



## The Effect of Indole Acetic Acid on Forage Soybean under Drought Stress<sup>#</sup>

Gizem Aksu<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Canakkale, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>This study was presented at the 6th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Kütahya, TARGID 2022)</i></p> <p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 14.11.2022 Accepted : 23.12.2022</p> <p><b>Keywords:</b> Indole acetic acid Drought stress Forage soybean Phytohormone PEG-6000</p>	<p>Drought is an important environmental stress that limits crop production in the world. Its importance has increased with global warming and it has become one of the most important factors limiting plant production. Soybean is the more source of obtaining and cheaper protein per unit area. Soybean has a widespread use in livestock because it contains valuable amino acids as well as high protein quality. The aim of this research is to diminish negative effect of drought stress in the forage soybean with indole acetic acid application. The experiment was carried out in the growth chamber according to a randomized block design with 4 doses (0-5-10-20 µM IAA) of indole acetic acid, 2 drought levels (0 and -0.5 MPa PEG-6000) and 3 replicate. Leaf length and width, leaf proportional water content, cell membrane damage and malondialdehyde (MDA) content of the plants were determined. The data were evaluated by analysis of variance using a statistical package program. According to the analysis of variance, all parameters were found to be statistically significant in drought x indole acetic acid interaction. Indole acetic acid applied to the forage soybean plant alleviated the damage caused by drought. For this reason, it is thought that it may be important to ensure less damage to plants grown under stress.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(sp1): 2811-2814, 2022

## Kuraklık Stresi Altında İndol Asetik Asidin Yemlik Soya Fasulyesine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 14.11.2022 Kabul : 23.12.2022</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> İndol asetik asit Kuraklık stresi Yemlik soya fasulyesi Fitohormon PEG-6000</p>	<p>Kuraklık, dünyada bitkisel üretimi sınırlayan önemli bir çevresel strestir. Küresel ısınmayla birlikte önemi daha da artmış ve bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden biri olmuştur. Soya birim alandan daha fazla ve daha ucuz protein elde etmenin kaynağıdır. Soya fasulyesi, yüksek protein kalitesinin yanı sıra değerli amino asitler içerdiğinden hayvancılıkta yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu araştırmanın amacı, indol asetik asit uygulamasıyla yemlik soya fasulyesinde kuraklık stresinin olumsuz etkisini azaltmaktır. Deneme, 4 doz (0-5-10-20 µM IAA) indol asetik asit, 2 kuraklık seviyesi (0 ve -0,5 MPa PEG-6000) ve 3 tekrarla tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuş yetiştirme odasında yürütülmüştür. Bitkilerin yaprak boyu ve eni, yaprak oransal su içeriği, hücre membran zararı ve malondialdehit (MDA) içeriği belirlenmiştir. Veriler, istatistiksel paket program kullanılarak varyans analiziyle değerlendirilmiştir. Varyans analizine göre, kuraklık x indol asetik asit interaksyonunda tüm parametreler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yemlik soya bitkisine uygulanan indol asetik asit kuraklığın yarattığı hasarı hafifletmiştir. Bu nedenle stres altında yetiştirilen bitkilerin daha az zarar görmesini sağlamak için önemli olabileceği düşünülmektedir.</p>

<sup>a</sup> [gizemaksu@comu.edu.tr](mailto:gizemaksu@comu.edu.tr)

<http://orcid.org/0000-0003-2014-9454>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Giriş

Dünya nüfusunun hızla artış göstermesi tarımsal üretimi arttırmayı kaçınılmaz kılmakta ve birim alandan daha fazla verim almayı zorunlu hale gerektirmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda bitki verimini olumsuz etkileyen çevresel koşulların zararını en aza indirmek büyük bir öneme sahiptir. Bitkisel üretimde verim kaybına neden olan her faktör stres olarak tanımlanmakta ve dünyadaki tarım alanlarının %90'ı strese maruz kalmaktadır. Strese maruz kalan alanların ise %26'sı kuraklık, %20'si tuz, %15'i soğuk ve don, %29'u ise diğer streslere maruz kalmaktadır (Dudal, 1976; Blum, 1985; Ashraf, 1994). Küresel ısınma nedeniyle dünyada kullanılabilir su miktarının azalmasıyla tarımsal üretimi olumsuz etkileyen en önemli faktör kuraklık haline gelmiştir ve dünyadaki tarım alanlarının %45'i kuraklıkla mücadele etmektedir (Gong ve ark., 2005; Ashraf ve Foolad, 2007; Martinez ve ark., 2007; Sankar ve ark., 2008). Kuraklık nedeniyle oluşan verim kayıpları %50'ye varmaktadır ve bu durum gelişmekte olan ülkelerde sosyo ekonomik sorunlara neden olmaktadır (Jenks ve Hasegawa, 2005). Gelecekte sulanabilir tarım alanlarını arttırma imkanı sınırlı olacağından kuraklığa maruz kalan alanlarda verim kayıplarını azaltmak için alternatif yöntemler aranmaktadır. Bitkilerin büyüme ve gelişmelerini düzenleyen bitkide doğal olarak sentezlenen kimyasallara hormon ya da fitohormon (bitki hormonları) adı verilmektedir. Bitki hormonları stresle baş etmede hayati öneme sahiptirler ve oksinler çeşitli stres faktörlerinin meydana getirdiği zararları iyileştirebilmektedirler (Choudhary ve ark., 2010). Bitki hormonları strese maruz kalan bitkilerin; hücre zarlarını onararak daha az etkilenmelerini sağlamaktadır (Kovacic ve ark., 2009; Belkhadi ve ark., 2010; Bashmakov ve ark., 2012). Bitkideki fonksiyonları en iyi bilinen oksin olan indol asetik asit (İAA) sinyal hormonu olarak görev yapmakta ve stres faktörleri altında bitkiyi daha dayanıklı kılarak büyüme ve gelişmeyi teşvik etmektedir (Yang ve ark., 2011). Anavatani uzak doğu olan soyanın, tarımsal üretimde önemli bir yeri vardır ve birçok kullanım alanına sahiptir. Günümüzde besleme amacıyla kullanılan en önemli birkaç bitkiden biridir. Türkiye'de soya genellikle yem sektöründe kullanılmakta ve ihtiyacın sadece yaklaşık %5'i üretilebilmektedir. Bu nedenle hayvancılığının önemli kalemlerinden olan yem ihtiyacında ciddi sorunlar yaşanmaktadır (Şenol, 2006). Bu çalışmanın amacı yemlik soya bitkisinin yapılacak indol asetik asit uygulamalarıyla kuraklığın yarattığı hasardan daha az etkilenmesini sağlamaktır.

## Materyal ve Yöntem

Deneme kontrollü koşullarda bitki yetiştirme odasında bitkilere Hoagland Besin Solusyonu verilerek yürütülmüştür. Denemede yıkanmış kum ve tescilli yemlik soya fasulyesi tohumu kullanılmıştır. Kuraklık PEG-6000 kullanılarak Michel ve Kaufmann (1973)'in önerdiği şekilde ayarlanmıştır. Deneme; faktöriyel tesadüf blokları deneme deseni göz önünde bulundurularak 4 doz (0-5-10-20 µM) indol asetik asit ve 2 farklı kuraklık durumu (stresli (-0,5 MPa), stressiz (0 MPa)) ile 3tekerrürlü kurulmuştur. Deneme sonlandırıldıktan sonra; cetvel kullanılarak yaprak

boyu ve eni belirlenmiştir. Yaprak oransal su içeriği için alınan kesitler tartılmış (YA), saf suda bekletildikten sonra turgor ağırlığı (TA) için tekrar tartılmış ve son olarak kurutulduktan sonra kuru ağırlık (KA) için yeniden tartılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre  $YOSI = [(YA - KA) / (TA - KA)] \times 100$  formülü ile hesaplanmıştır (Barr ve Weatherley, 1962; Sairam ve ark., 2002). Membran zararlanmasını hesaplamak için yaprak kesitleri saf suda inkübe edilmiş elektriksel iletkenlikleri ölçülmüştür (C1), aynı kesitler 100°C'de 10 dk inkübe edildikten sonra elektriksel iletkenlikleri tekrar ölçülmüş (C2) ve membran zararlanması  $(C1/C2) \times 100$  formülüyle hesaplanmıştır (Dlugokecka ve Kacperska-Palacz, 1978). Malondialdehit (MDA) içeriğini belirlemek için yaprak örneklerinin üzerine %0,1'lik TCA eklenmiş ve 12500 devirde 20 dk santrifüj edilmiştir. Üzerine, içinde %20 TCA bulunan %0,1'lik TBA eklenmiş 95°C'de 30 dk inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda 532 ve 600 nm dalga boyunda okunmuştur (Lutts ve ark. 1996). Elde edilen veriler  $Yijk = \mu + Ci + Nj + CNij + Dk + eijk$  matematiksel modeli kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Yijk: gözlenen değer,  $\mu$ : populasyon ortalaması, Ci: İAA etkisi (i=1, 2, 3, 4), Nj: kuraklık etkisi j (j=1, 2), CNij İAA x kuraklık etkisi, Dk: tekerrür etkisi k (k = 1, 2, 3, 4), eijk: tesadüfi hata terimi.

## Bulgular ve Tartışma

### Yaprak Boyu (cm) ve Yaprak Eni (cm)

Denemeden elde edilen vejetatif veriler Çizelge 1'de verilmiştir. İstatistik analizine göre yaprak boyu ve yaprak eni indol asetik asit uygulamasıyla ve kuraklık stresiyle istatistiksel olarak değişmiştir. Bunun yanında indol asetik asit ve kuraklık interaksyonu da yaprak boyu ve yaprak enini istatistiksel olarak etkilemiştir.

Kriedemann ve Barrs (1981) yaptıkları çalışmayla kuraklık stresinin bitki boyu ve biyokütleyle birlikte büyüme azalmasına yol açtığını bildirmişlerdir. Yaprak boyu ve enine ait veriler Çizelge 1'de sunulmuştur ve daha önceki çalışmayla benzerlik göstermektedir. Kuraklık, yaprak eni ve yaprak boyunda azalmaya neden olurken, yapılan İAA uygulamalarına paralel olarak yaprak eni ve yaprak boyu artış göstermiştir (Çizelge1). Yaprak boyu (12,27 cm) 20 µM indol asetik asit uygulanmış stressiz bitkilerde en yüksek değere ulaşırken en düşük değer 0 µM indol asetik asit uygulanmış stresli bitkilerde (8,55 cm) belirlenmiştir. Yaprak eni ise en yüksek (6,96cm) 20 µM indol asetik asit uygulanmış stressiz bitkilerde ölçülürken en düşük (5,35cm) 0 µM indol asetik asit uygulanmış stresli bitkilerde (8,55 cm) ölçülmüş ve İAA uygulamasıyla zararın hafiflediği gözlemlenmiştir. Ashraf ve ark., (2006) su kısıtı uyguladıkları arpa bitkisine İAA uygulanmış ve kuraklık zararının hafiflediğini belirlemişlerdir. Gadallah (2000)'da soya fasulyesinde yaptığı çalışmayla İAA uygulamasının yaprak oransal su içeriği, klorofil içeriği, kuru madde ve çözünebilir proteini arttırarak bitkinin kuraklıktan daha az zarar görmesini sağladığını belirlemiştir. Sonuçlarımız bu çalışmalarla paralellik göstermektedir.

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

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

Kuraklık	Yaprak Boyu				Yaprak Eni					
	0 µM IAA	5 µM IAA	10 µM IAA	20 µM IAA	Ort.	0 µM IAA	5 µM IAA	10 µM IAA	20 µM IAA	Ort.
0 MPa	9,50bc	10,22bc	10,6ab	12,27a	10,65A	5,77ab	6,00ab	6,14ab	6,96a	6,22A
-0,5 MPa	8,55c	9,11 bc	10,05bc	10,53ab	9,56B	5,35b	5,61ab	5,88ab	6,02ab	5,71B
Ort.	9,02C	9,66BC	10,32B	11,4A		5,56B	5,80AB	6,01AB	6,49A	

Çizelge 2. Yaprak Oransal Su İçeriği (%) ve Hücre Membran Zararlanması (%)

Table 2. Leaf Proportional Water Content (%) and Cell Membrane Damage (%)

Kuraklık	Yaprak Oransal Su İçeriği				Hücre Membran Zararlanması					
	0 µM IAA	5 µM IAA	10 µM IAA	20 µM IAA	Ort.	0 µM IAA	5 µM IAA	10 µM IAA	20 µM IAA	Ort.
0 MPa	83,19d	88,23b	91,69a	86,23c	87,34A	18,53bc	17,71c	16,55d	18,56bc	20,05A
-0,5 MPa	82,73d	83,64d	86,04c	82,67d	83,77B	22,28a	18,77b	16,34d	22,59a	17,78B
Ort.	82,96D	85,94B	88,87A	84,45C		20,40A	18,24B	16,45C	20,57A	

Çizelge 3. Malondialdehit (MDA) içeriği

Table 3. The amount of malondialdehyde (MDA)

Kuraklık	Malondialdehit (MDA) miktarı				Ort.
	0 µM IAA	5 µM IAA	10 µM IAA	20 µM IAA	
0 MPa	1,38d	1,42d	1,28e	1,73a	1,45A
-0,5 MPa	1,58c	1,66b	1,62bc	1,75a	1,465B
Ort.	1,48C	1,54B	1,45C	1,74A	

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

Yaprak oransal su içeriği ve hücre membran zararlanması verileri Çizelge 2'de sunulmuştur. İstatistik analizine göre, indol asetik asit ve kuraklık etkileşimini yaprak oransal su içeriği ve hücre membran zararlanması üzerine istatistiksel olarak etkili olmuş uygulamalar ayrı ayrı değerlendirildiğinde de istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Fizyolojik işlevlerin optimum olarak gerçekleştiğinin ve büyümenin önemli bir parçası olan hücre ve doku hidrasyon derecesinin indikatörü olan yaprak oransal su içeriği, bitki su durumunun uygun biçimde belirlenmesini sağlar (Silva ve ark., 2007). Stres altındaki bitkilerde yaprak oransal su içeriği düşüktür daha önce yapılan çalışmalar kuraklık stresi altında hardal, şeker pancarı, yerfıstığı ve sorgum, bitkilerinde yaprak oransal su içeriğinin azaldığını ortaya koymuştur (Molnar ve ark., 2002; Asgharipour ve Heidari, 2011; Aksu ve Altay, 2020) sonuçlarımız bu çalışmalarla paralellik göstermekte kuraklık yaprak oransal su içeriğini azaltmaktadır (Çizelge 2). Çizelge 2 incelendiğinde yaprak oransal su içeriği artan indol asetik asit uygulamasıyla 20 µM dozuna kadar artış göstermiş en yüksek doz olan bu dozda azalmıştır. Stres göstergesi olan hücre zararlanması hücre içinde ve dışında meydana gelen ozmotik dengesizlikten kaynaklanmaktadır (Munns, 2002; Ghoulam ve ark., 2002) bitkilerin kuraklık stresinden daha az etkilenmesi için membran bütünlüğünün korunması gerekmektedir (Bajji ve ark., 2002). Yapılan bazı çalışmalar kuraklık stresinin hücre zarı stabilitesini önemli ölçüde azalttığını, membran zararının kuraklıkla birlikte arttığını göstermişlerdir (Wang ve Huang, 2004; Aksu ve Altay, 2020). Sonuçlarımız bu çalışmalarla benzerlik göstermektedir ve kuraklık stresine membran zararı artmıştır (Çizelge 2). Membran zararı artan indol asetik asit uygulamasıyla 20 µM dozuna kadar azalış göstermiş en yüksek doz olan bu dozda artmıştır. Hücre membran zararı uygulanan İAA dozlarıyla azalmış bitki kuraklığın yarattığı stresten daha az etkilenmiştir (Çizelge 2).

### Malondialdehit (MDA) içeriği (nmol/g)

Denemeden elde edilen malondialdehit (MDA) içeriği verileri Çizelge 3'dedir. İstatistik analizine göre, indol asetik asit ve kuraklık etkileşimini malondialdehit (MDA) içeriği üzerine istatistiksel olarak etkili olmuş uygulamalar ayrı ayrı değerlendirildiğinde de istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Membran geçirgenliğiyle ilgili olan yaprak Malondialdehit (MDA) içeriği, lipid peroksidasyonun ürünüdür ve stres koşullarında hücre zarı hasarını tahmin etmekte kullanılır (Chen ve Yu, 1994; Fayed ve Bazaid, 2014; Jungklang ve ark., 2017). Ezzat-Ollah ve ark. (2007) ve Hameed ve ark. (2011) yaptıkları çalışmalarla buğday ve arpada kuraklık stresine membran hasarında (lipid peroksidasyon) artış olduğunu bildirmişlerdir. Çizelge 3 incelendiğinde sonuçlarımız bu çalışmalarla benzerlik göstermektedir. En yüksek MDA içeriği (1,75 nmol/g) kuraklık stresi altında 20 µM IAA uygulamasında yetişen bitkilerde en düşük ise stres altında olmayan 10 µM IAA dozunda (1,28 nmol/g) yetişen bitkilerde belirlenmiştir. Yapılan IAA uygulamalarıyla Malondialdehit (MDA) içeriği düzensiz olarak değişmiştir.

Kuraklık stresi altında yetiştirilen bitkilerin yaprak eni ve yaprak boyu stres altında olmayan bitkilere göre azalmıştır. İndol asetik asit stresten olumsuz şekilde etkilenen bitkilerin yaprak eni ve yaprak boyunda meydana gelen azalmayı hafifletmiştir. Yaprak oransal su içeriği kuraklık stresi altında yetiştirilen bitkilerde stres altında olmayan bitkilere göre azalmış, artan indol asetik asit uygulamaları en yüksek doz olan 20 µM dozuna kadar zararı hafifletmiş ve yaprak oransal su içeriğini arttırmıştır. Kuraklık membran zararının artmasına neden olurken indol asetik asit zararlanmayı hafifletmiş 20 µM dozuna kadar membran zararı azaltmıştır. Kuraklık seviyesinin artışına bağlı olarak malondialdehit içeriği artmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yemlik soya bitkisinin kuraklık

stresinin meydana getirdiği hasardan daha az zarar görmesini sağlayabilmek için indol asetik asit uygulamalarının yarar sağlayabileceği düşünülmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışmaya FHD-2021-3701 nolu projeye maddi destek veren Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi BAP birimine teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Aksu G, Altay H. 2020. The Effects of Potassium Applications on Drought Stress in Sugar Beet. *SugarTech*. 1- 11.
- Asgharipour MR, 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, Foolad MA. 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 MY, Azhar N, 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 JM, 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 HD, Weatherley PE. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Aust. J. Biol.Sci.* 15, 413-428.
- Bashmakov DI, Pynenkova NA, Sazanova KA, Lukatkin AS. 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, 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.
- Chen JJ, Yu BP. 1994. Alterations in mitochondrial membrane fluidity by lipid peroxidation products. *Free Radical Biology and Medicine* 17(5):411-418.
- Choudhary SP, Bhardwaj R, Guptac BD, Duttac P, Guptac RK, Biondi S, 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, 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.
- Ezzat-Ollah E, Shakiba MR, Mahboob SA. 2007. Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. *Int. J. Food Agri. Environ.* 5:149-153.
- Fayez AK, Bazaid AS. 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 MAA. 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, Fores K. 2002. Effects of salt stress on growth inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Enviromental and Exp. Botany.* 47: 39-50.
- Gong H, Zhu X, Chen K, Wang S, 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, 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.
- Jenks MA, Hasegawa PM. 2005. *Plant Abiotic Stress*. First Press, Blackwell, UK, 270s.
- Jungklang J, Saengnil K, 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.
- Kovacik J, Gruz J, Hedbavny J, Klejdus B, 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 PE, Barrs HD. 1981. Citrus orchards. In: Kozlowski TT (ed) *Water deficits and plant growth*. Vol 6, pp 325-417. Academic Press, New York.
- Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot.* 78: 389-398.
- Martinez JP, Silva H, Ledent JF, 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.
- Molnar I, Gaspar L, Stehli L, Dulai S, Sarvari E, Kirali I, Galiba G, 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.
- Sairam RK, Srivastava GC. 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 CA, Manivannan P, Kishorekumar A, Somasundaram R, 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 MA, Jifon JL, Silva JAG, 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.
- Şenol MA. 2006. Türkiye Soya Üretim ve Dış Ticaret Politikalarının Değerlendirilmesi. *Trakya Üniversitesi Fen Bil. Enst. Tarım Ekonomisi Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ.*
- Wang ZL, Huang BR. 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. *Crop Sci.* 44:1729-1736.
- Yang Y, Wang QL, Geng MJ, Guo ZH, 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