



# Tuz ve Potasyum Uygulamalarının Mısırın Yaprak Su Durumu ile Bazı Agronomik ve Yansıma Özelliklerine Etkileri

Kürşad Demirel\* Gökhan Çamoğlu<sup>1</sup>  
Melis İnalpulat<sup>1</sup> Fatih Kahrıman<sup>2</sup> Levent Genç<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ÇOMÜ Ziraat Fakültesi, Tarımsal Sensör ve Uzaktan Algılama Laboratuvarı, 17020, Çanakkale.

<sup>2</sup> ÇOMÜ Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 17020, Çanakkale.

\*Sorumlu yazar: kdemirel@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 31.01.2014

Kabul Tarihi: 18.02.2014

## Özet

Bu çalışma, mısır bitkisinin erken vejetatif döneminde potasyum eksikliğinin ve tuz stresi koşullarında uygulanan potasyum düzeylerinin bazı agronomik özelliklere, biyokütle, yaprak su göstergelerine ve spektral karakteristiklerine etkisini belirlemek amacıyla 2012 yılında laboratuvar koşullarında yürütülmüştür. Denemede mısıra 2 farklı tuz (0,5 ve 4,0 ds m<sup>-1</sup>) ve 4 farklı potasyum seviyesi (14 kg da<sup>-1</sup>, 28 kg da<sup>-1</sup>, 56 kg da<sup>-1</sup>, 84 kg da<sup>-1</sup>) uygulanmıştır. Çalışmada, agronomik ölçümler (bitki boyu, taç genişliği, gövde çapı), biyokütle verimleri (toprak üstü yaş ve kuru ağırlık) ve yaprak su göstergelerine ait parametrelerin (yaprak oransal su içeriği (YOSİ), eşdeğer su yüksekliği (ESY), yaprak su içeriği (YSİ) yanı sıra; spektral ölçümlere dayalı bazı indeksler hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, mısır bitkisinde erken dönemde yeterli potasyum uygulanması durumunda tolerans seviyesinden daha fazla uygulanan tuz konusunda (4,0 ds m<sup>-1</sup>) bitki taç genişliği, bitki boyu ve gövde çapı değerlerinin etkilenmediği görülmüştür. En yüksek yaprak su gösterge değerleri 0,5 ds m<sup>-1</sup> tuz ve 14 kg da<sup>-1</sup> potasyumun uygulandığı bitkilerde elde edilmiştir. Ayrıca, yüksek tuz uygulamalarında yaprak su içeriğinin azaldığı ancak yüksek potasyum uygulanması ile tekrar artış olduğu gözlenmiştir. Buna karşın, biyokütle değerleri su içeriğinin tersine bir eğilim göstermiştir. Spektral indekslerden yalnızca PRI (fotokimyasal yansıma indeksi) için uygulamalar arasında fark önemli bulunmuştur. Korelasyon analizi sonuçları da PRI ile yaprak su göstergeleri arasında pozitif yönde (0,58–0,75) bir ilişki olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuz, Potasyum, Mısır, Spektral İndeks.

## Abstract

### Effects of Salt and Potassium Applications on Some Agronomic and Reflectance Characteristics along with Leaf Water Status of Maize

This study was conducted to determine the effects of potassium deficiency and different potassium levels applied under salt stress conditions on some agronomic features, biomass, leaf water indicators and spectral characteristics at early growth period of maize *in vitro* conditions in 2012. In this experiment, two different salinity (0.5 and 4.0 ds m<sup>-1</sup>) and four different potassium levels (14 kg da<sup>-1</sup>, 28 kg da<sup>-1</sup>, 56 kg da<sup>-1</sup>, 84 kg da<sup>-1</sup>) were applied. Agronomic measurements (plant canopy width, plant height and trunk diameter), biomass (fresh and dry weight), leaf water indicators (relative water content (RWC), equivalent water thickness (EWT), leaf water content (LWC)) and some indices based on spectral measurements were also calculated. It was seen that plant canopy width, plant height and trunk diameter were not affected by salinity level which applied over the level of tolerance, if sufficient potassium levels are applied at early growth period of maize. The highest values of leaf water indicators were obtained at 0.5 ds m<sup>-1</sup> salinity and 14 kg da<sup>-1</sup> potassium rates. It was seen that leaf water content was decreased at higher salinity levels but it was increased again at higher potassium levels. On the other hand, biomass values showed a trend in contrast to water content. The difference between the treatments was found to be significant at PRI (photochemical reflectance index). Correlation analysis results showed that there was a meaningful relationship (0.58–0.75) between leaf water indicators and PRI.

**Key Words:** Salinity, Potassium, Maize, Spectral Index.

## Giriş

Bitkilerde tuz stresi, çözülmüş tuzların bitki kök bölgesinde bulunması sonucu ozmotik potansiyel ve toksik etki yapan iyon konsantrasyonlarının yüksekliğinden kaynaklanır. Larcher (1995) aşırı tuz stresinin bitkilerde bodur büyümeye ve kök büyümesinde gerilemeye neden olduğunu belirtmiştir. Stresli bitkilerde tomurcuk oluşumu azalır, toprak üstü gelişme olumsuz şekilde etkilenir ve yapraklar küçük kalır (Kacar ve ark., 2009). Topraktaki tuz oranındaki artışa bağlı olarak su potansiyeli düşmekte, buna bağlı olarak da bitki var olan sudan daha az yararlanabilmektedir. Böyle topraklarda bitkinin potasyum (K) alımı da önemli derecede azalmaktadır (Taban ve Katkat, 2000). Potasyum bitkilerdeki su dengesi üzerine oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Yeterli derecede K



bulunmaması durumunda hücre büyüklüğü ve bitkide büyüme oranının azalmasına paralel olarak bitki dokularında su miktarı da azalmaktadır. Genç bitki dokularında hücre büyümesi ve turgor oluşumunda K önemli rol oynar. Dolayısıyla K eksikliğinde bitkide turgor basıncı düşer ve bitki dokularında ve hücre organellerinde anormal gelişmeler görülür (Kacar ve Katkat, 2006).

Potasyum, bitkinin tuz ve su stresine karşı koyabilme yeteneğini ve toleransını arttırmaktadır. Bu element bitkide yeterli düzeylerde ise transpirasyon kontrol altına alınmaktadır. Mekanizma, özelleşmiş stoma kapatma hücrelerinde K birikmesi sonucu su potansiyelinin düşmesi ve buna bağlı olarak hücreye su girmesi ve yine bu hücrelerde K eksilmesi sonucu şeker ve nişasta birikmesi nedeniyle su potansiyelinin artmasına dayanmaktadır. Tuzlu koşullarda bu mekanizma ozmotik basınçtan dolayı aksamakta, ancak ilave K verilmesi durumunda, sodyum (Na) ile rekabet edecek K miktarı artmakta ve bozulmuş olan hücre içi Na/K dengesi yeniden ayarlanarak metabolik faaliyetler düzene girebilmektedir (Kaya ve Tuna, 2005). Yakıt ve Tuna (2006) tuz stresi altındaki mısır bitkisine verilen kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve K bileşiklerin membran geçirgenliği ve oransal su içeriği üzerine olumlu etki yaptığını ve tuzun olumsuz etkisinin azaldığını belirtmişlerdir. Beringer ve Trollenier (1978) fasulye bitkisinde, Bohra ve Doerffling (1993) çeltikte, Anaç ve ark. (1979) mandarinde, Kaya ve ark. (2001) ıspanakta, Kaya ve Higgs (2003) biberde, yaptıkları çalışmalarda, K uygulamalarının tuz stresini iyileştirici yönde etki yaptığını belirtmişlerdir.

Mısır, tuza karşı orta derecede toleranslı bitki grubunda yer almaktadır. Sulama suyunun elektriksel iletkenliği  $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ 'ye kadar verimde bir azalma olmamakta ancak  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ 'ye ulaştığında verimde yaklaşık %50 oranında kayıplar meydana gelmektedir (Ayers ve Wescot, 1976). Mısır bitkisinde sulama suyundaki tuz miktarının verimi azalttığı (Bar-tal ve ark., 1991; Shani ve Dudley, 2001; Malkoç ve Aydın, 2003), bununla birlikte tuzun bu olumsuz etkisinin potasyum uygulaması ile giderildiğini bildirmişlerdir (Bar-tal ve ark., 1991).

Bitkilerde tuz stresi durumunda ve potasyum düzeylerine bağlı olarak yapraklarda meydana gelen değişimler bitkilerin yansıma özelliklerini de değiştirmektedir. Buna bağlı olarak bitkilerde tuz stresi veya K eksikliği uzaktan algılama teknolojisiyle belirlenebilmektedir. Leone ve ark. (2000), spektral yansıma özelliklerinden yararlanarak toprak tuzluluğunun biber bitkisine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; klorofil içeriği, yaprak su potansiyeli ve kuru biyokütle ile spektral indeksler (REP, NDVI, WBI) arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler olduğunu tespit etmişlerdir. Turhan ve ark. (2006) ayçiçeğinde tuz stresine bağlı olarak klorofilin olumsuz etkilendiğini ve buna bağlı olarak NDVI değerlerinin düştüğünü bildirmişlerdir. Smart ve ark. (2007) bağda yaptıkları bir çalışmada, hiperspektral yansıma verilerinin K eksikliğinin gözlenmesinde kullanışlı bir araç olduğunu belirtmişlerdir. Ke ve ark. (1993) çeltikte ve Shi-lai ve ark. (2010) portakalda yaptıkları çalışmalarda farklı düzeylerdeki K bağlı olarak bitkilerin yansıma özelliklerinin değiştiğini bildirmişlerdir.

Çalışma, farklı potasyum ve tuz konsantrasyonları kombinasyonlarının uygulandığı mısır bitkisinin erken gelişim döneminde bazı agronomik özellikler, biyokütle verimi, yaprak su durumu ve yansıma özelliklerindeki değişimin incelenmesi amacıyla yürütülmüştür.

### **Materyal ve Yöntem**

Deneme, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tarımsal Sensör ve Uzaktan Algılama Laboratuvarı bitki yetiştirme ünitesinde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sekiz litre hacmindeki saksılarda yetiştirme ortamı olarak bitki besin elementleri içermemesi nedeniyle yıkanmış ve elenmiş kum+perlit (1:1 oranında) karışımı kullanılmıştır. Bu durumda bir saksının ağırlığı 4,5 kg olmuştur.

Denemede ortam şartları olarak oda sıcaklığı  $25^{\circ}\text{C}$ , ışık şiddeti 4.000 lüks ve fotoperiyod 16–8 saat/gün olarak belirlenmiştir.

Mısır bitkisi için ihtiyaç duyulan gübre miktarları N için  $25 \text{ kg da}^{-1}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  formunda fosfor (P) için  $13 \text{ kg da}^{-1}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  formunda K için  $28 \text{ kg da}^{-1}$ 'dir. Fosfor ve diğer mineral madde ihtiyacını karşılamak için saksı başına 12 mL sıvı organomineral gübre damla sulama sistemiyle uygulanmıştır. Kalan N ihtiyacının yarısı ekimden önce diğer yarısı da ekimden 2 hafta sonra  $\text{CaNH}_4\text{NO}_3$  formunda uygulanmıştır.

Bitkiler damla sulama sistemiyle sulanmıştır. Sistem, her bir saksıya bir damlatıcı gelecek şekilde dizayn edilmiştir. Debisi  $2 \text{ L h}^{-1}$  olan damlatıcılar  $\text{Ø}16$  çapında PE borulara monte edilmiştir. Her bir konunun başına, yeterli yüksekliği, 19 lt hacminde su depoları yerleştirilmiştir. Besin çözeltisi



ve tuz uygulaması bu depoların içine koyularak yapılmıştır. Sulama uygulamaları her gün olmak üzere tarla kapasitesi nem düzeyine gelecek şekilde yapılmıştır.

Tuz uygulanmayan konuların sulanmasında şebeke suyu kullanılmıştır. Tuz uygulanan konularda sulama suyuna gübre solüsyonu konduktan sonra EC metre yardımıyla 4 dS m<sup>-1</sup> değerine gelinceye kadar NaCl formunda eritilmiş tuz eklenmiştir. Deneme konuları Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede uygulanan konular

Konu	EC <sub>w</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )
T0K1	0,5	100 (14 kg da <sup>-1</sup> )
T0K2	0,5	200 (28 kg da <sup>-1</sup> )
T1K2	4,0	200 (28 kg da <sup>-1</sup> )
T1K3	4,0	400 (56 kg da <sup>-1</sup> )
T1K4	4,0	600 (84 kg da <sup>-1</sup> )

EC: Suyun elektriksel iletkenliği.

20.10.2012 tarihinde her bir saksıya 3 tohum ekilmiş ve ekimden sonraki 7. günde (ESG<sub>7</sub>) en iyi çıkış yapan bir bitki bırakılmıştır. Ortalama bitki boyunun 25 cm olduğu ekimden 2 hafta sonra konulara göre sulamalara başlanmıştır. Uygulamaların başlamasından 1 hafta sonra agronomik ve spektral ölçümlere başlanmış ve 6. haftada bitkiler hasat edilerek deneme sonlandırılmıştır. Hasat edilen bitkilerde biyokütle ve yaprak su göstergesi ölçümleri yapılmıştır.

### Bitkilerden Yapılan Ölçümler

#### Agronomik Ölçümler

Mısır bitkisinin agronomik özelliklerinden taç hacmini belirlemek için bitki serbest durumdayken en uç iki yaprak arasındaki mesafe; bitki boyu için toprak seviyesinden itibaren bitkinin en üst kısmına kadar olan mesafe ölçülmüştür. Gövde çapı toprak yüzeyi ile ilk yaprak arasındaki orta noktadan kumpas yardımıyla belirlenmiştir. Agronomik ölçümler ESG<sub>29</sub>, ESG<sub>36</sub>, ESG<sub>43</sub> günde yapılmıştır.

#### Biyokütle Ölçümleri

Hasat sonrası bitkilerin toprak üstü kısmı kesilip tartılarak yaş biyokütle, etüvde 48 saat 70 °C bekletildikten sonra çıkarılıp tekrar tartılarak kuru biyokütle elde edilmiştir.

#### Yaprak Su Göstergesi Ölçümleri

Hasat öncesinde her bir tekerrürdeki bir bitkinin üç farklı noktasından alanı bilinen diskler yardımıyla yaprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler hassas terazi yardımıyla tartılarak yaş ağırlık (YA), 24 saat süre ile saf suda bekletilip doymun durumuna getirilerek turgor ağırlık (TA) ve ardından etüvde 70°C'de 24 saat süreyle bekletilerek kuru ağırlık (KA) değerleri elde edilmiştir. Söz konusu değerlerden yararlanılarak Eşitlik 1 yardımıyla yaprak oransal su içeriği (YOSİ) (Bowman, 1989), Eşitlik 2 yardımıyla eşdeğer su yüksekliği (ESY) (Tucker, 1980) ve Eşitlik 3 yardımıyla yaprak su içeriği (YSİ) (Garnier ve Laurent, 1994) hesaplanmıştır.

$$YOSİ(\%) = \frac{YA - KA}{TA - KA} \times 100 \quad (1)$$

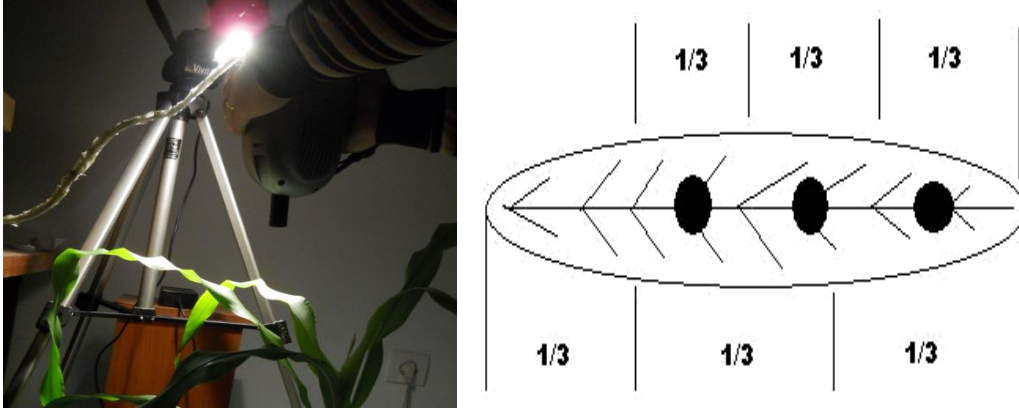
$$ESY(\text{gr}/\text{cm}^2) = \frac{YA - KA}{Alan} \quad (2)$$

$$YSİ(\%) = \frac{YA - KA}{YA} \times 100 \quad (3)$$

#### Spektral Ölçümler

Spektral ölçümler her bitkinin gelişimini tamamlamış bir yaprağın Şekil 1.'de koyu renkle gösterilen üç farklı noktasında 1 derecelik lens kullanılarak yaprak düzeyinde yapılmıştır. Spektral ölçümler agronomik ölçümler ile aynı zaman dilimlerinde yapılmıştır. Ölçümlerde, 325-1075 nm spektral aralıkta ölçüm yapan el spektrometresi (Analytical Spectral Devices Inc, Boulder, CO,

USA) ve ışık kaynağı olarak da 12 volt DC kullanılmıştır. Lens, yaprağa yaklaşık 15 cm'lik mesafede, ışık kaynağı ise bitkiye 45°'lik açı yapacak şekilde tutulmuştur. Bu üç noktadan alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Alınan spektral ölçümlerden yararlanılarak Çizelge 2.'de belirtilen formüllere göre spektral indeksler hesaplanmıştır.



Şekil 1. Yaprakta spektral ölçümler ve ölçümlerin alındığı noktalar.

Çizelge 2. Denemede ele alınan spektral indeksler

Spektral İndeks	Eşitlik	Kaynak
<b>Su İndeksi (WBI)</b>	$WBI = \frac{R_{900}}{R_{970}}$	Penuelas ve ark. (1997)
<b>Basit oran (SR)</b>	$SR = \frac{R_{900}}{R_{680}}$	Jackson ve ark. (1980)
<b>Normalize edilmiş vejetatif değişim indeksi (NDVI)</b>	$NDVI = \frac{R_{800} - R_{680}}{R_{800} + R_{680}}$	Penuelas ve ark. (1997)
<b>Normalize edilmiş pigment klorofil indeksi (NPCI)</b>	$NPCI = \frac{(R_{680} - R_{430})}{(R_{680} + R_{430})}$	Penuelas ve ark. (1994)
<b>Yapısal Bağımsız Pigment İndeksi (SIPI)</b>	$SIPI = \frac{(R_{800} - R_{445})}{(R_{800} - R_{680})}$	Penuelas ve ark. (1995)
<b>Fotokimyasal yansıma indeksi (PRI)</b>	$PRI = \frac{(R_{570} - R_{531})}{(R_{570} + R_{531})}$	Gamon ve ark. (1992)
<b>Kırmızı/Yeşil yansıma oranı (RGI)</b>	$RGI = \frac{R_{690}}{R_{550}}$	Gamon ve Surfus (1999)

### İstatistiksel Analiz

Mısır bitkisinde agronomik ölçümler, yaprak su göstergeleri ve biyokütle verileri SPSS 13.0 paket programında tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. İstatistiki açıdan konular arasında varyans analizi sonuçlarına göre önemli bulunan farklar LSD testi ile kıyaslanmıştır. Spektral indekslerle ilgili veriler boxplot olarak sunulmuştur ve yaprak su göstergeleri ile spektral indeksler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile incelenmiştir.

### Bulgular ve Tartışma Agronomik Ölçümler

Mısır bitkisine ilişkin yapılan taç genişliği, bitki boyu ve gövde çapı ölçüm değerleri Çizelge 3.'te gösterilmiştir. Ölçümler, ESG<sub>29</sub>, ESG<sub>36</sub> ve ESG<sub>43</sub>'de yapılmıştır. Taç genişliği değerleri incelendiğinde, ESG<sub>29</sub>'da uygulamalar arasında farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. ESG<sub>36</sub> ve ESG<sub>43</sub>'lerde en düşük değerler tuzsuz ve potasyumun en az uygulandığı konudan (T0K1) elde edilmiştir. Birbirine yakın diğer uygulamalar arasındaki farklılık önemli olmadığı görülmüştür. Bitki boyu ve gövde çapı değerleri, taç genişlik değerlerine (ESG<sub>29</sub> dışında) benzer bir sonuç göstermiştir. Bu çalışmada incelenen agronomik özellikler birlikte



değerlendirildiğinde, tuzsuz koşullarda potasyum noksanlığı ve tuzlu koşullarda ise potasyumun aşırı uygulanmasında söz konusu değerlerin genel olarak düşük çıktığı görülmüştür. Hofner ve Krantz (1951) genç mısır bitkisinde potasyum eksikliğinin büyümeyi azalttığını bildirmişlerdir (Kacar ve Katkat, 2006). Karakullukçu ve Adak (2008) farklı nohut çeşitlerinde yaptıkları çalışmada, tuz miktarı arttıkça bitki boyunda azalmalar olduğunu belirtmişlerdir. Yakıt ve Tuna (2006) mısır bitkisinde tuz stresinin bitki boyu ve gövde çapına yaptığı olumsuz etkinin Ca, M ve K uygulamalarını ile olumlu bir etkiye dönüştüğünü belirtmişlerdir. Çalışmamızda da bu bulguları doğrulayan sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak, bitki gelişimi açısından tuz konsantrasyonunun arttığı konularda fazladan potasyum uygulanmasının bitki gelişimine olumsuz etki ettiği görülmüştür.

Çizelge 3. Mısır bitkisine ilişkin bazı agronomik özellikler

Konu	ESG			ESG			ESG		
	29	36	43	29	36	43	29	36	43
	Taç genişliği			Bitki boyu			Gövde çapı		
T0K1	34 b	40 b	45 c	34,0 b	39,0 c	49,7 c	3,5 c	3,8 b	5,8 b
T0K2	58 a	67 a	75 a	58,0 a	68,0 a	74,0 a	6,4 ab	7,9 a	9,8 a
T1K2	56 a	63 a	78 a	62,0 a	70,7 a	80,0 a	6,0 b	8,4 a	9,5 a
T1K3	53 a	64 a	69 ab	61,5 a	71,5 a	78,5 a	7,4 a	8,5 a	9,5 a
T1K4	39 b	48 b	60 b	42,0 b	54,5 b	59,5 b	3,6 c	3,9 b	5,7 b

Not: Aynı tarihte farklı küçük harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %5 düzeyinde önemlidir.

### Biyokütle ve Yaprak Su Göstergeleri

Mısır bitkisine farklı uygulamalara ilişkin yaş ve kuru biyokütle, YOSİ, ESY ve YSİ değerleri Çizelge 4.'te verilmiştir. Tuzsuz koşullarda ve potasyum eksikliğinde (T0K1) biyokütle değerlerinin düşük çıktığı görülmüştür. Mısırın erken döneminde potasyum uygulamasının belli bir seviyeye kadar biyokütle değerini arttırdığı, söz konusu sınır değerinden fazla uygulanmasında ise biyokütle verimini olumsuz yönde etkilediği söylenebilir. Mısır ile yapılmış çalışmalarda; Bar-tal ve ark. (1991) mısır bitkisinde sulama suyundaki tuz miktarının verimi azalttığı, bununla birlikte tuzun bu olumsuz etkisinin potasyum uygulaması (kumlu toprak hariç) ile giderildiğini bildirmişlerdir. Shani ve Dudley (2001) mısır, kavun ve yonca üzerine yaptıkları çalışmada tuzun verim üzerine etkisinin kısıtlı sulama koşullarında etkilenmediği, fazla sulamadan ise etkilendiğini bildirmişlerdir. Malkoç ve Aydın (2003) mısır ve fasulye bitkisinde uygulanan tuz dozu arttıkça bitki kuru madde miktarlarında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Güneş ve Aktaş (2008) su stresi altında yetiştirilen genç mısır bitkisinde potasyum dozları arttıkça toprak üstü kuru madde miktarının da arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar farklı bitkilerde tuz ve potasyum interaksiyonunun verim üzerindeki etkisinin önemli olduğunu vurgulamışlardır (Asch ve ark., 2000; Erdal ve ark., 2000; Yağmur ve ark., 2003, Yurtseven ve ark., 2005; Yağmur ve ark., 2006).

Çizelge 4. Mısır yapraklarına ilişkin biyokütle ve yaprak su gösterge değerleri

Konu	Yaş biyokütle (gr bitki <sup>-1</sup> )	Kuru biyokütle (gr bitki <sup>-1</sup> )	YOSİ (%)	ESY (g cm <sup>-2</sup> )	YSİ (%)
T0K1	12,3c	1,0c	93,7a	1,21a	90,1a
T0K2	64,7a	5,5a	92,4bc	1,19a	86,5bc
T1K2	66,7a	5,9a	91,8c	0,96b	84,8cd
T1K3	66,8a	6,0a	90,6d	0,95b	83,7d
T1K4	27,4b	2,3b	93,4ab	1,02b	87,3b

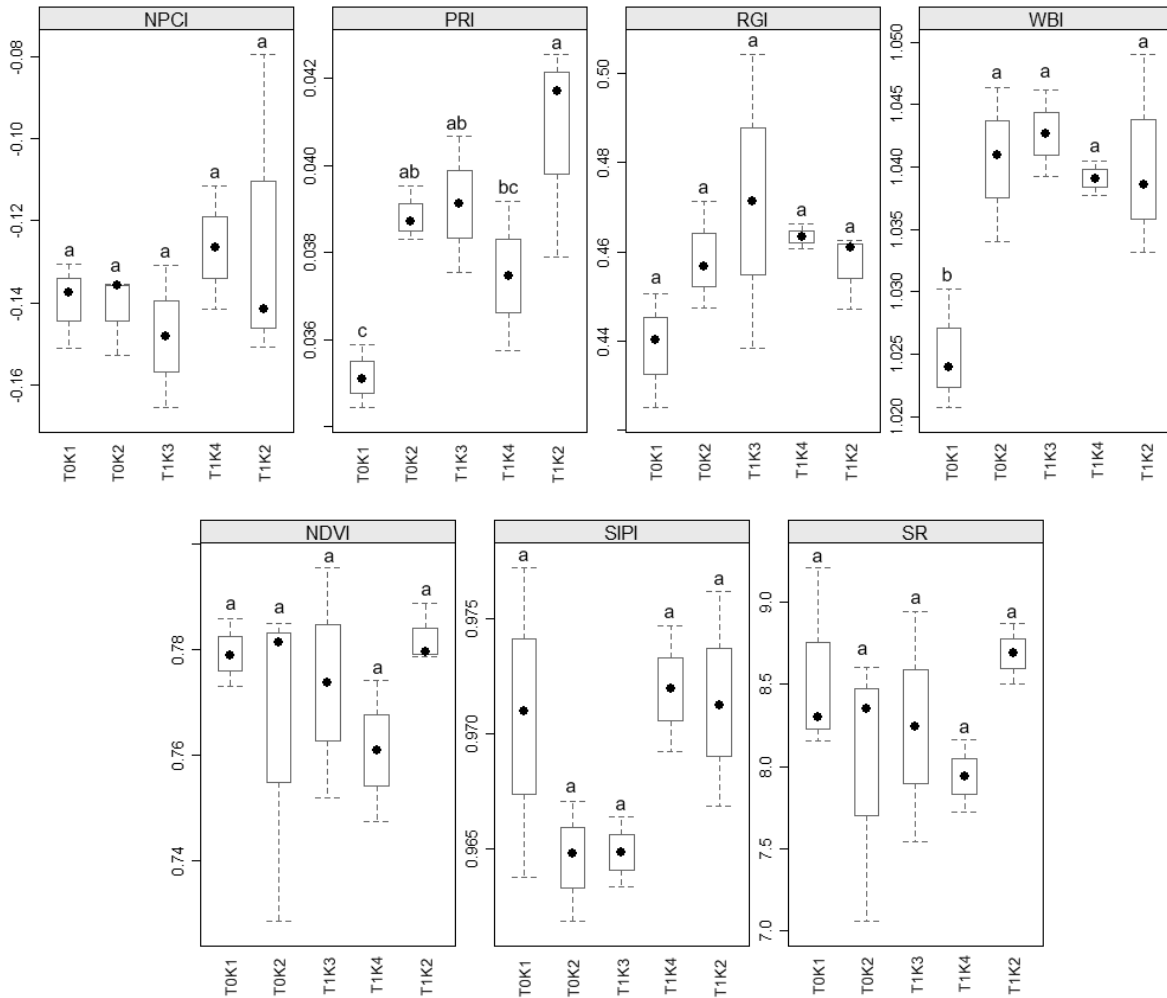
Çizelge 4 incelendiğinde, YOSİ, ESY ve YSİ değerleri konulara göre paralellik göstermiştir. YOSİ ve YSİ'de en yüksek değerler tuzsuz olan ve potasyumun en az uygulandığı konudan elde edilmiştir. Konulara uygulanan tuz miktarının artmasıyla YOSİ, ESY ve YSİ değerlerinde bir azalma görülmüştür. Bununla birlikte, potasyum uygulamasının artmasıyla K4 uygulamasında (84 kg da<sup>-1</sup>) söz konusu değerlerde tekrar bir artış gözlenmiştir. Bu konuda yapılmış diğer çalışmalarda; Umar (2006) sorgum, hardal ve yerfıstığında su stresinin olumsuz etkisini gidermek için potasyum uygulaması yapmış ve araştırma sonucunda yaprak oransal su içeriğine etkisinin normal koşullarda %14,7-22,8, su



stresi koşullarında %8,7-19,9 oranında arttığını bildirmiştir. Yakıt ve Tuna (2006) mısır bitkisinde tuz stresinin yaprak oransal su içeriğine olumsuz etkisinin Ca, M ve K uygulamalarını ile giderildiğini belirtmişlerdir. Bu durumda, bitkilerde tuz miktarının su içeriğine karşı olumsuz etkisinin potasyum uygulaması ile tolere edilebileceği söylenebilir.

### Spektral İndeksler

Çalışmada hesaplanan spektral indekslerden NPCI, RGI, NDVI, SIPI ve SR'de uygulamalara göre önemli bir değişim meydana gelmemiştir (Şekil 2.). PRI indeksine ait hesaplanan değerler bakımından konular arasında önemli farklar olduğu görülmüştür. Çalışmada yer alan konulardan T1K2 uygulamasında PRI indeks değerinin önemli ölçüde arttığı ve bu uygulama ile T1K4 ve T0K1 uygulamaları arasında istatistiki açıdan önemli bir fark olduğu görülmüştür (Şekil 2.). Boxplot grafiklerinde en düşük ve yüksek değerlere ait kesim noktaları dikkate alındığında, PRI indeksinin T1K2 ve T0K1 uygulamalarının ayırımında başarılı şekilde kullanılabilceği görülmüştür. Krezhova ve ark. (2009) farklı tuz uygulamaları altında yetiştirdikleri soya fasulyesinde erken dönemde yaptıkları spektral ölçümlerde görünür ve yakın kızılötesi (450-850 nm) dalga boylarının en iyi sonuç gösterdiğini bildirmişlerdir. Arkimaa ve ark. (2009) yosun bitkisinde yaptıkları çalışmada, potasyum ile spektral indeksler arasındaki ilişkileri incelemişler ve korelasyon katsayılarını 0,53-0,61 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.



Şekil 2. Çalışmada hesaplanan spektral indekslerin konulara göre elde edilen değerleri.

### Yaprak Su Göstergeleri ve Spektral İndeksler Arasındaki İlişkiler

Yaprak su göstergeleri olan YOSİ, ESY ve YSİ değerleri ile çalışmada incelenen spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 5.'te verilmiştir. Mısırın erken döneminde söz konusu parametrelerle en iyi ilişki PRI indeksinden elde edilmiştir. Ayrıca, Şekil 2.'de gösterilen



Boxplot grafiklerinde konuların ayırımında en iyi sonucu veren PRI indeksi olmuştur. Bu nedenle, söz konusu indeksin mısır bitkisinde erken döneminde tuz ve potasyum ilişkisinin ortaya konmasında kullanılabileceği söylenebilir. Farklı bitkilerde yapılmış çalışmalarda; Çamoğlu ve ark. (2013) zeytin fidanlarında yaptıkları çalışmada, PRI indeksi ile YOSİ arasındaki belirtme katsayısını ( $R^2$ ) 0.70 olduğunu bildirmişlerdir. Penuelas ve Inoue (1999) yerfistiğinde WBI/NDVI spektral indeksinin YOSİ tahmininde en iyi indeksler olduğunu belirtmişlerdir. Strachan ve ark. (2002) mısır bitkisinde YSI ile fWBI spektral indeksi ile arasındaki  $R^2$  değerini 0,78 olarak elde etmişlerdir.

Çizelge 5. Yaprak su göstergeleri ve spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayıları

	WBI	NPCI	PRI	RGI	SR	SIPI	NDVI	YOSİ	ESY	YSİ
<b>WBI</b>										
<b>NPCI</b>	0.43 <sup>ns</sup>									
<b>PRI</b>	0.38 <sup>ns</sup>	-0.20 <sup>ns</sup>								
<b>RGI</b>	0.58 <sup>*</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>							
<b>SR</b>	-0.28 <sup>ns</sup>	-0.08 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	-0.73 <sup>**</sup>						
<b>SIPI</b>	-0.10 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>*</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.26 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>ns</sup>					
<b>NDVI</b>	-0.34 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	-0.64 <sup>*</sup>	0.94 <sup>**</sup>	0.28 <sup>ns</sup>				
<b>YOSİ</b>	-0.48 <sup>ns</sup>	0.31 <sup>ns</sup>	-0.61 <sup>*</sup>	-0.30 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	0.43 <sup>ns</sup>	-0.22 <sup>ns</sup>			
<b>ESY</b>	-0.23 <sup>ns</sup>	-0.02 <sup>ns</sup>	-0.58 <sup>*</sup>	-0.34 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.10 <sup>ns</sup>	-0.27 <sup>ns</sup>	0.50 <sup>ns</sup>		
<b>YSİ</b>	-0.57 <sup>*</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	-0.75 <sup>**</sup>	-0.39 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	0.73 <sup>**</sup>	0.66 <sup>**</sup>	

### Sonuç ve Öneriler

Çalışmada, mısır bitkisinde erken döneminde uygulanan tuz ve potasyum düzeylerinin biyokütle verimine, agronomik özelliklere, yaprak su göstergelerine ve spektral indekslere etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, potasyum uygulamasının belli bir seviyeye kadar biyokütle değerini arttırdığı, söz konusu sınır değerinden sonra biyokütle verimini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Ayrıca, bitkiye yeterli potasyum seviyesi uygulanması durumunda bitki boyu, çapı ve gövdesi gibi agronomik özelliklerin etkilenmediği görülmüştür. Yaprak su göstergelerinin tuz miktarına bağlı olarak azaldığı ancak belirli bir değerden sonra tekrar arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmada incelenen spektral indekslerden PRI indeksi ile yaprak su göstergeleri arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğu ve PRI spektral indeksin mısır bitkisinin erken döneminde stresin belirlenmesinde kullanılabilecek potansiyelde olduğu görülmüştür. Ancak, bu indeksin kullanımının daha sağlıklı değerlendirilmesi için daha fazla sayıda örnekle çalışılan ve arazide yürütülen denemelerin yapılmasına ihtiyaç vardır. İleriki çalışmalarda, potasyumun stresi azaltıcı etkisi göz önüne alınarak, söz konusu besin elementinin farklı su ve tuz stresi koşullarında yetiştirilen bitkiler üzerine etkilerinin araştırılması önerilmektedir.

### Kaynaklar

- Anaç, D., Aksoy, U., Anaç, S., Hepaksoy, S., Can, Z., 1979. Potassium and leaf water relations under saline conditions, Sci. Reg. IPI satellite prog.
- Arkimaa, H., Laitinen, J., Korhonen, R., Moisanen, M., Hirvasniemi, T., Kuosmanen, V., 2009. Spectral reflectance properties of sphagnum moss species in finnish mires. [http://www.earsel.org/workshops/IS\\_Tel-Aviv\\_2009/PDF/earsel-PROCEEDINGS/3061%20Arkima.pdf](http://www.earsel.org/workshops/IS_Tel-Aviv_2009/PDF/earsel-PROCEEDINGS/3061%20Arkima.pdf) [20.01.2014].
- Asch, F., Dingkuhn, M., Dörffling, K., Miezán, K., 2000. Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. Euphytica. 113: 109–118.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1976. Water Quality for Agriculture . FAO Irrigation and Drainage Paper No, 29 (Rev 1), Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Bar-Tal, A., Feigenbaum, S., Sparks, D.L., 1991. Potassium-salinity interactions in irrigated corn. Irrigation Science. 12: 27–35.
- Beringer, H., Trolldenier, G., 1978. Influence of K nutrition on the response to environmental stresses. In: Potassium Research – Reviews and Trends?. International Potash Institute, Basel, Switzerland, pp. 189–222.
- Bohra, J.S., Doerffling, K., 1993. K nutrition of rice (O. sativa L.) varieties under NaCl salinity. Plant and Soil. 152 (2): 299–303.
- Bowman, W.D., 1989. The relationships between leaf waterstatus, gas exchange, and spectral reflectance in cotton leaves. Remote Sensing of Environment. 30: 249–255.



- Camoglu, G., Kaya, U., Akkuzu, E., Genc, L., Gurbuz, M., Pamuk Mengu, G., Kızıl, U., 2013. Prediction of leaf water status using spectral indices at young olive trees. *Fresenius Environmental Bulletin*. 22 (9a): 2713–2720.
- Erdal, İ., Türkmen, Ö., Yıldız, M., 2000. Tuz stresi altında yetiştirilen hıyar (*Cucumis sativus* L.) fidelerinin gelişimi ve kimi besin maddeleri içeriğindeki değişimler üzerine potasyumlu gübrelemenin etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*. 10 (1): 25–29.
- Gamon, J.A., Penuelas, J., Field, C.B., 1992. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing of Environment*. 41: 35–44.
- Gamon, J.A., Surfus, J.S., 1999. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. *New Phytologist*. 143: 105–117.
- Garnier, E., Laurent, G., 1994. Leaf anatomy, specific mass and water content in congeneric annual and perennial grass species. *New Phytologist*. 128: 725–736.
- Güneş, M., Aktaş, M., 2008. Su stresinde yetiştirilen genç mısır bitkisinde potasyum uygulamasının gelişme ve verim üzerine etkisi. *HR. Ü. Z.F. Dergisi*. 12 (2): 33–36.
- Hofner, G.N., Krantz, B.A., 1951. Deficiency Symptoms of Corn and Small Grains. In: *Hunger Signs in Crops*. The American Society of Agronomy and the National Fertilizer Association, Washington, D.C
- Jackson, R.D., Pinter Jr. P.J., Reginato, R.J., Idso, S.B., 1980. *Hand-Held Radiometry, A Set of Notes Developed for Use at the Workshop on Hand-Held Radiometry, February 25–26, Phoenix, Ariz.*
- Kacar, B., Katkat, A.V., 2006. *Bitki Besleme*. Nobel Yayın No: 849. Fen ve Biyoloji Yayın Dizisi:29 ISBN 975-591-834-5. 2. Basım, 589 s. Ankara.
- Kacar, B., Katkat, A.V., Öztürk, Ş., 2009. *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Yayın No: 848, 556 s. Ankara.
- Karakullukçu, E., Adak, M.S., 2008. Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin tuza toleranslarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 14 (4): 313–319.
- Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H., 2001. The effects of high salinity and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Bulg. J. Plant Physiol*. 27 (3–4): 47–59.
- Kaya, C., Higgs, D., 2003. Supplementary potassium nitrate improves salt tolerance in bell pepper plants. *Journal of Plant Nutrition*. 26 (7): 1367–1382.
- Kaya, C., Tuna, A.L., 2005. The role and importance of potassium in the plant grown under salt stress. *Int. Potash Institute. Optimizing Crop Nutrition, Potassium in Soil, Plant and Agro Ecosystem*. <http://www.ipipotash.org/en/speech/index.php?o=270>.
- Ke, W., Zhangquan, S., Renchao, W., 1993. Study on the feasibility of estimating potassium content by rice spectral analysis. *Journal of Zhejiang Agricultural University*. [http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-ZJNY1993S1017.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZJNY1993S1017.htm) [20.01.2014].
- Krezhova, D., Iliiev, I., Yanev, T., Kirova, E., 2009. Assessment of the effect of salinity on the early growth stage of soybean plants (*Glycine max* L.). 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies. 397–402. JUN 11–13, 2009. Istanbul, Turkey.
- Larcher, W., 1995. *Physiological Plant Ecology*. 3rd Ed.P 1–506. Springer-Verlag, New York.
- Leone, A.P., Mementi, M., Sorrentino, G., 2000. Reflectance spektrometry to study crop response to soil salinity. *Ital. J. Agron*. 4 (2): 75–85.
- Malkoç, M., Aydın, A., 2003. Mısır (*Zea Mays* L.) ve fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.)'nin gelişimi ve bitki besin maddeleri içeriğine farklı tuz uygulamalarının etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 34 (3): 211–216.
- Penuelas, J., Gamon, J.A., Fredeen, A.L., Merino, J., Field, C.B., 1994. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen- and water-limited sunflower leaves. *Remote Sens. Environ*. 48 :135–146.
- Penuelas, J., Baret, F., Filella, I., 1995. Semi-Empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica*. 31: 221–230.
- Penuelas, J., Pinol, J., Ogaya, R., Filella, I., 1997. Estimation of plant water concentration by the reflectance water index WI (R900/R970). *Int. J. of Remote Sensing*. 18: 2869–2875.
- Penuelas, J., Inoue, Y., 1999. Reflectance indices indicative of changes in water and pigment content of peanut and wheat leaves. *Photosynthetica*. 36: 335–360.
- Shani, U., Dudley, L.M., 2001. Field studies of crop response to water and salt stress. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1522–1528.
- Shi-lai, Y., Lie, D., Shao-lan, H., Yong-qiang, Z., Sha-sha, M., 2010. A Spectrum based models for monitoring leaf potassium content of Citrus sinensis (L) cv. Jincheng Orange. *Scientia Agricultura Sinica*. [http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-ZNYK201004017.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZNYK201004017.htm) [25.01.2012].
- Smart, D.R., Whiting, M.L., Stockert, C., 2007. Remote sensing of grape K deficiency symptoms using leaf level hyperspectral reflectance. *Western Nutrient Management Conference*. Vol. 7. Salt Lake City, UT.
- Strachan, I.B., Pattey, E., Boisvert, J.B., 2002. Impact of nitrogen and environmental conditions on corn as detected by hyperspectral reflectance. *Remote Sensing of Environment*. 80 (2): 213–224.





- Taban, S., Katkat, A.V., 2000. Effect of salt stress on growth and mineral elements concentrations in shoot and root of maize plant. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 6 (2): 119–122.
- Tucker, C.J., 1980. Remote sensing of leaf water content in the near infrared. *Remote Sensing of Environment*. 10: 23–32.
- Turhan, H., Genç, L., Bostancı, Y.B., Sümer, A., Kavdır, Y., Türkmen, O.S., Killi, D., 2006. Tuz stresinin ayçiçeği (*Helianthus Annuus L.*) üzerine etkilerinin yansımaları teknikleri yardımıyla belirlenmesi. 1.Uzaktan Algılama–CBS Çalıştay ve Paneli. 27–29 Kasım. İTÜ. İstanbul.
- Umar, S., 2006. Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. *Pak. J. Bot.* 38 (5): 1373–1380.
- Yağmur, B., Kavak, S., Uğur, A., Bozokalfa, M.K., Eşiyok, D., 2003. Potasyum uygulamalarının savoy lahanasında (*Brassica oleracea L. var. sabauda*) verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 40 (2):113–120.
- Yağmur, M., Kaydan, D., Okut, N., 2006. Potasyum uygulamasının tuz stresindeki arpanın fotosentetik pigment içeriği, ozmotik potansiyel,  $K^+/Na^+$  oranı ile bitki büyümesindeki etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 12 (2): 188–194.
- Yakıt, S., Tuna, A.L., 2006. Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea Mays L.*) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 19 (1): 59–67.
- Yurtseven, E., Kesmez, G.D., Unlukara, A., 2005. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central anatolian tomato species (*Lycopersicon esculantum*). *Agricultural Water Management*. 78: 128–135.