostun gelişim ve çiçeklenme üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada %10, %20, %30, %40, %50 ve %60 oranlarında toprağı vermikompost karıştırılmış ve gelişim parametrelerinde en iyi sonucun %30'luk orandaki ortamda olduğu belirtilmiştir (Sardoei, 2014). Yürütülen çalışmada %30'luk vermikompostlu ortam kullanılmış olup incelenen parametrelerde O_1 'den daha etkili olduğu görülmüştür.

Birçok araştırmacı çilek (Tekin ve Çavuşoğlu, 2018), nohut (Aydoğan ve ark., 2014), ıspanak (Dadali ve ark., 2007) ve patlıcan (Taşova, 2018) gibi farklı bitkilerde uygulamalar arasındaki renk değişimlerini L*, a*, b* Chroma ve Hue açısı değeri cinsinden belirtmiştir. Çağındı ve Ötleş (2008), ıhlamur, siyah çay, adaçayı, kuşburnu, kekik, ısırgan, papatya, yeşil çay, nane ve biberiye bitkilerinin farklı demlenme sürelerindeki L*, a*, b* renk değişimlerini incelemiş ve renk değerleri ile toplam antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde miktarı arasında korelasyon olduğunu saptamıştır. Nohut yaprağında renk parametrelerinden olan L* değerinin 32.29 ile 35.57, a* değerinin -4.11 ile -3.46 ve b* değerinin 5.07 ile 6.31 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Aydoğan ve ark., 2014). Patlıcanda L* değerinin 72.92, a* değerinin -0.68, b* değerinin 13.49, Chroma değerinin 13.51 ve Hue açısı değerinin -87.04 olduğunu belirlemiştir (Taşova, 2018). Yürütülen çalışmada yeşil renge sahip olan *C. officinalis* yapraklarının tuz uygulamalarından kaynaklı renk parametrelerinde değişimin olmadığı fakat ortam uygulamalarında rengin ismini belirleyen değer olan Hue açısı değerinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür.

C. officinalis bitkisinde farklı konsantrasyonlarda tuz uygulaması yapılmış ve artan tuz stresine paralel olarak yaprak alanının 700, 500 ve 300 cm² g⁻¹ olarak azalış gösterdiği bildirilmiştir (Bayat ve ark., 2012). Vermikompost uygulamaların biber, domates, çilek (Arancon ve ark., 2003), ıspanak (Toksoy, 2019) ve pazı (Altay ve ark., 2017) bitkilerinde yaprak alanını artırma üzerinde etkili olduğu ortaya konmuştur. Yüksek ve ark. (2020), Küba kekiği (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng) bitkisinde katı ve sıvı formdaki solucan gübresinin yaprak alanında artış sağladığını, 450 cc'lik saksılarda 10 gr katı vermikompost içeren uygulamalarda en yüksek değere ulaşıldığını bildirmiştir. Çalışmamızda tuz konsantrasyonlarına paralel olarak yaprak alanlarının azaldığı fakat vermikompostlu ortamlarda yetiştirilen bitkilerde yaprak alanının daha yüksek olduğu ve ilgili literatür ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Sardoei, (2014), yaptığı çalışmada en yüksek klorofil miktarının %30 vermikompost içeren ortamda olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda vermikompostlu ortamda klorofil miktarının daha yüksek olduğu fakat bu farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Artan tuz dozlarının klorofil miktarında düşümlere neden olduğu bilinmektedir. Farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirilen *C. officinalis* bitkisinde klorofil değerinin ortalama 37.30 ve 38.26 SPAD değerine sahip olduğu ve en yüksek değerin kontrol grubundan elde edildiği belirtilmiştir (Swaefy ve ark., 2020). Çalışma sonucundan elde edilen verilere göre; tuz dozlarındaki artışın klorofil miktarında azalışlara neden olmadığı görülmüştür. Bu durumun Chaparzadeh ve ark., (2004)'nin belirttiği gibi *C. officinalis*'in tuza dayanıklı bir tür olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

C. officinalis'de genel olarak stomalar yaprak yüzeyinin her iki tarafında (amfistomatoz) eşit yoğunlukta bulunmaktadır. Bu yoğunluğun stres altında çoğunlukla artış gösterdiği bildirilmiştir (Nazdar ve ark., 2019). İki farklı *C. officinalis* varyetesinde yapılan çalışmada "Candyman" varyetesinin stoma yoğunluğunun 192.31 adet mm⁻² olduğu ve artan sıcaklık stresinde bu oranın 118.59 adet mm⁻²'ye kadar düştüğü, Indian Prince varyetesinde ise yoğunluğun 230.77 adet mm⁻² artan strete bu sayının 160.26 adet mm⁻²'ye kadar gerilediği bildirilmiştir (Nazdar ve ark., 2019). Tuz stresi altında yetiştirilen *C. officinalis* bitkisinin stoma ve epidermal hücre yoğunluğunun O₁ ve O₂ ortamlarında tutarsız sonuçlar verdiği görülmüştür. Artan tuz stresine bağlı olarak O₁ ortamında stoma ve epidermal hücre yoğunluğunun artış gösterdiği fakat O₂ ortamında ise azalış gösterdiği görülmüştür. Bu durumdan kullanılan vermikompostlu ortamın olumlu etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu hususta araştırmacıların bir kısmı strese bağlı olarak stoma yoğunluğunun ve epidermal hücre sayısının artış gösterdiğini bildirirken (Xu ve ark., 2009; Zhang, ve ark., 2010; Gan ve ark., 2010; Sarker ve Hara,

2011) diğer bir kısmı tersi bir durumun söz konusu olduğunu belirtmiştir (Ferris ve ark., 1996; Bañon Fernandez ve ark., 2004; Mehri ve ark., 2009; Ozyigit ve Akinci, 2009; Nazdar ve ark., 2019). Bu durumun farklı tür, stres yoğunluğu, fizyolojik olaylar ve ortam şartları gibi nedenlerden kaynaklanabileceği vurgulanmıştır (Mısırlı ve Aksoy, 1994; Çınar ve ark., 2016; Şelem ve ark., 2020). Elde edilen veriler ışığında vermikompostlu ortamın stoma ve epidermal hücre yoğunluğunda strese karşı etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Su stresinin bitkide anatomik değişimlere neden olduğu ve stomaların bu durumdan etkilendiği kaydedilmiştir (Haworth ve ark., 2018). Su stresi altında yetiştirilen türlerin stoma boyutlarında değişimlerin olduğu araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Yang ve Wang, 2001; Zhang ve ark., 2004; Haworth ve ark., 2018). Mirzaie ve ark. (2020), *Cymbopogon citratus* L. bitkisinde stoma eni ve boyunun artan su stresine paralel olarak azalış gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışmamıza benzer şekilde Xu ve Zhou, (2008)'da stresin artmasının stoma boyutlarını olumsuz yönde etkileyerek küçülmelerine sebep olduğunu bildirmiştir. Ansari, (2020), *C.officinalis* bitkisinde stoma enininin 20.5 µm ve boyunun 29.5 µm olduğunu ve stresin artan dozlarında azalış gösterdiğini ortaya koymuştur. Kastori ve ark. (2008)'da *Helianthus annuus* bitkisinde de benzer sonuçlar elde etmiştir. En yüksek stoma indeksinin kontrol grubunda elde edildiği çalışmamız Sarker ve Hara (2011)'nin patlıcan bitkisinde, Çınar ve ark. (2016)'nın yer fıstığında elde ettiği sonuçlar ile paralellik göstermektedir.

SONUÇ

C. officinalis'in Güney Avrupa'ya özgü bir tür olmasına karşın Kuzey Avrupa, Kuzey Afrika, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nin birçok ılıman bölgesinde doğallaşmıştır. Türkiye de ise kültür formu olduğu ve doğal olarak yetiştiği bilinmektedir. Önemli tıbbi bitkilerden olan tür farmakoloji ve süs bitkileri sektöründe yaygın olarak kullanılmakta ve ticari üretimine yönelik çalışmalar yürütülmektedir.

Yapılan çalışmada tuz stresi altında yetiştirilen *C. officinalis*'in vermikompostlu ortamda daha iyi gelişim gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen parametreler açısından artan tuz dozlarına bağlı olarak stoma ölçümlerinde farklılıkların olduğu fakat renk değerleri açısından değişimin olmadığı belirlenmiştir. Yaprak alanının vermikompostlu ortamda daha yüksek olduğu fakat artan tuz dozlarına paralel olarak azalış gösterdiği ve en yüksek alanın kontrol gruplarında olduğu görülmüştür. Tuzluluk sorununun artış gösterdiği alanlarda vermikompost ile iyileştirilmiş tarım arazilerinde yetiştirilebileceği ve tuz stresine orta düzeyde toleranslı bir tür olduğu sonucuna varılmıştır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması olmadığı beyan olunur.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Alef K, Nannipleri P (1995) Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press.
- Allu AD, Soja AM, Wu A, Szymanski J, Balazadeh S, 2014. Salt Stress and Senescence: İdentification of Cross-Talk Regulatory Components. Journal of Experimental Botany. 65, 3993-4008.
- Altay H, Aksu G, & Köksal SB, 2017. Vermikompostun Bazı Toprak Özellikleri ve Pazı Bitkisinde Verim Üzerine Etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2), 123-128.
- Ansari BK, 2020. Çinko (Zn⁺²) Toksikitesi Koşullarında Aynısefa (*Calendula Officinalis*) Bitkisinin Morfolojik ve Fizyolojik Değişimlerinin Ve Fitoremediasyon Potansiyelinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Anonim, 2021. <https://leventkirca.com.tr/hue-acisi-nedir-excelde-hue-acisi-nasil-hesaplanır#:~:text=Hue%20de%20C4%9Feri%200%20ise%20renk,ise%20ye%20C5%9Fil%2C%20370%20is>

- e%20mavidir.&text=Renk%20uzay% C4%B1nda%20yer%20alan%20noktan% C4%B1n,artt% C4%B1k% C3%A7a%20genel%20olarak%20renk%20parlakla% C5%9F% C4%B1r. (Erişim tarihi: 19.03.2021).
- Apel K, Hirt H, 2004: Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. *Annu. Rev. Plant Biology*. 55, 373-399.
- Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Metzger JD, Lee S, Welch C, 2003. Effects of Vermicomposts on Growth and Marketable Fruits of Field-Grown Tomatoes, Peppers and Strawberries. *Pedobiologia* 47: 731-735.
- Atiyeh RM, Subler, S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD, and Shuster W, 2000. *Pedo Biologia*, 44: 579- 590.
- Aydoğan A, Gürbüz A, Kaplan Evlice A, Karaca K, 2014. Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinde Yaprak ve Un Rengi ile Bazı Karakterler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20 (2), 17-23.
- Bañon Fernandez JA, Franco JA, Torrecillas A, Alarcón JJ, & Sánchez-Blanco MJ, 2004. Effects of Water Stress and Night Temperature Preconditioning on Water Relations and Morphological and Anatomical Changes of *Lotus Creticus* Plants. *Scientia Horticulturae*, 101, 333–342.
- Bayat H, Alirezaie M, & Neamati H, 2012. Impact of Exogenous Salicylic Acid on Growth and Ornamental Characteristics of *Calendula (Calendula Officinalis* L.) under Salinity Stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 8(1).
- Benazzouk S, Dobrev PI, Djazouli ZE, Motyka V, & Lutts S, 2020. Positive İmpact of Vermicompost Leachate on Salt Stress Resistance in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) at the Seedling Stage: A Phytohormonal Approach. *Plant and Soil*, 446(1), 145-162.
- Bellitürk, K, 2016. Sürdürülebilir Tarımsal Üretimde Katı Atık Yönetimi İçin Vermikompost Teknolojisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 1-5.
- Chaparzadeh N, D'Amico ML, Khavari-Nejad R, Izzo R, NavariIzzo F, 2004. Antioxidative Responses of *Calendula officinalis* under Salinity Conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*. 42, 695-701.
- Çağındı, Ö, & Ötleş, S, 2008. Farklı Demleme Sürelerinde Hazırlanan Bitki Çaylarının Antioksidan Aktiviteleri İle Renkleri Arasındaki Korelasyonun Belirlenmesi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; 10, 21-23.
- Çınar N, Aydınşakir K, Dinç N, Büyüктаş D & Işık M, 2016. Yerfıstığında (*Arachis hypogaea* L.) Su Stresinin Stoma Özellikleri Üzerine Etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 29(2).
- Dadali G, Demirhan E & Özbek B, 2007. Color Change Kinetics of Spinach Undergoing Microwave Drying. *Drying Technology*, 25(10), 1713-1723.
- Durand JL, Onillon B, Schnyder H, Rademacher I, 1995. Drought Effects on Cellular And Spatial Parameters of Leaf Growth in Tall Fescue. *Journal of Experimental Botany*. 46, 1147-1155.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F, 1987. Research and Experimental Methods. *Statistical Methods-II*. Ankara University, Agriculture Faculty Press., 1:1021-1295.
- Edwards SE, Costa Rocha I, Williamson EM, Heinrich M, 2015. *Phytopharmacy: An Evidence-Based Guide to Herbal Medicinal Products*. ISBN: 978-1-118-54356-6, 414 pages, Wiley-Blackwell.
- Ferris R, Niju I, Behaeghe T, & Impens I, 1996. Elevated CO₂ and Temperature Have Different Effects on Leaf Anatomy of Perennial Ryegrass in Spring and Summer. *Annals of Botany*, 78, 489–497.
- Gan Y, Zhou L, Shen ZJ, Shen ZX, Zhang YQ, Wang GX, 2010. Stomatal Clustering, A New Marker for Environmental Perception and Adaptation in Terrestrial Plants. *Botanical Studies* 51: 325-336.
- García-Galindo E, Nieto-Garibay A, Troyo-Diéguez E, Lucero-Vega G, Murillo-Amador B, Ruiz-Espinoza FH, & Fraga-Palomino HC, 2021. Germination of *Salicornia bigelovii* (Torr.) Under Shrimp Culture Effluents and the Application of Vermicompost Leachate for Mitigating Salt Stress. *Agronomy*, 11, 424.
- Garg, VK, Gupta, R &Yadav, A, 2010. Vermicomposting Technology for Solid Waste Management. <http://www.environmental-expert.com> Erişim Tarihi: 19.08.2021.
- Gharineh MH, Khoddami HR, Rafieian-Kopaei M, 2013. The İnfluence of Different Levels of Salt Stress on Germination of Marigold (*Calendula officinalis* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5, 1581-1584.

- Haworth M, Marino G, Cosentino SL, Brunetti C, De Carlo A and Centritto M, 2018. Increased Free Abscisic Acid during Drought Enhances Stomatal Sensitivity and Modifies Stomatal Behaviour in Fast Growing Giant Reed (*Arundo donax* L.). *Environmental and Experimental Botany* 147: 116-124.
- Kastori R, Petrovic M, and Petrovic N, 2008. Effect of Excess Lead, Cadmium, Copper, And Zinc on Water Relations in Sunflower. *Journal of Plant Nutrition*, 15:(11): 2427-2439.
- Kıran S, 2019. Vermikompost Uygulamalarının Kuraklık Stresi Altındaki Kıvrıkcık Salatının (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Mineral İçerikleri Üzerine Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22, 133-140.
- Kozminska A, Al Hassan M, Kumar D, Oprica L, Martinelli F, Grigore MN, Boscaiu M, 2017. Characterizing the Effects of Salt Stress in *Calendula officinalis* L. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 90, 323-329.
- Küçükyumuk Z, Gültekin M, Erdal İ, 2014. Vermikompost ve Mikorizanın Biber Bitkisinin Gelişimi ile Mineral Beslenmesi Üzerine Etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 51-58.
- Mehri N, Fotovat R, Saba J, Jabbari F, 2009. Variation of Stomata Dimensions and Densities in Tolerant and Susceptible Wheat Cultivars under Drought Stress. *Journal of Food Agriculture & Environment* 7(1): 167-170.
- Meidner H, & Mansfield TA, 1968. *Physiology of Stomata*. Physiology of stomata. 1968 pp.179 pp. ref.Bibl. 177.
- Mısırlı A, Aksoy U, 1994. A Study on the Leaf and Stomatal Properties of Sarılop Fig Variety. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 31(2-3): 57-63.
- Mirzaie M, Ladanmoghadam AR, Hakimi L, anae E, 2020. Water Stress Modifies Essential Oil Yield and Composition, Glandular Trichomes and Stomatal Features of Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) Inoculated With Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Journal of Agricultural Science and Technology*.
- Muhammad Z, Hussain F, 2010: Vegetative Growth Performance of Five Medicinal Plants under NaCl Stress. *Pakistan Journal of Botany*. 42, 303-316.
- Munns R, Tester M, 2008: Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 9, 651-681.
- Nazdar T, Tehranifar A, Nezami A, Nemati H, & Samiei L, 2019. Physiological and Anatomical Responses of *Calendula* (*Calendula officinalis* L.) Cultivars to Heat-Stress Duration. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 94(3), 400-411.
- Oprica L, Grigore MN, Vochita G, 2015. Impact of Saline Stress on Growth and Biochemical Indices of *Calendula officinalis* Seedlings. *Romanian Biotechnological Letters*. 20, 11001-11017.
- Ozyigit II, Akinci S, 2009. Effects of Some Stress Factors (Aluminum, Cadmium and Drought) on Stomata of Roman Nettle (*Urtica pilulifera* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 37(1): 108-115.
- Sardoei AS, 2014. Vermikompost Effects on the Growth and Flowering of Marigold (*Calendula officinalis*). *European Journal of Experimental Biology*, 4(1):651-655.
- Sarker BC, Hara M, 2011. Effects of Elevated CO₂ and Water Stress on the Adaptation of Stomata and Gas Exchange in Leaves of Eggplants (*Solanum melongena* L.). *Bangladesh Journal of Botany* 40(1): 1-8.
- Sharp RE, Silk WK, Hsiao TC, 1988. Growth of the Maize Primary Root at Low Water Potentials. I. Spatial Distribution of Expansive Growth. *Plant Physiology*. 87, 50-57.
- Swaefy HM, & El-Ziat RA, 2020. *Calendula* Response to Salinity Stress. *New Perspectives in Agriculture and Crop Science* Vol. 3, 978.
- Şelem E, Nohutçu L, Tunçtürk R, & Tunçtürk M, 2020. Geleneksel Otlı Peynirde Kullanılan *Allium* Türleri. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 9(2), 312-326.
- Taşova M, 2018. Düşük ve Yüksek Sıcaklıklarda Kurutulan Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Dilimlerinin Kurutma Kinetiği ve Renk Değerleri Açısından En Uygun Kurutma Sıcaklığının Belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 84-93.
- Tekin O, & Çavuşoğlu, Ş, 2018. The Effects of Different Postharvest Applications on Some Physicochemical Properties in 'Rubygem' and 'Sabrina' Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) Cultivars. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4), 5299-5310.

- Toksoy E, 2019. Ispanakta Vermikompost (Solucan Gübresi) ve Karaizopot (*Porcellio laevis*) Gübresi Uygulamalarının Bitki Gelişimi ve Besin İçerikleri Üzerine Etkisi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi (Basılmamış).
- Torbaghan ME, 2012. Effect of Salt Stress on Germination and Some Growth Parameters of Marigold (*Calendula officinalis* L.). Plant Science - Journal. 1, 7-19.
- Tunçtürk M, Tunçtürk R, Oral E, & Baran İ, 2020. Humik Asitin Baklada (*Vicia faba* L.) Tuz (NaCl) Stresinin Azaltılması Üzerine Etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(3), 2168-2179.
- Xu ZZ, Zhou GS, & Shimizu H, 2009. Effects of Soil Drought with Nocturnal Warming on Leaf Stomatal Traits and Mesophyll Cell Ultrastructure of a Perennial Grass. Crop Science, 49, 1843–1851.
- Xu Z and Zhou G, 2008. Responses of Leaf Stomatal Density to Water Status and Its Relationship with Photosynthesis in a Grass. Journal of Experimental Botany. 59(12): 3317-3325. 44.
- Yang H and Wang G, 2001. Leaf Stomatal Densities and Distribution in *Triticum aestivum* under Drought and CO₂ Enrichment. Acta Ecologica Sinica., 25(3): 312-316.
- Yukseker, T., Oğuztürk, T. Çorbacı, Ö. L. (2020). The Effect of Worm Fertilizer and Peat Applications on the Development of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Plant in Different Pot Environment. Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences , 5 (4) , 743-749 .
- Zhang LR, Niu HS, Wang SP, Li YN, & Zhao XQ, 2010. Effects of Temperature Increase and Grazing on Stomatal Density and Length of Four Alpine Kobresia Meadow Species, Qinghai-Tibetan Plateau. Acta Ecologica Sinica, 30, 6961–6969.
- Zhang H, Wang X and Wang S, 2004. A Study on Stomatal traits of *Platanus acerifolia* under Urban Stress. Journal of Fudan University (Natural Science), 43(4): 651-656.