



Alınış tarihi(Received): 12.03.2021
Kabul tarihi (Accepted): 01.12.2021

Kuraklık Stresi Altında İndol Asetik Asitin Şeker Pancarına (*Beta vulgaris L.*) Etkisi

Gizem AKSU^{1,*} Hamit ALTAY¹

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale, Türkiye

*Sorumlu yazar: gizemaksu@comu.edu.tr

ÖZET: Kuraklık, dünya çapında tarımsal verimliliği etkileyen önemli bir çevresel strestir. Bu çalışmada indol asetik asit uygulamasının kuraklık stresi altında şeker pancarı üzerine etkisi incelenmiştir. Denemede sulama seviyeleri tarla kapasitesinin % 33, % 66 ve % 100 seviyesinde tutulmuştur. Bitkilere indol asetik asitin 4 farklı dozu (0,5,10,20 µM) uygulanmıştır. Bitkiler iklim odasında Hoagland besin solüsyonuyla yetiştirilmiştir. Denemenin sonunda yaprak boyu, yaprak eni, yaprak oransal su içeriği, membran zararlanması ve malondialdehit (MDA) içeriği belirlenmiştir. Denemeden elde edilen sonuçlara göre, kuraklık yaprak boyu, yaprak eni ve yaprak oransal su içeriğini azaltırken, membran zararlanması ve malondialdehit (MDA) içeriğini arttırmıştır. Kuraklık stresi altında uygulanan indol asetik asit ise bu olumsuz etkileri hafifletmiştir. Şeker pancarında kuraklık stresinin vejetatif kısımlardaki olumsuz etkisinin azaltılmasında indol asetik asit uygulamasının kritik bir rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İndol asetik asit, kuraklık, potasyum, şeker pancarı

The Effect of Indole Acetic Acid on Sugar Beet (*Beta vulgaris L.*) under Drought Stress

ABSTRACT: Drought is a major environmental stress affecting agricultural productivity around the world. In this research, the effect of indole acetic acid applications under drought stress on some sugar beet was investigated. In the experiment, irrigation levels were kept at 33%, 66% and 100% of field capacity. Four different doses (0,5,10,20 µM) of indole acetic acid were applied to the plants. The plants were grown with Hoagland nutrient solution in the growth chamber. At the end of the experiment, leaf length, leaf width, leaf proportional water content, membrane damage and malondialdehyde (MDA) content were determined. According to the results obtained from the experiment, drought decreased leaf length, leaf width and leaf proportional water content, while membrane damage and malondialdehyde (MDA) content increased. Indole acetic acid applied to plants under drought stress alleviated these negative effects. It is thought that indole acetic acid application may play a critical role in reducing the negative effects of drought stress on vegetative parts of sugar beet.

Keywords: Drought, indole acetic acid, potassium, sugar beet

1. Giriş

Artan nüfusa paralel olarak artan gıda ihtiyacıyla birlikte tarımsal üretimi arttırmak, tarım alanlarının sınırlı olması sebebiyle, birim alandan daha fazla ürün almayı gerektirmektedir. Bitki gelişimini engelleyen ve verimi düşüren stres, abiyotik stres (kuraklık, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklıklar, ağır metaller, radyasyon gibi) ve biyotik stres (hastalık oluşturan etmenler ve zararlılar) olarak ikiye ayrılmaktadır (Larcher 2003). Dünyadaki tarım

alanlarının %10'u strese maruz kalmazken % 90'lık alanın % 26'sı kuraklık stresine, % 20'si tuz stresine, % 15'i soğuk ve don stresine, % 29'u ise diğer streslerden etkilenmektedir (Dudal 1976; Blum 1985; Ashraf 1994). Dünyadaki tarım alanlarının % 45'i sürekli kuraklığa maruz kalmaktadır (Ashraf ve Foolad 2007). Küresel ısınmayla birlikte kullanılabilir su azalmış, tarımsal üretimi kısıtlayan en önemli faktör kuraklık olmuştur (Gong ve ark. 2005; Martinez ve ark. 2007; Sankar ve ark. 2008). Kuraklık stresi bitkisel üretimde % 50 veya daha fazla ürün kaybına neden olmaktadır (Jenks ve Hasegawa 2005).

Bitkiler morfolojik ve fizyolojik yollarla kuraklık stresine farklı yanıtlar vermektedirler. Bitkinin daha küçük olması, daha erken olgunlaşması, kök gelişiminin artması veya azalması, yaprak sayısının ve alanının azalması, yaprak kenarlarının kıvrılması (Terzi ve Kadioğlu 2006; Cattivelli ve ark. 2008; Jaleel ve ark. 2009) meydana gelen değişimlerdir. Oksidatif hasarın bir göstergesi olan, malondialdehid (MDA) içeriği kuraklık stresi sonucu oluşan reaktif oksijen türlerinin artmasıyla artmaktadır (Møller ve ark. 2007). Yapılan araştırmalar yaprakların oransal su içeriğinin ve su potansiyelinin azalmasına bağlı olarak fotosentezinde olumsuz etkilendiğini göstermiştir (Lawlor ve Cornic 2002).

Bitki büyüme düzenleyicileri bitkide doğal olarak sentezlenen çok az miktarlarda bile etkisini gösterebilen organik moleküllerdir. Sentezledikleri yerden bitkinin diğer kısımlarına taşınabilmekte ve taşındığı yerde fizyolojik olayları kontrol edebilmektedirler (Öktüren ve Sönmez 2005). Bitkide fizyolojik süreçleri kontrol eden ve düzenleyen organik maddelere oksin denilmektedir. Oksinler stresin meydana getirdiği zararları iyileştirirler ve stresle baş etmede hayati öneme sahiptirler (Choudhary ve ark. 2010). Önceki çalışmalarda bitki büyüme düzenleyicilerinin stres altındaki bitkilerde; antioksidan enzim aktivitelerinin artırılmasında ve hücre zarlarının onarılmasında etkili olarak stresin zararlarını hafifletebildiği vurgulanmıştır (Kovacic ve ark. 2009; Belkhadi ve ark. 2010; Bashmakov ve ark. 2012). Doğal yollarla oluşan ve bitkideki fonksiyonları en iyi bilinen ve en fazla miktarda bulunan oksin indol asetik asittir (İAA) (Wang ve ark. 2007). İndol asetik asit strese karşı bitkinin daha dayanıklı olmasını sağlamakta, bitki büyüme ve gelişmesini teşvik etmektedir (Yang ve ark. 2011).

Dünyada üretilen şekerin % 77'si şeker kamışından, % 23'ü ise şeker pancarından üretilmektedir (Anonim 2018). Almanya ve Fransa'dan sonra Türkiye Avrupa'da, şeker pancarı ekimi ve üretiminde 3. sırada yer almaktadır. Ülkemizde nüfusun yaklaşık % 4,5'i şeker pancarı üretiminde çalışmaktadır (Er ve Uranbey 1998). Şeker pancarı üretiminin % 70'i, kara iklimine sahip bölgelerde yapılmaktadır ve üretimde sulamaya ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın amacı ülke ekonomisi için önemli, kara ikliminde yetiştirilen ve sulamaya ihtiyacı olan şeker pancarı bitkisinin indol asetik asit uygulamalarıyla kuraklık altında zarar görmesini engellemek verim düşüşünü azaltmaktır.

2. Materyal ve Metot

Bitki yetiştirme

Denemede pH değeri 8.2 ve elektriksel iletkenliği 75 $\mu\text{M cm}^{-1}$ olan yıkanmış kum kullanılmıştır Kumlar 25X50 cm yüksekliğinde plastik fidan üretim poşetlerine doldurulmuştur. Kumların içine nem seviyesini kontrol edebilmek için rezistif toprak nem

senörleri yerleştirilmiştir. Nem sensörleri Arduino geliştirici kart kullanılarak tasarlanan bir cihaz ile kalibre edilmiş ve sulamalar bu cihazdan alınan veriler doğrultusunda yapılmıştır (Kızıl ve ark. 2018). Saksılara ekilen fideler [Serenada şeker pancarı çeşitleri (*Beta vulgaris* L.)], kontrollü koşullarda (gündüz / gece 16/8 saat, 25/15 0C,% 60-70 nem) bir iklim odasında yetiştirilmiştir. İndol asetik asit 10–20–40–80 µM dozlarında uygulanırken sulama seviyesi tarla kapasitesinin %33, %66 ve %100 seviyesinde tutulmuştur. Bitkiler Hoagland Besin solüsyonuyla üç tekerrürlü yetiştirilmiştir. Hasat işleminden sonra aşağıdaki özelliklere bakılmıştır.

Yaprak boyu (cm): Olgunlaşmasını henüz tamamlamış genç yapraklarda yaprağın sapa bağlandığı noktadan başlayarak yaprak ucuna kadar ölçülerek bulunmuştur.

Yaprak eni (cm): Olgunlaşmasını henüz tamamlamış genç yapraklarda bir kenar ucundan diğerine ölçülerek belirlenmiştir.

Yaprak oransal su içeriği (%):

Yapraklardan alınan kesitlerin yaş ağırlığı belirlenmiş, saf suda 4 saat bekletildikten sonra turgor ağırlıkları belirlenmiş, 65 °C’de 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiş ve yaprak oransal su içeriği aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Barr ve Weatherley 1962; Sairam ve ark. 2002).

$$YOSİ = [(YA - KA) / (TA - KA)] \times 100$$

YA: Yaş ağırlık, KA: Kuru ağırlık, TA: Turgid durumundaki ağırlık

Membran zararlanması (%):

Bitki kesitleri saf su içerisinde 5 saat bekletilmiş elektriksel iletkenlik ölçülmüştür (C1), aynı kesitler 100°C’de 10 dakika bekletildikten sonra elektriksel iletkenlik yeniden ölçülmüştür (C2). Membran zararlanması aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Dlugokecka ve Kacperska- Palacz 1978)

$$\text{Membran zararlanması (\%)} = (C1 / C2) \times 100$$

Malondialdehit (MDA) miktarı (Lipid peroksidasyon):

Yapraklardan alınan 0,2 g örnek üzerine 5 ml % 0.1’lik trikloro asetik asit (TCA) eklenerek 12500 rpm devirde 20 dakika santrifüj edilmiştir. Üç (3) ml süpernatant alınarak üzerine, içinde % 20 TCA bulunan % 0,1’lik TBA’dan 3 ml ilave edilmiştir. Karışım 95°C’de 30 dakika inkübe edilmiş ve buz banyosuna konulmuştur. Örnekler spektrofotometrede 532 ve 600 nm dalga boyunda okunmuştur (Lutts ve ark. 1996).

Denemeden elde edilen verilerin varyans analizleri (ANOVA), genelleştirilmiş lineer model (GLM) kullanılarak istatistik paket programıyla yapılmıştır. Varyans analizinde aşağıdaki matematiksel model kullanılmıştır:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + S_j + GS_{ij} + M_k + e_{ijk}$$

Burada: Y_{ijk} : gözlenen değer, μ : populasyon ortalaması, G_i : indol asetik asit etkisi ($i=1, 2, 3, 4$), S_j : kuraklığın etkisi j ($j=1, 2$), GS_{ij} indol asetik asit x kuraklık etkisi, M_k : tekerrürün etkisi k ($k = 1, 2, 3, 4$), e_{ijk} : tesadüfi hata terimi’ dir.

3. Bulgular ve Tartışma

Yaprak Boyu (cm) ve Yaprak Eni (cm)

Bitki örneklerinden elde edilen yaprak boyu ve yaprak enine ait veriler Çizelge 1’de verilmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlara göre yaprak boyu yapılan indol asetik asitle istatistiksel olarak değişmiş bunun dışında yaprak eni ve yaprak boyu açısından; sulama seviyesi ve indol asetik asit uygulamaları arasında sayısal fark olmasına rağmen istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 1. Yaprak Boyu (cm) ve Yaprak Eni (cm)

Table 1. Leaf Length (cm) and Leaf Width (cm)

Sulama	Yaprak Boyu					Yaprak Eni				
	0 μ M IAA	5 μ M IAA	10 μ M IAA	20 μ M IAA	Ort.	0 μ M IAA	5 μ M IAA	10 μ M IAA	20 μ M IAA	Ort.
% 33	9,33	9,00	9,75	10,88	9,74	5,28	5,50	5,73	5,53	5,51
% 66	8,58	9,83	10,20	11,87	10,12	4,33	5,75	5,95	6,42	5,61
% 100	9,58	9,33	10,18	12,43	10,38	5,58	5,75	6,05	6,95	6,08
Ort.	9,17B	9,39B	10,04AB	11,73A		5,07	5,67	5,91	6,30	

Kuraklık stresinin bitki boyu, biyokütle ve diğer büyüme fonksiyonlarına yansıyan büyüme azalmasına yol açtığı daha önceki çalışmalarla ortaya konmuştur (Kriedemann ve Barrs 1981). Farklı sulama seviyelerinden etkilenen vejetatif gelişim parametrelerinin (yaprak boyu ve yaprak eni) sonuçları Çizelge 1’de sunulmuştur. Kuraklık stresi, bitkisel üretimi olumsuz yönde etkilemekte, yaprak eni ve yaprak boyu, sulama seviyelerinin azalmasıyla azalmaktadır. Yapılan indol asetik asit uygulamalarına paralel olarak yaprak boyu artmıştır (Çizelge1). En yüksek yaprak boyu (12,43 cm) 20 μ M indol asetik asit uygulaması yapılan ve tam sulanan bitkilerde elde edilirken en düşük yaprak boyu (8,58 cm) 0 μ M indol asetik asit ve %66 sulama yapılan bitkilerde elde edilmiştir. Yaprak eninde de yaprak boyuna benzer sonuçlar elde edilmiş yapılan indol asetik asit uygulamaları meydana gelen kayıpları hafifletmiş büyümeyi teşvik etmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara paralel olarak arpa bitkisinde su eksikliği koşullarında farklı indol asetik asit dozlarının etkilerinin araştırıldığı çalışmada bitki boyu, fotosentez oranı, transpirasyon oranı, stomal iletkenlik, su kullanım etkinliği, bağıl su içeriği, kuru madde ve tane verimi su stresine azalmış yapılan indol asetik asit uygulamaları su stresinin olumsuz etkilerini hafifletmiş, bitki gelişimi ve verimini arttırmıştır (Ashraf ve ark. 2006). Yine benzer olarak soya fasulyesinde yapılan çalışmada su stresi altında uygulanan indol asetik asit uygulaması oransal su içeriğini, klorofili, kuru maddeyi, kökteki çözünebilir şekeri ve çözünebilir proteinleri arttırmıştır (Gadallah 2000).

Yaprak Oransal Su İçeriği (%) ve Hücre Membran Zararlanması (%)

Bitki örneklerinden elde edilen yaprak oransal su içeriği ve hücre membran zararlanmasına ait veriler Çizelge 2’de verilmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlara göre, indol asetik asit ve sulama interaksyonu yaprak oransal su içeriğini istatistiksel olarak değiştirmiştir. Yaprak oransal su içeriği ve hücre membran zararlanması açısından sulama seviyesi ve indol asetik asit uygulamaları arasında sayısal fark olmasına rağmen istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 2. Yaprak Oransal Su İçeriği (%) ve Hücre Membran Zararlanması (%)
 Table 2. Leaf Proportional Water Content (%) and Cell Membrane Damage (%)

Sulama	Yaprak Oransal Su İçeriği					Hücre Membran Zararlanması				
	0 μ M IAA	5 μ M IAA	10 μ M IAA	20 μ M IAA	Ort.	0 μ M IAA	5 μ M IAA	10 μ M IAA	20 μ M IAA	Ort.
% 33	86,26ab	83,50ab	87,93ab	79,70b	84,35	22,34	20,98	17,99	17,71	19,75
% 66	86,08ab	90,03ab	86,26ab	89,42ab	87,95	16,15	20,81	21,18	12,16	17,58
% 100	89,15ab	88,58ab	80,88ab	92,95a	87,89	16,53	19,94	20,42	13,34	17,56
Ort.	87,16	87,37	85,03	87,36		18,34	20,58	19,86	14,40	

Yaprakların oransal su içeriğinin belirlenmesi, hücrel su açığının fizyolojik sonuçları için bitki su durumunun en uygun şekilde ölçülmesini sağlayabilmektedir. Oransal su içeriği, optimum fizyolojik işleyiş ve büyüme süreçleri için çok önemli olan hücre ve doku hidrasyon derecesinin önemli bir göstergesidir (Silva ve ark. 2007). Yaprak oransal su içeriği stresli bitkilerde normal şartlar altında yetişen bitkilerden daha düşüktür ve su stresinin bağıl su içeriğini olumsuz etkilediği açıktır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre sulama miktarı azaldıkça yaprak oransal su içeriği azalmıştır (Çizelge 2). Sonuçlarımıza paralel olarak daha önce yapılan çalışmalarda kuraklık stresinin sorgum, hardal ve yerfıstığı, şeker pancarı bitkilerinde yaprak oransal su içeriğinde azalmaya neden olduğu ortaya konulmuştur (Molnar ve ark. 2002; Asgharipour ve Heidari 2011; Aksu ve Altay 2020). Yaprak oransal su içeriği artan indol asetik asit uygulamasıyla 10 μ M dozu hariç değişim göstermemiştir (Çizelge 2). Stres koşulları altında bitki hücrelerinde gerçekleşen hücre zararlanması hücre içi ve dışındaki ozmotik dengesizliğe bağlıdır ve stresin bir göstergesidir (Munns 2002; Ghoulam ve ark. 2002). Artan çalışmalar, bitki kuraklık toleransı için kuraklık stresi altında membran bütünlüğünün ve stabilitenin korunmasının gerekli olduğunu göstermektedir (Bajji ve ark. 2002). Wang ve Huang (2004) yaptıkları çalışmayla kuraklık stresi altında hücre zarı stabilitesinin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Aksu ve Altay (2020) şeker pancarında kuraklık stresiyle ilgili yaptıkları çalışmada kuraklık stresinin membran zararını arttırdığını söylemişlerdir. Çizelge 2 incelendiğinde bu çalışmaya paralel olarak kuraklık stresinin membran zararını arttırdığı görülmektedir. Membran zararı göz önünde bulundurulduğunda sulamanın % 33 seviyesinde tutulduğu bitkilerde indol asetik asit dozunun artışına paralel olarak membran zararlanması sırasıyla %22,34, %20,98, %17,99 ve %17,71 olarak değişmiş ve azalma göstermiştir. Yapılan indol asetik asit uygulamaları meydana gelen hücre membran zararlanmasını hafifletmiş bitkinin kuraklıktan daha az etkilenmesini sağlamıştır (Çizelge 2).

Malondialdehit (MDA) miktarı (nmol/g)

Bitki örneklerinden elde edilen malondialdehit (MDA) miktarlarına ait veriler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Malondialdehit (MDA) miktarı
Table 3. The amount of malondialdehyde (MDA)

Malondialdehit (MDA) miktarı					
Sulama	0 μM IAA	5 μM IAA	10 μM IAA	20 μM IAA	Ort.
% 33	1,70	1,71	1,74	1,81	19,75
% 66	1,36	1,47	1,45	1,44	17,58
% 100	1,30	1,41	1,61	1,71	17,56
Ort.	18,34	20,58	19,86	14,40	

Yaprak MDA içeriği, membran lipid peroksidasyonunun bir ürünüdür ve membran geçirgenliği ile yakından ilgilidir (Chen ve Yu 1994). Membran lipid peroksidasyonu membran geçirgenliğini ve hücre hidrolizini artırabilmektedir (Zou ve ark. 2018). Lipidlerin oksidatif hasarı, malondialdehit (MDA) içeriğindeki değişim ölçülerek değerlendirilmektedir. MDA içerikleri, abiyotik stres koşulları altında hücre zarı hasarını tahmin etmek için belirteç olarak kullanılmaktadır (Fayez ve Bazaid 2014; Jungklang ve ark. 2017). Buğdayda ve arpada su stresi düzeyinin artmasıyla membran hasarında (lipid peroksidasyon) artış olduğu bildirilmiştir (Ezzat-Ollah ve ark. 2007; Hameed ve ark. 2011). Elde ettiğimiz sonuçlar bu çalışmalarla paralellik göstermekte, kuraklık seviyesinin artışına bağlı olarak MDA içeriği artmaktadır (Çizelge 3). Malondialdehit (MDA) miktarı sulama miktarı azaldıkça artmış yapılan IAA uygulamaları bu azalmayı hafifletmemiştir. En yüksek malondialdehit (MDA) miktarı (1,815 nmol/g) 20 μ M IAA uygulaması ve %33 sulama yapılan bitkilerde elde edilirken en düşük malondialdehit (MDA) miktarı (1,306 nmol/g) 0 μ M IAA ve %100 sulama yapılan bitkilerde elde edilmiştir.

4. Sonuç

Sulama seviyesinin azalmasıyla yaprak eni ve yaprak boyu azalmıştır. Stres altındaki bitkilere yapılan indol asetik asit uygulamaları bu düşüşü azaltmıştır. Yaprak oransal su içeriği sulama seviyesi azaldıkça azalmış, artan indol asetik asit uygulamaları 10 μ M dozu hariç yaprak oransal su içeriğini değiştirmemiştir. Kuraklık stresi membran zararını arttırmış ancak yapılan indol asetik asit uygulamaları membran geçirgenliği üzerine iyileştirici etki yaparak zararlanmayı hafifletmiştir. Kuraklık seviyesinin artışına bağlı olarak malondialdehit içeriği artmış, yapılan indol asetik asit uygulamaları bu azalmayı hafifletmemiştir. Şeker pancarının kuraklık stresinden daha az etkilenmesini sağlamak için bitkinin vejetatif kısımlarında görülen olumlu etki ve hücre membran zararındaki azalma önemli bulunmuştur. Ancak mevcut uygulama dozlarının ele alınan bitki özelliklerine kuraklık stresine karşı beklenen olumlu katkıyı yeterince sağlamadığı ve bu nedenle gelecek çalışmalarda daha yüksek uygulama dozlarının etkisinin denenmesi önerilmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için FHD-2017-1192 nolu proje ile destek veren Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi BAP birimine verdikleri destekten dolayı teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

- Aksu, G. and Altay, H. 2020. The Effects of Potassium Applications on Drought Stress in Sugar Beet. SugarTech. 1-11. 10.1007/s12355-020-00851-w.
- Asgharipour, M.R. and Heidari, M. 2011. Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum: plant growth and macronutrient content. Pak. J. Agri. Sci. 4893:197–204.
- Ashraf, M. and Foolad, M.A. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. Environ. Exp. Bot. 59:206–216.
- Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci., 13:17–42.
- Ashraf, M.Y., Azhar, N. and Hussain, M. 2006. Indole acetic acid (IAA) induced changes in growth, relative water contents and gas exchange attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under water stress conditions. Plant Growth Regul 50, 85.
- Bajji, M., Kinet, J.M. and Lutts, S. 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. Plant Growth Regul. 36:61–70.
- Barr, H.D. and Weatherley, P.E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Aust. J. Biol.Sci. 15, 413–428.
- Bashmakov, D.I., Pynenkova, N.A., Sazanova, K.A. and Lukatkin, A.S. 2012. Effect of the Synthetic Growth Regulator Cytodef and Heavy Metals on Oxidative Status in Cucumber Plants. Russian Journal of Plant Physiology, 59 (1): 59-64.
- Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. and Djebali, W. 2010. Effects of Exogenous Salicylic Acid Pre-Treatment on Cadmium Toxicity and Leaf Lipid Content in *Linum usitatissimum* L.. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 1004–1011.
- Blum, A. 1986. Breeding crop varieties for stress environments. Crit. Rev. Plant Sci., 2: 199–23.
- Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A. and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. Field Crops Res.;105:1–14.
- Chen, J.J. and Yu, B.P. 1994. Alterations in mitochondrial membrane fluidity by lipid peroxidation products. Free Radical Biology and Medicine 17(5):411–418.
- Choudharya, S.P., Bhardwaj, R., Guptac, B.D., Duttic, P., Guptac, R.K., Biondi, S. and Kanwarb, M. 2010. Epibrassinolide Induces Changes in Indole-3-Acetic Acid, Abscisic Acid and Polyamine Concentrations and Enhances Antioxidant Potential of Radish Seedlings Under Copper Stress. Physiologia Plantarum, 140: 280–296.
- Dlugokecka, E. and Kacperska-palacz, A. 1978. Re-examination of electrical conductivity method for estimation of drought injuries. Biologia Plantarum, 20 (4):262–267.
- Dudal, R. 1976. Inventory of major soils of the world with special reference to mineral stress. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn, Ithaca.
- Er, C. ve Uranbey, S. 1998. Nişasta Şeker Bitkileri ve Islahı. Ankara Üniversitesi Ziraat fakültesi Yayınları.
- Ezzat-Ollah, E., Shakiba, M.R. and Mahboob, S.A. 2007. Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. Int. J. Food Agri. Environ. 5:149-153.
- Fayez, A.K. and Bazaid, A.S. 2014. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 13:45–55.
- Gadallah, M.A.A. 2000. Effects of indole-3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. Journal of Arid Environments 44: 451–467.
- Ghoulam, C., Foursy, A. and Fores, K. 2002. Effects of salt stress on growth inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Exp. Botany. 47: 39–50.
- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S. and Zhang, C. 2005. Silicon Alleviates Oxidative Damage of Wheat Plants in pots under drought. Plant Science 169, 313-321.
- Hameed, A., Bibi, N. Akhter, J. and Iqbal, N. 2011. Differential changes in antioxidants, proteases, and lipid peroxidation in flag leaves of wheat genotypes under different levels of water deficit conditions. Plant Physiol. Biochem. 49:178–185.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram R. and Vam, R.P. 2009. Drought Stress in Plants A Review On morphological characteristics and pigments composition. Int. J. Agric. Biol., 11:100-105.
- Jenks, M.A. and Hasegawa, P.M. 2005. Plant Abiotic Stress. First Press, Blackwell, UK, 270s.

- Jungklang, J., Saengnil, K. and Uthaibutra, J. 2017. Effects of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, electrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alismatifolia* Gagnep cv. Chiang Mai Pink. *Saudi Journal of Biological Sciences* 24:1505–1512.
- Kızıllı, U., Aksu, S. ve Camoğlu G. 2018. Kontrollü ortamda bitkisel yetiştiricilik için arduino uyumlu bir toprak nemi izleme sistemi tasarımı. *Comü Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol.6:131-139.
- Kovacic, J., Gruz, J., Hedbavny, J., Klejdus, B. and Strnad, M. 2009. Cadmium and Nickel Uptake are Differentially Modulated by Salicylic Acid in *Matricaria chamomilla* Plants. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 9848–9855.
- Kriedemann, P.E. and Barrs, H.D. 1981. Citrus orchards. In: Kozłowski TT (ed) *Water deficits and plant growth*. Vol 6, pp 325–417. Academic Press, New York.
- Larcher, W. 2003. *Physiological Plant Ecology*. 4. Baskı, Springer, 513 s.
- Lawlor, D.W., and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment* 25: 275–294.
- Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot.* 78: 389-398.
- Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F. and Pinto, M. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal Agronomy* 26: 30–38.
- Møller, I.M., Jensen, P.E. and Hansson, A. 2007. Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annu Rev Plant Biol.*58:459-81.
- Molnar, I., Gaspar, L., Stehli, L., Dulai, S., Sarvari, E., Kirali, I., Galiba, G. and Molnar-Lang, M. 2002. The effect of drought stress on the photosynthetic processes of wheat and *Aegilops biuncialis* genotypes originating from various habitats. *Acta Biologica Szegediensis* 46 (3–4):115–6.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239–250.
- Öktüren, F. ve Sönmez, S., 2005. Bitki Besin Maddeleri ile Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicileri (Hormonlar) Arasındaki İlişkiler. *Derim*, 22 (2).
- Sairam, R.K. and Srivastava, G.C. 2002. Changes in antioxidant activity in subcellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Science* 162:897–904.
- Sankar, B., Jaleel, C.A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2008. Relative efficacy of water use in five varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. Under water limited conditions. *Biointerfaces*, 62:125–129.
- Silva, M.A., Jifon, J.L., Silva, J.A.G. and Sharma, V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Braz. J. Plant Physiol.*; 19(3):193–201.
- Terzi, R. ve Kadioglu, A. 2006, Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *ctenanthe setosa*. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 48(2):89–96.
- Wang, H., Shan, X., Wen, B., Owens, G., Fang, J. and Zhang, S. 2007. Effect of Indole-3-Acetic Acid on Lead Accumulation in Maize (*Zea Mays* L.) Seedlings and the Relevant Antioxidant Response. *Environmental and Experimental Botany*, 61: 246–253.
- Wang, Z.L. and Huang, B.R. 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. *Crop Sci.* 44:1729–1736.
- Yang, Y., Wang, Q.L., Geng, M.J., Guo, Z.H. and Zhao, Z. 2011. Effect of Indole-3-Acetic Acid on Aluminum-Induced Efflux of Malic Acid from Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Soil*, 346: 215–230.
- Zou, C., Sang, L., Gai, Z., Wang, Y. and Li, C. 2018. Morphological and physiological responses of sugar beet to alkaline stress. *Sugar Tech* 20(2):202–211.