

## Şeker Pancarında (*Beta vulgaris* L.) Kuraklık Stresi Altında Bazı Mikro Besin Elementi İçerikleri Üzerine Potasyumun Etkisi

Gizem AKSU<sup>1\*</sup>, Hamit ALTAY<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale/Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-2014-9454>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-3872-500X>

\*Sorumlu yazar: [gizemaksu@comu.edu.tr](mailto:gizemaksu@comu.edu.tr)

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 24.11.2021

Kabul tarihi: 24.03.2022

Online Yayınlanma:03.06.2022

#### Anahtar Kelimeler

Kuraklık

Potasyum

Mikro element

Şeker pancarı

### ÖZ

Kuraklık stresi tarımsal alanlarda en fazla maruz kalınan strestir. Düşük yaprak su potansiyeli altında bile turgor basıncını koruyabilen potasyumun bitkilere uygulanması, kuraklık stresini tolere etme kabiliyetlerini artırabilmektedir. Bu çalışmada potasyum uygulamalarının kuraklık stresi altında stratejik bir bitki olan şeker pancarının bazı mikro elementlerin içeriği üzerine etkisi incelenmiştir. Denemede sulama seviyeleri tarla kapasitesinin %33, %66 ve %100 seviyesinde tutulmuştur. Bitkilere potasyum fosfat kaynağından farklı dozlarda (10-20-40-80 mg kg<sup>-1</sup>) potasyum uygulanmış ve iklim odasında yetiştirilmiştir. Hasat işleminden sonra bitki örneklerinin demir, bakır, çinko, mangan, bor ve molibden içerikleri belirlenmiştir. Kuraklık stresi altında yaprak demir, bakır, mangan, bor ve molibden içerikleri azalırken çinko içeriği artmıştır. Kök bor ve molibden içeriği kuraklık stresi altında azalırken demir, bakır, çinko ve mangan içeriği artmıştır. Potasyum uygulamalarıyla yaprak bakır, çinko, mangan içeriği artarken demir, bor ve molibden içeriği azalmıştır. Kök bakır ve molibden içeriği artan potasyum uygulamalarıyla azalırken demir ve çinko içeriği artmış, mangan ve bor içeriği düzensiz olarak değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kurak koşullar altında yapılacak yüksek potasyum dozu uygulamasının, daha iyi kök ve sürgün gelişimine neden olarak bitkinin stresten daha az etkilenmesini sağlayabileceği düşünülmektedir.

## The Effect of Potassium Content of Some Micronutrients in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) under Drought Stress

### Research Article

#### Article History:

Received: 24.11.2021

Accept: 24.03.2022

Available online:03.06.2022

#### Keywords:

Drought

Potassium

Micronutrients

Sugar beet

### ABSTRACT

Drought stress is the stress to which there is the most exposure in agricultural areas. Application of potassium to plants, which can maintain turgor pressure even under low leaf water potential, can increase their ability to tolerate drought stress. In this study, the effect of potassium on some micronutrients content within under drought of sugar beet, which is a strategic plant, was investigated. In the experiment, irrigation levels were kept at 33%, 66% and 100% of field capacity. Different doses (10-20-40-80 mg kg<sup>-1</sup>) of potassium were applied to the plants and were grown in the growth chamber. Iron, copper, zinc, manganese, boron and molybdenum content were determined in plant samples after harvest. While shoot iron, copper, manganese, boron and molybdenum contents decreased under drought stress, zinc content increased. Root boron and molybdenum content decreased under

drought, while iron, copper, zinc and manganese content increased. With potassium applications, the copper, zinc, manganese content of the shoot increased, while the content of iron, boron and molybdenum decreased. Root copper and molybdenum content decreased with potassium applications, iron and zinc content increased, manganese and boron content changed irregularly. According to the results, it is thought that the application of high potassium doses under drought conditions may cause the plant to be less affected by stress by causing better root and shoot development.

---

**To Cite:** Aksu G, Altay H., 2022. Şeker pancarında (*Beta vulgaris* L.) kuraklık stresi altında bazı mikro besin elementi içerikleri üzerine potasyumun etkisi. Kadırlı Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(1): 45-59.

## Giriş

Dünya nüfusunun hızla artış göstermesiyle gıda ve tarımsal sanayi için hammadde tedarik etmek ve tarımsal üretimi arttırmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu kapsamda özellikle olumsuz çevre koşulları altında verim kaybını en aza indirmek büyük önem taşımaktadır. Bitkilerin büyüme ve gelişmesini engelleyen, verim kaybına neden olan her faktör stres olarak tanımlanmakta bu stresler sonucu özellikle gelişmekte olan ülkelerde sosyo ekonomik sorunlar meydana gelmektedir. Kuraklık stresi, kullanılabilir suyun toprakta az olduğu, transpirasyon ve evaporasyonla devamlı su kaybının yaşandığı koşullarda ortaya çıkmaktadır. Yağışların düzensiz, sulamanın zayıf olduğu bölgelerde yeterli nem olmamasından dolayı kuraklık stresi yaygın olarak görülmektedir (Sircelj ve ark., 2007). Kuraklık hücre bölünmesini etkilediği gibi turgor basıncını azaltarak transpirasyonu olumsuz etkilemekte bu nedenle besin elementi alınımı azalmakta ve büyüme hızı düşmektedir (Capell ve ark., 2004). Gelecek yıllarda özellikle yarı-kurak alanlarda sulanabilir tarım alanlarını artırma imkanı sınırlı olacağından kuraklığa maruz kalan alanlarda verimi arttırmak için başka alternatifler aranmaktadır. Bu kapsamda kuraklık stresindeki verim kayıplarının azaltılmasında potasyum karşımıza çıkmakta, su dengesini sağlamasıyla potasyumca yeterli miktarda gübrelenen bitkiler stres koşullarında da yüksek verim verebilmektedirler (Kemmler ve Krauss, 1987). Bitkilerin yeterli potasyumla gübrelenmesi, düşük yaprak su potansiyellerinde turgor basıncını koruyan ve bitkilerin kuraklık stresini tolere etme kabiliyetini artırabilen ozmotik ayarlamayı kolaylaştırabilmektedir (Mengel ve Arneke, 1982; Lindhauer, 1985). Yeterli seviyelerde potasyum kuraklık direncini, su kullanım etkinliğini ve kurak koşullar altında bitki büyümesini arttırmaktadır (Eakes ve ark., 1991). Su stresi, sınırlı terleme oranı, bozulmuş aktif taşıma ve zar geçirgenliği nedeniyle kökler tarafından besin alınımı ve köklerden sürgünlere taşınmayı azaltmakta, bu da bitkilerin kök emme gücünün azalmasına neden olmaktadır (Silva ve ark., 2011). Kuraklık, topraktaki mikro elementlerin sağlanmasını kesintiye uğratarak bitki besin elementlerinde dengesizliğe neden olmaktadır (Hu ve Schmidhalter, 2005). Mikro besin elementlerinin bitki köklerine taşınması ağırlıklı olarak

difüzyon yoluyla gerçekleştiği için toprak nemi köklere mikro element sağlamada önemli rol oynamaktadır (Marschner, 1995; Römheld ve Neumann, 2006). Bitki türleri ve genotipleri, kuraklık stresi altında bitki besin elementlerinin emilimine çok farklı tepkiler vermektedir (Garg, 2003). Ülkemizde güneydoğu anadolu ve akdeniz bölgeleri dışında kuraklık sorunun ciddi boyutta olduğu iç anadolu bölgesi başta olmak üzere beş bölgede şeker pancarı üretimi yapılmakta ve nüfusun yaklaşık %4,5'i şeker pancarı üretiminde çalışmaktadır (Er ve Uranbey, 1998). Şeker pancarında kuraklık stresinin olumsuz etkisini azaltmada potasyumun kritik rol oynayabileceği daha önce yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Aksu ve Altay, 2020). Bu nedenle yapılan bu çalışmanın amacı potasyum uygulamalarının şeker pancarının kuraklık stresi altında bazı mikro elementlerin alınımı üzerine etkisini belirleyerek kuraklık stresiyle potasyum arasındaki ilişkileri aydınlatmaya çalışmaktır.

### **Materyal ve Metot**

Denemede yüksek kök ve şeker verimine sahip Serenad çeşidi şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) kullanılmıştır. Denemede ortam olarak kimyasal reaksiyona girmeyen, havalanmayı sağlayan, çözünebilir iyonların çok az olması sebebiyle tuz ve alkalilik açısından sorun yaratmayan, bitkilerin sıcaklık değişimlerinden etkilenmesini asgari seviyeye düşürebilen pH'sı 8,2 elektriksel iletkenliği  $75 \mu\text{m cm}^{-1}$  olan yıkanmış dere kumu tercih edilmiştir. Denemede çapı 25 cm, yüksekliği 50 cm olan plastik fidan üretim poşetleri kullanılmıştır. Torbalara 15 kg yıkanmış dere kumu doldurulmuş ve her poşete bir bitki dikilmiştir. Deneme 3 sulama seviyesi (tarla kapasitesinin %33, 66, 100'ü) x 4 doz potasyum (10, 20, 40, 80 mg kg<sup>-1</sup>) x 3 tekerrür = 36 saksı şeklinde tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Sulamalar Arduino geliştirici kart kullanılarak tasarlanan cihazdan alınan veriler doğrultusunda yapılmıştır (Kızıl ve ark., 2018). Kullanılan ortam için kalibrasyonu yapılan cihazdan, saksıların istenilen tarla kapasitesinde tutulması için gerekli su miktarı günlük olarak alınabilmektedir. Bu kapsamda her saksıya bir nem sensörü yerleştirilmiş ve günlük alınan verilerle sulamalar yapılmıştır. Çalışmaya konu olan potasyumun etkisini görmek için saksılara 10, 20, 40, 80 mg kg<sup>-1</sup> dozları potasyum fosfat kaynağından hazırlanan çözeltilerle uygulanmış, bitkinin ihtiyacı olan azot ve fosfor bu dozlara bağlı olarak 1:0,8:1,2 N:P:K oranı (Adiloğlu ve Güler, 2002) göz önünde bulundurularak çözelti halinde uygulanmıştır. Bitkiler 3 tekerrürlü olarak iklim odasında kontrollü koşullarda (gündüz/gece 16/8 saat, 25/15 °C, % 60-70 nem) 4 ay boyunca yetiştirilmiştir (Aksu, 2020). Bitki yaprak ve kök örnekleri etüvde 65 °C'de 48 saat kurutulduktan sonra öğütülmüştür. Öğütülen örneklerden 500 mg tartılmış nitrik asit ve hidrojen peroksitle yaş yakma yapılarak element

analizleri için hazırlanmıştır (Jones ve ark., 1991). Elde edilen süzüklerde demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), bor (B) ve molibden (Mo) içerikleri ICP cihazında belirlenmiştir.

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

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

$Y_{ijk}$ : gözlenen değer,  $\mu$ : populasyon ortalaması,  $G_i$ : sulamanın etkisi  $i$  ( $i=1, 2, 3$ ),  $S_j$ : potasyumun etkisi  $j$  ( $j=1, 2, 3, 4$ ),  $GS_{ij}$ : sulama x potasyumun etkisi,  $M_k$ : tekerrürün etkisi  $k$  ( $k = 1, 2, 3$ ),  $e_{ijk}$ : tesadüfi hata terimi' dir.

Uygulamalar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testiyle ( $P<0.01$ ) belirlenmiştir. Tablolarda aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak aynı grup içerisinde dir.

### **Bulgular ve Tartışma**

Farklı dozlarda potasyum uygulanan ve farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen şeker pancarı bitkilerinin yaprak ve kök demir içeriklerine ait ortalama değerler ve bu ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre yaprak ve kök demir içeriği bakımından sulama seviyeleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. Tablo 1 incelendiğinde yaprak demir içeriği ortalamalarının sırasıyla %33, %66 ve %100 sulama seviyelerinde  $8246 \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $11203 \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $10676 \mu\text{g kg}^{-1}$ , kök demir içeriği ortalamalarının ise  $15798 \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $14576 \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $12428 \mu\text{g kg}^{-1}$  olarak değiştiği görülmektedir. Bitkilerin yaprak ve kök demir içerikleri bakımından potasyum seviyelerindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. Potasyum uygulamalarına bakıldığında en yüksek yaprak demir içeriği  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $12335 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilirken en yüksek kök demir içeriği  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $18405 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilmiştir (Tablo 1).

Çalışmadan elde edilen yaprak ve kök demir içeriği değerlerine göre yapılan varyans analizine göre sulama x potasyum interaksyonu istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. En yüksek yaprak ve kök demir içeriği sırasıyla %66 sulama seviyesinde  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $14163 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %33 sulama seviyesinde  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $21708 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilirken, en düşük yaprak ve kök demir içeriği sırasıyla %33 sulama seviyesinde  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $6346 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %100 sulama seviyesinde  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $10996 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Bitki yaprak ve kök demir içeriği ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )

K (mg $\text{kg}^{-1}$ )	Sulama (Tarla Kapasitesi)				Sulama (Tarla Kapasitesi)			
	33%	66%	100%	Ort.	33%	66%	100%	Ort.
	Fe Y ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )				Fe K ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )			
10	11522 $\pm$ 3,59c	14163 $\pm$ 0,32a	11319 $\pm$ 3,15d	12335A	13551 $\pm$ 0,58f	11751 $\pm$ 2,12g	11044 $\pm$ 2,85h	12115 C
20	8527 $\pm$ 8,70f	8517 $\pm$ 1,87f	11516 $\pm$ 2,19c	9520 C	11416 $\pm$ 2,59gh	14087 $\pm$ 1,67e	10996 $\pm$ 0,88h	12166 C
40	6589 $\pm$ 3,18g	9798 $\pm$ 1,16e	8328 $\pm$ 0,74f	8238 D	16518 $\pm$ 0,42c	15099 $\pm$ 1,32d	11530 $\pm$ 1,56gh	14382 B
80	6346 $\pm$ 2,82g	12333 $\pm$ 7,52b	11539 $\pm$ 7,75c	10073 B	21708 $\pm$ 0,71a	17365 $\pm$ 0,51b	16143 $\pm$ 0,49c	18405A
Ort.	8246 C	11203 A	10676 B		15798 A	14576 B	12428 C	

Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak aynı grup içerisinde.

Demir eksikliği, klorofil maddesinin sentezlenememesi ve klorofil seviyelerinin düşük kalmasıyla, yapraklarda kloroza neden olmaktadır (Horuz ve Korkmaz, 2016). Topraktaki su içeriği, demirin konsantrasyonunu ve kullanılabilirliğini etkilemektedir (Silva ve ark., 2011). Sulanmayan koşullarda demir içeriğindeki artış, stres koşulları altında artan peroksidaz aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir (Morsy, 1996; Muthuchelian ve ark., 1997). Çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara göre kök demir içeriği kuraklık seviyesi arttıkça artış göstermiştir ve bu sonuçlar Urbina ve ark., (2015)'nin kuraklık stresi altında demir konsantrasyonunun artış gösterdiğini söyledikleri çalışma ile uyum içerisindedir. Yaprak demir içeriğine bakıldığında ise sulama seviyesi tarla kapasitesinin %66'sı seviyesinde tutulduğunda artmış ancak %33 seviyesinde tutulduğunda azalmıştır. Elde edilen sonuçlar Sürücü ve ark., (2013)'nin yeterli sulamayla yer fıstığı yapraklarındaki demir miktarının artış gösterdiğini söyledikleri çalışmayla uyum içerisindedir.

Glikoliz ve Krebs döngüsünün temel süreçlerinde potasyumun demir ve mangan ile olan önemli ilişkisi, aralarında sinerjik bir ilişki meydana getirmektedir (Malvi, 2011). Çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara bakıldığında kök demir içeriği bu çalışmada söylendiği gibi artan potasyum dozlarına paralel olarak artarken yaprak demir içeriği azalmıştır.

Farklı dozlarda potasyum uygulanan ve farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen şeker pancarı bitkilerinin yaprak ve kök bakır içeriklerine ait ortalama değerler ve bu ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Yaprak ve kök bakır içeriği sulama seviyeleriyle istatistiksel olarak ( $p < 0.01$ ) değişmiştir. Tablo 2'ye göre yaprak bakır içeriği ortalamaları sırasıyla %33, %66 ve %100 sulama seviyelerinde 4129  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , 4305  $\mu\text{g kg}^{-1}$  ve 4767  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , kök bakır içeriği ortalamaları ise 1803  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , 1492  $\mu\text{g kg}^{-1}$  ve 1154  $\mu\text{g kg}^{-1}$  olarak değişmektedir. Yaprak ve kök bakır içerikleri potasyum uygulamalarıyla istatistiksel olarak değişmiştir ( $p < 0.01$ ). En yüksek yaprak bakır içeriği 80 mg  $\text{kg}^{-1}$  (4914  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilirken en

yüksek kök bakır içeriği  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $1780 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilmiştir (Tablo 2).

Elde edilen verilere göre yaprak ve kök bakır içeriği sulama x potasyum interaksyonuyla istatistiksel olarak ( $p<0.01$ ) değişmiştir. En yüksek yaprak ve kök bakır içeriği sırasıyla %100 sulama seviyesinde  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $5257 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %33 sulama seviyesinde  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $2351 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilirken, en düşük yaprak ve kök bakır içeriği sırasıyla %33 sulama seviyesinde  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $3385 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %100 sulama seviyesinde  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $831 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Bitki yaprak ve kök bakır içeriği ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )

K ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Sulama (Tarla Kapasitesi)				Sulama (Tarla Kapasitesi)			
	33%	66%	100%	Ort.	33%	66%	100%	Ort.
	Cu Y ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )				Cu K ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )			
10	3871±0,78 f	4681±1,18 c	4667±2,48 c	4406 C	2146±0,58 b	1850±2,12 c	1345±2,85 e	1780 A
20	3385±1,16 h	3528±1,07 g	4326±1,73 e	3747 D	2351±2,59 a	1369±1,67 e	1393±0,88 e	1705 B
40	4457±1,09 d	4330±3,53 e	4818±0,84 b	4535 B	1812±0,42 cd	1763±1,32 d	1046±1,56 f	1540 C
80	4802±1,26 b	4683±1,65 c	5257±1,24 a	4914 A	905±0,71 h	985±0,51 g	831±0,49 ı	907 D
Ort.	4129 C	4305 B	4767 A		1803 A	1492 B	1154 C	

Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak aynı grup içerisinde.

Farklı dozlarda potasyum uygulanan ve farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen şeker pancarı bitkilerinin yaprak ve kök çinko içeriklerine ait ortalama değerler ve bu ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre yaprak ve kök çinko içeriği bakımından sulama seviyeleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. Tablo 3 incelendiğinde yaprak çinko içeriği ortalamalarının sırasıyla %33, %66 ve %100 sulama seviyelerinde  $5572 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $4895 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $5108 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ , kök çinko içeriği ortalamalarının ise  $5369 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $4902 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $4625 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$  olarak değiştiği görülmektedir. Bitkilerin yaprak ve kök çinko içerikleri bakımından potasyum seviyelerindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. Potasyum uygulamalarına bakıldığında en yüksek yaprak çinko içeriği  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $6519 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilirken en yüksek kök çinko içeriği  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $5498 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilmiştir (Tablo 3).

Çalışmadan elde edilen yaprak ve kök çinko içeriği değerlerine göre yapılan varyans analizine göre sulama x potasyum interaksyonu istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. En yüksek yaprak ve kök çinko içeriği sırasıyla %100 sulama seviyesinde  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $6845 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %33 sulama seviyesinde  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum

dozunda ( $6601 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilirken, en düşük yaprak ve kök çinko içeriği sırasıyla %66 sulama seviyesinde  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $3782 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %100 sulama seviyesinde  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $4108 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 3).

Toprağın nem içeriği bakır tutumu için önemlidir ve kuru topraklar düşük bakır yarayışlılığına sahiptir (Tom-Petersen ve ark., 2004). Çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara bakıldığında yaprak bakır içeriği kuraklıkla azalırken yaprak çinko içeriğinin artış gösterdiği görülmektedir. Bagheri ve ark., (2012) yaptıkları çalışmayla yaprak bakır ve çinko içeriklerinin artan kuraklık seviyesiyle artış gösterdiğini söylemişlerdir. Elde ettiğimiz sonuçlar bu çalışmayla kısmen uyumludur. Aynı çalışmada kök dokularında bakır ve çinko içeriğinin değişmediği sonucuna varılırken bizim çalışmamızda bu sonuçlara uyumlu olmayan bir şekilde kök bakır ve çinko içeriğinin kuraklıkla artış gösterdiği bulunmuştur. Sonuçlarımızı destekleyecek şekilde daha önce yapılan çalışmalarda kuraklık stresinin, kökler tarafından demir, bakır ve çinko alımının ve bunların sürgünlere taşınmasının azaldığı vurgulanmıştır (Tadayyon ve ark., 2018). Kuraklık nedeniyle membran geçirgenliği sınırlanmakta ve terleme hızının azalmasıyla, köklerde emme gücü de azalmaktadır bu nedenle mineral besin maddelerinin kökten sürgünlere taşınması azaltılmaktadır (Silva ve ark., 2011). Elde ettiğimiz sonuçların aksine bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmada kuraklık stresi altında çinko konsantrasyonunun yeterli sulama durumuna kıyasla önemli ölçüde azaldığını, kuraklık stresi altındayken topraktan çinko alımının sınırlandığını söylemişlerdir (Karim ve ark., 2012). Kurak koşullar altında topraktaki çinko hareketliliği engellendiği için bitki kökü tarafından çinko alımı, topraktaki düşük su durumu nedeniyle azalmaktadır (Marschner, 1995).

Daha yüksek potasyum dozunun uygulanmasının, daha iyi kök ve sürgün gelişimine neden olduğu bunun da azot, fosfor, potasyum, çinko alımı ve kuru madde üretimini arttırdığı daha önce yapılan çalışmalarda söylenmiştir (Chavan ve ark., 2012). Bu çalışmaya benzer olarak çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara bakıldığında  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda yaprak ve kök çinko içeriği bir miktar azalsa da  $40$  ve  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozlarında yaprak ve kök çinko içeriği artış göstermiştir.

**Tablo 3.** Bitki yaprak ve kök çinko içeriği ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )

K (mg $\text{kg}^{-1}$ )	Sulama (Tarla Kapasitesi)				Sulama (Tarla Kapasitesi)			
	33%	66%	100%	Ort.	33%	66%	100%	Ort.
	Zn Y ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )				Zn K ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )			
10	5685±1,29 c	5564±4,03 cd	4316±0,69 g	5188 B	5505±6,38 b	5516±6,98 b	4580±2,16 e	5200 B
20	4906±1,52 e	3808 h±1,25	4597±1,11 f	4437 D	4279±2,38 f	4649±5,86 de	4108±7,61 f	4345 D
40	5409±1,35 d	3782±3,23 h	4672±1,53 f	4621 C	5090±2,04 c	4794±6,88 d	4570±4,83 e	4818 C
80	6288±1,40 b	6425±8,83 b	6845±1,44a	6519 A	6601±5,69 a	4649±4,30 de	5244±3,76 c	5498 A
Ort.	5572 A	4895 C	5108 B		5369 A	4902 B	4625 C	

Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak aynı grup içerisindeydir.

Farklı dozlarda potasyum uygulanan ve farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen şeker pancarı bitkilerinin yaprak ve kök mangan içeriklerine ait ortalama değerler ve bu ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 4’de verilmiştir.

Yaprak ve kök mangan içeriği sulama seviyeleriyle istatistiksel olarak ( $p<0.01$ ) değişmiştir. Tablo 4’e göre yaprak mangan içeriği ortalamaları sırasıyla %33, %66 ve %100 sulama seviyelerinde  $17014 \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $19033 \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $21625 \mu\text{g kg}^{-1}$ , kök mangan içeriği ortalamaları ise  $24025 \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $17004 \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $10195 \mu\text{g kg}^{-1}$  olarak değişmektedir. Yaprak ve kök mangan içeriği potasyum uygulamalarıyla istatistiksel olarak ( $p<0.01$ ) değişmiştir. En yüksek yaprak mangan içeriği  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $21376 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilirken en yüksek kök mangan içeriği  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $21606 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilmiştir (Tablo 4).

Yaprak ve kök mangan içeriği sulama x potasyum interaksyonuyla istatistiki olarak ( $p<0.01$ ) değişmiştir. En yüksek yaprak ve kök mangan içeriği sırasıyla %100 sulama seviyesinde  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $25375 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %33 sulama seviyesinde  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $33739 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilirken, en düşük yaprak ve kök mangan içeriği sırasıyla %33 sulama seviyesinde  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $16394 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %100 sulama seviyesinde  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $8508 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 4).

Yapılan çalışmalar önemli bir kütle akışına ihtiyaç duyan mangan ve kalsiyumun köklerden etkili bir şekilde hareket etmesinde kuraklığın önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir (Maillard ve ark., 2015). Demir ve mangan diğer bitki besin elementlerine göre ksilem taşınmasına daha bağımlıdır (Etienne ve ark., 2018). Bununla birlikte, ksilem taşınması, kısmen stoma kapanmasındaki rolü nedeniyle (Sevanto, 2014), kuraklıktan floem taşınmasına göre daha fazla etkilenmektedir. Kuraklık stresi mangan eksikliklerine neden olabilmekte, kuru toprakta mangan yayılgılılığı azalmaktadır. Bunun nedeninin çözünür formlara dönüşümün azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Hu ve Schmidhalter,



2005). Elde ettiğimiz sonuçlara göre yaprak mangan içeriği kuraklık ile azalırken kök mangan içeriğinde artış meydana gelmiştir. Buna karşılık Bagheri ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada artan kuraklık seviyesinin mangan içeriğine bir etkisi olmadığını saptamışlardır.

**Tablo 4.** Bitki yaprak ve kök mangan içeriği ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )

K ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Sulama (Tarla Kapasitesi)				Sulama (Tarla Kapasitesi)			
	33%	66%	100%	Ort.	33%	66%	100%	Ort.
	Mn Y ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )				Mn K ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )			
10	17273±9,05f	16582±12,96gh	18786±4,78d	17547 D	24454±28,01b	13403±7,90 f	13538±8,89 f	17132 B
20	17031±0,09fg	18105±6,92 e	18281±5,95e	17806C	33739±2,01 a	22572±23,63c	8508±1,85 h	21606 A
40	17360±4,04f	19087±5,66 d	24057±4,74b	20168 B	24513±31,41b	17665±10,05d	9094±1,7 gh	17091 B
80	16394±7,12h	22359±31,06 c	25375±4,83a	21376 A	13394±3,31 f	14377±19,30e	9638±10,47g	12470 C
Ort.	17014 C	19033 B	21625 A		24025 A	17004 B	10195 C	

Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak aynı grup içerisinde.

Farklı dozlarda potasyum uygulanan ve farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen şeker pancarı bitkilerinin yaprak ve kök bor içeriklerine ait ortalama değerler ve bu ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre yaprak ve kök bor içeriği bakımından sulama seviyeleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. Tablo 5 incelendiğinde yaprak bor içeriği ortalamalarının sırasıyla %33, %66 ve %100 sulama seviyelerinde  $3897 \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $4317 \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $4985 \mu\text{g kg}^{-1}$ , kök bor içeriği ortalamalarının ise  $3513 \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $3606 \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $3457 \mu\text{g kg}^{-1}$  olarak değiştiği görülmektedir. Bitkilerin yaprak ve kök bor içerikleri bakımından potasyum seviyelerindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. Potasyum uygulamalarına bakıldığında en yüksek yaprak bor içeriği  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $4742 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilirken en yüksek kök bor içeriği  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $4219 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilmiştir (Tablo 5).

Çalışmadan elde edilen yaprak ve kök bor içeriği değerlerine göre yapılan varyans analizine göre sulama x potasyum interaksyonu istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. En yüksek yaprak ve kök bor içeriği sırasıyla %100 sulama seviyesinde  $80 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $6037 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %33 sulama seviyesinde  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $5118 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilirken, en düşük yaprak ve kök bor içeriği sırasıyla %66 sulama seviyesinde  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $2553 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %33 sulama seviyesinde  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda ( $2368 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Bitki yaprak ve kök bor içeriği ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )

K ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Sulama (Tarla Kapasitesi)				Sulama (Tarla Kapasitesi)			
	33%	66%	100%	Ort.	33%	66%	100%	Ort.
	B Y ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )				B K ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )			
10	3074 $\pm$ 1,77 g	5848 $\pm$ 5,82 b	5306 $\pm$ 1,93 c	4742 A	2368 $\pm$ 1,28 h	2855 $\pm$ 1,47 g	3562 $\pm$ 2,04 d	2928 C
20	4172 $\pm$ 1,54 e	4843 $\pm$ 1,83 d	5175 $\pm$ 4,09 c	4730 A	5118 $\pm$ 6,91 a	3753 $\pm$ 0,46 c	3787 $\pm$ 0,89 c	4219 A
40	4250 $\pm$ 1,05 e	2553 $\pm$ 8,71 h	3424 $\pm$ 1,26 f	3409 B	3406 $\pm$ 1,40 e	4333 $\pm$ 4,26 b	2756 $\pm$ 2,22 g	3499 B
80	4093 $\pm$ 7,06 e	4023 $\pm$ 2,42 e	6037 $\pm$ 2,43 a	4718 A	3161 $\pm$ 2,58 f	3483 $\pm$ 5,56 de	3721 $\pm$ 0,98 c	3455 B
Ort.	3897 C	4317B	4985 A		3513 B	3606 A	3457 C	

Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak aynı grup içerisindedir.

Kuraklık stresi, ortamda yeterli bor olsa bile bitki tarafından bor alımında azalmaya neden olmaktadır. Kök bor alımı, çoğunlukla membran boyunca pasif bir süreçtir ve esas olarak kök hücreleri tarafından su alma oranı ve su kanallarından geçen akış tarafından belirlenmektedir. Azalan kütle akışı ve difüzyon hızıyla birlikte toprak çözeltisinin azalan su potansiyeli, kuru topraklarda bor yarayırlılığını azaltmaktadır (Hajiboland ve Farhanghi, 2011). Bitki bor içeriği, toprak organik maddesi, kuraklık ve mikrobiyal aktivite gibi birçok toprak faktöründen etkilenmektedir (Mengel ve Kirkby, 2001). Daha önce ortaya konan bu çalışmalara paralel olarak elde ettiğimiz sonuçlara göre yaprak ve kök bor içeriği kuraklıkla birlikte azalmıştır. Tekrarlanan kuraklık stresi, düşük borun fidelerde gözle görülür hasar meydana getirmesine neden olmakta, bor eksikliği olan fidelerin üst sürgünlerinde, özellikle iki dönem kuraklığa maruz kalanlarda daha fazla hasar gözlemlenmektedir (Mottonen ve ark., 2005). Kuraklık sadece borun kökten filizlere taşınmasını engellemekle kalmayarak, borun yer değiştirmesini de engellemektedir. Kuraklık koşullarında floemde borun daha düşük taşınması, bu koşullar altında genç yaşlı yaprak bor içeriği oranını önemli ölçüde azaltmıştır (Hajiboland, 2012).

Bor ve potasyum, bitki fizyolojisinde birbiriyle örtüşen rollere sahiptir ve bu nedenle aralarında sinerjik bir ilişki bulunmaktadır. Optimal bor seviyesinin hücre zarında potasyum geçirgenliğini arttırdığı vurgulanmıştır. Çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara bakıldığında zaman yaprak bor içeriği  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda bir miktar azalsa da kök bor içeriğinin artan potasyum dozlarıyla düzensiz olarak değiştiği görülmektedir.

Farklı dozlarda potasyum uygulanan ve farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen şeker pancarı bitkilerinin yaprak ve kök molibden içeriklerine ait ortalama değerler ve bu ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Yaprak ve kök molibden içeriği sulama seviyeleriyle istatistiksel olarak ( $p < 0.01$ ) değişmiştir. Tablo 6'ya göre yaprak molibden içeriği ortalamaları sırasıyla %33, %66 ve %100 sulama seviyelerinde  $785 \mu\text{g kg}^{-1}$ ,  $1167 \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $1208 \mu\text{g kg}^{-1}$ , kök molibden içeriği

ortalamları ise 87  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , 111  $\mu\text{g kg}^{-1}$  ve 117  $\mu\text{g kg}^{-1}$  olarak değiştiği görülmektedir. Yaprak ve kök molibden içerikleri potasyum uygulamalarıyla istatistiksel olarak ( $p<0.01$ ) değişmiştir. En yüksek yaprak molibden içeriği 10  $\text{mg kg}^{-1}$  (1206  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilirken en yüksek kök molibden içeriği 10  $\text{mg kg}^{-1}$  (121  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) potasyum dozunda tespit edilmiştir (Tablo 6).

Yaprak ve kök molibden içeriği sulama x potasyum interaksiyonuyla istatistiki olarak ( $p<0.01$ ) değişmiştir. En yüksek yaprak ve kök molibden içeriği sırasıyla %66 sulama seviyesinde 10  $\text{mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda (1373  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %100 sulama seviyesinde 10  $\text{mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda (155  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilirken, en düşük yaprak ve kök molibden içeriği sırasıyla %33 sulama seviyesinde 20  $\text{mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda (667  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) ve %33 sulama seviyesinde 80  $\text{mg kg}^{-1}$  potasyum dozunda (72  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) tespit edilmiştir (Tablo 6).

**Tablo 6.** Bitki yaprak ve kök molibden içeriği ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )

K ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Sulama (Tarla Kapasitesi)				Sulama (Tarla Kapasitesi)			
	33%	66%	100%	Ort.	33%	66%	100%	Ort.
	Mo Y ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )				Mo K ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )			
10	987 $\pm$ 0,47 h	1373 $\pm$ 0,63 a	1257 $\pm$ 0,75 b	1206 A	104 $\pm$ 0,25 d	104 $\pm$ 0,02 d	155 $\pm$ 0,02 a	121 A
20	667 $\pm$ 0,03 j	1032 $\pm$ 0,64 f	1220 $\pm$ 0,58 c	973 C	94 $\pm$ 0,16 e	103 $\pm$ 0,13 d	146 $\pm$ 0,08	115 B
40	754 $\pm$ 0,35 i	1251 $\pm$ 0,32 b	1191 $\pm$ 0,55 d	1065 B	79 $\pm$ 0,01 f	104 $\pm$ 0,10 d	83 $\pm$ 0,03 f	89 D
80	732 $\pm$ 0,67 i	1011 $\pm$ 0,24 g	1164 $\pm$ 0,13 e	969 C	72 $\pm$ 0,05 g	132 $\pm$ 0,05 c	83 $\pm$ 0,02 f	95 C
Ort.	785 C	1167 B	1208 A		87 C	111 B	117 A	

Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak aynı grup içerisindedir.

Daha önce yapılan çalışmalarda düşük toprak neminin, molibden eksikliklerine neden olduğu ve bitkilerin kuraklık stresine duyarlılığını artırdığı vurgulanmıştır (Hu ve Schmidhalter, 2005). Bu çalışmalara paralel olarak elde ettiğimiz sonuçlara göre yaprak ve kök molibden içeriği kuraklıkla birlikte azalmıştır. Potasyum ve molibden arasında ters bir ilişki bulunmaktadır ve potasyum uygulaması topraktan molibden alımını azaltmaktadır (Malvi, 2011). Çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara bakıldığında bu çalışmaya paralel olarak yaprak ve kök molibden içeriğinin artan potasyum dozlarıyla azalış gösterdiği görülmektedir.

### Sonuç ve neriler

Kuraklık stresi altında yaprak demir, bakır, mangan, bor ve molibden içerikleri azalırken çinko içeriği artmıştır. Kök bor ve molibden içeriği kuraklık stresi altında azalırken demir, bakır, çinko ve mangan içeriği artmıştır. Potasyum uygulamalarıyla yaprak bakır, çinko, mangan içeriği artarken demir, bor ve molibden içeriği azalmıştır. Kök bakır ve

molibden içeriği artan potasyum uygulamalarıyla azılırken demir ve çinko içeriği artmış, mangan ve bor içeriği düzensiz olarak değişmiştir.

Kuraklık stresi altında yeterli miktarda besin elementi bulunsa dahi besin elementi alımının engellendiği bunun kurak koşullar altında azalan besin elementi hareketliliği ve kütle akışındaki azalmadan kaynaklanabileceği düşünölmektedir. Bu nedenle kurak koşullar altında yapılacak yüksek potasyum dozu uygulamasının, daha iyi kök ve sürgün gelişimine neden olarak bitkinin stresten daha az etkilenmesini, bitkinin besin elementlerine daha rahat ulaşmasını sağlayabileceği düşünölmektedir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma, herhangi bir kurum tarafından desteklenmemiştir. Bu çalışma ilk yazarın doktora tezinde yetiştirilen bitkiler analiz edilerek hazırlanmış, veriler doktora tezinde kullanılmamıştır.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

GA ve HA çalışmayı tasarlamış, GA denemeyi kurmuş, çalışmayı yürütmüş ve analizleri yapmış, GA ve HA verileri analiz ederek makaleyi yazmışlardır.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Kaynaklar**

Adiloğlu A, Güler M., 2002. Tekirdađ-Hayrabolu yöresinde yetiştirilen seker pancarının (*Beta vulgaris* L.) beslenme durumunun belirlenmesi. S. Ü. Ziraat Fakóltesi Dergisi, 16(29): 26-30.

Aksu G., 2020. Şeker pancarında potasyumun kuraklık stresi üzerine etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doktora Tezi, sayfa no:89, Çanakkale.

Aksu G, Altay H., 2020. The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet. Sugar Tech, 1-11.

Bagheri V, Shamshiri MH, Shirani H, Roosta HR., 2012. Nutrient uptake and distribution in mycorrhizal pistachio seedlings under drought stress. J. Agr. Sci. Tech, 14: 1591-1604.

Capell T, Bassie L, Christou P., 2004. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. Pnas, 101(26): 9909-9914.

Chavan AS, Khafi MR, Raj AD, Parmar RM., 2012. Effect of potassium and zinc on yield, protein content and uptake of micronutrients on cowpea [*Vigna Unguiculata* (L.) Walp.]. *Agric. Sci. Digest*, 32(2): 175-177.

Eakes DJ, Wright RD, Seiler R., 1991. Potassium nutrition and moisture stress tolerance of *Salvia*. *Hort Science*, 26: 422.

Er C, Uranbey S., 1998. Nişasta şeker bitkileri ve ıslahı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Etienne P, Diquelou S, Prudent M, Salon C, Maillard A, Ourry A., 2018. Macro and micronutrient storage in plants and their remobilization when facing scarcity: The case of drought. *Agriculture*, 8: 14.

Garg BK., 2003. Nutrient uptake and management under drought: nutrient-moisture interaction. *Current Agriculture*, 27(1-2): 1-8.

Hajiboland R, Farhanghi F., 2011. Effect of low boron supply in turnip plants under drought stress. *Biol Plant*, 55(4): 775-778.

Hajiboland R., 2012. Effect of micronutrient deficiencies on plants stress responses. (Abiotic stress responses in plants. Ahmad P, Prasad MNV (Eds), Springer, New York) 281-330.

Horuz A, Korkmaz A, Akınoğlu G, Boz E., 2016. Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1): 32-42.

Hu Y, Schmidhalter U., 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 168: 541-549.

Jones Jr. JB, Wolf B, Mills HA., 1991. Plant analysis handbook: A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing, Athens.

Karim MR, Zhang YQ, Zhao RR, Chen XP, Zhang FS, Zou CQ., 2012. Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 175: 142-151.

Kemmler G, Krauss A., 1989. Potassium and stress tolerance. Proceedings of the workshop on the role of potassium in improving. National Fertilizer Development Center, Islamabad, Pakistan, pp. 187-202.

Kızıl U, Aksu S, Çamoğlu G., 2018. Kontrollü ortamda bitkisel yetiştiricilik için arduino uyumlu bir toprak nemi izleme sistemi tasarımı. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6: 131-139.

Lindhauer MG., 1985. Influence of K nutrition and drought on water relations and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 148(6): 654-669.

Maillard A, Diquélou S, Billard V, Laîné P, Garnica M, Prudent M, Garcia-Mina JM, Yvin JC, Ourry A., 2015. Leaf mineral nutrient remobilization during leaf senescence and modulation by nutrient deficiency. *Front. Plant Sci*, 6: 1-15.

Malvi U., 2011. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka J. Agric. Sci.*, 24(1): 106-109.

Marschner H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edn. Academic Press, New York.

Mengel K, Arneke W., 1982. Effect of potassium on the water potential, the pressure potential, the osmotic potential, and cell elongation in leaves of *Phaseolus vulgaris*. *Physiol. Plant*, 54: 402-408.

Mengel K, Kirkby EA., 2001. Principles of plant nutrition (4th Edn). International Potash Institute, Switzerland, 687.

Morsy AA., 1996. Physiological studies on Egyptian medicinal plants. MSc. Thesis. Botany Department, Faculty of Sci., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt.

Mottonen M, Lehto T, Rita H, Aphalo PJ., 2005. Recovery of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings from repeated drought as affected by boron nutrition. *Trees*, 19: 213-223.

Muthuchelian K, Murugan C, Nedunchezianand N, Kulandaivelu G., 1997. Photosynthesis and growth of *Erythrina variegata* as affected by water stress and triacantanol. *Photosynthetica*, 33: 241-248.

Römheld V, Neumann G., 2006. The rhizosphere: Contribution of the soil-root interface to sustainable soil systems, in Uphoff N, Ball NAS, Fernandes E, Herren H, Husson O, Laing M, Palm C, Thies, J. (eds.): *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC-Press, Taylor and Francis, Oxford, UK, 92-107.

Sevanto S., 2014. Phloem transport and drought. *J. Exp. Bot.*, 65: 1751-1759.

Silva EC, Nogueira RJMC, Silva MA, Albuquerque MB., 2011. Drought stress and plant nutrition. *Plant Stress*, 5: 32-41.

Sircelj H, Tausz M, Grill D, Batic F., 2007. Detecting different levels of drought stress in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters. *Scientia Horticulturae*, 113: 362-369.

Sürücü A, Boydak E, Demirkıran AR, Yetim S., 2013. The effect of irrigation and nitrogen on mineral composition of peanut (*Arachis hypogaea* L.) leaves. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(3-4): 824-827.

Tadayyon A, Nikneshan P, Pessarakli M., 2018. Effects of drought stress on concentration of macro- and micro-nutrients in Castor (*Ricinus communis* L.) plant. *Journal of Plant Nutrition*, 41(3): 304-310.

Tom-Petersen A, Hansen HC, Nybroe O., 2004. Time and moisture effects on total and bioavailable copper in soil water extracts. *J Environ Qual*, 33(2): 505-512.

Urbina I, Sardans J, Beierkuhnlein C, Jentsch A, Backhaus S, Grant K, Kreyling J, Peñuelas J., 2015. Shifts in the elemental composition of plants during a very severe drought. *Environ Exp Bot.*, 111: 63-73.