

## POTASYUM HUMATIN MISIR (*Zea mays* L.) BİTKİSİNİN BÜYÜMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ali DOĞRU<sup>a</sup>, Emine Selcen DARÇIN<sup>a</sup>, Ahmet TUTAR<sup>b</sup>, Mümin DİZMAN<sup>b</sup>, Yusuf KOÇ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Esentepe Kampüsü 54187  
SAKARYA

<sup>b</sup>Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Esentepe Kampüsü 54187  
SAKARYA

adogru@sakarya.edu.tr

### ÖZET

*Bu çalışmada humik asidin (50, 100, 200, 400 ve 600 ppm) mısır (Zea mays L. cv. 3167) bitkisinde tohum çimlenmesi ve erken fide evresindeki etkileri araştırılmıştır. 50 ve 100 ppm'lik humik asit uygulamaları mısır tohumlarının çimlenmesi üzerinde inhibitör etki yapmazken, 200 ve 400 ppm'lik humik asit çimlenmeyi % 2, 600 ppm'lik humik asit ise % 4 oranında inhibe etmiştir. Uygulanan humik asit konsantrasyonları mısır fidelerinde kök ve gövde büyümesi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmamıştır (P>0.05). Buna rağmen, mısır fidelerinin taze ve kuru ağırlıklarının sadece 200, 400 ve 600 ppm'lik humik asit uygulamaları sonucu kontrole göre önemli derecede arttığı belirlenmiştir (P<0.05). Yapraklardaki fotosentetik pigment miktarı humik asit uygulamaları sonucu önemli derecede azalırken, çözünür protein miktarı artmıştır. 400 ve 600 ppm'lik humik asit mısır yapraklarındaki süperoksid dismutaz (SOD) aktivitesinin önemli derecede azalmasına neden olmuştur. Bu sonuçlara göre potasyum humat etkileriyle bitki gelişimi arasında yakın bir etkileşim olduğu, özellikle de fotosentetik pigment ve protein metabolizmasının etkilendiği söylenebilir. Ancak bu değişimlerin potasyum humatın besleyici özelliğinden mi yoksa bitkilerdeki biyokimyasal ve moleküler yollar üzerindeki direkt etkisinden mi kaynaklandığını açıklamak için farklı çalışmalara ihtiyaç vardır.*

**Anahtar kelimeler:** Pigment, humik asit, mısır, protein, SOD

### THE EFFECT OF POTASSIUM HUMATE ON THE GROWTH OF MAIZE (*Zea mays* L.)

#### ABSTRACT

*In this study, the effect of potassium humate (50, 100, 200, 400 ve 600 mg L<sup>-1</sup>) on seed germination and seedling growth of maize (Zea mays L. cv. 3167) was investigated. Seed germination of maize was not affected by 50 ve 100 mg L<sup>-1</sup>*

*potassium humate while 200 and 400 mg L<sup>-1</sup> potassium humate led to a 2 % inhibition. The greatest inhibitory effect on seed germination (4 %) was obtained from the 600 mg L<sup>-1</sup> potassium humate treatment. Potassium humate treatments did not affect root and shoot growth in maize seedlings significantly (P>0.05). However, fresh and dry weight of maize seedlings were increased significantly by 200, 400 and 600 mg L<sup>-1</sup> potassium humate when compared to control plants (P<0.05). Photosynthetic pigment content in maize leaves was decreased and soluble protein content was increased significantly as potassium humate concentration increased (P<0.05). Leaf superoxide dismutase activity (SOD, on the other hand, showed significant decrease in 400 and 600 mg L<sup>-1</sup> potassium humate treated maize seedlings. On the basis of the current experiments, we can conclude that there is a close relationship between the effects of potassium humate and plant development, especially photosynthetic pigment and protein metabolism. However, further studies are needed to explain whether these changes involve in nutritional effects of potassium humate or its direct effects on biochemical and molecular pathways.*

**Key words:** *Pigment, humic acid, maize, protein, SOD*

## 1. Giriş

Toprağın organik kısmının temel bileşeni olan humik maddeler (HM), faydalı etkilerinden dolayı bitki büyüme ve gelişmesinde önemli fonksiyonlara sahiptir (Tan, 1998). HM'lerin bitki büyümesi üzerindeki faydalı etkileri direkt (bitkilerde biyokütle üretiminin artırılması) veya dolaylı (gübreleme etkinliğinin artırılması ve toprağın kompaktlığının azaltılması) olabilir. HM'lerin bitkilerde kökten çok gövdenin büyümesini hızlandırdığı belirlenmiştir (Vaughan ve Malcom, 1985). Clapp ve ark. (2001) HM'lerin bitki büyümesini stimüle edici etkilerinin demir ve çinko elementlerinin toprak çözeltisinde etkili konsantrasyonlarda bulunmasını sağlaması ile korelasyon gösterdiğini rapor etmiştir. Bazı araştırmacılar ise HM'lerin bitkilerin demir elementini almasını kolaylaştırdıklarını ileri sürmektedir (Pinton ve ark., 1999). HM'ler bitki kökleri tarafından aktif ve pasif olmak üzere iki farklı mekanizma ile alınabilir ve bitki metabolizmasında aktif olarak değişikliklere neden olabilirler (Nardi ve ark., 2002). HM'lerin bu etkileri özellikle hücre membranının fonksiyonlarında, mineral madde alınımında ve hormon benzeri etkileri yüzünden bitki büyümesi ve gelişmesi üzerinde daha kolay gözlemlenmektedir (Muscolo and Nardi, 1999; Varanini and Pinton, 1995; Nardi ve ark., 1996). HM'lerin kökler tarafından alınıp toprak üstü organlara taşındıktan sonra protein sentezi, fotosentez, solunum, nükleik asit sentezi ve klorofil sentezi gibi biyokimyasal olaylar üzerinde etkili olduğu rapor edilmiştir (Chen ve Aviad, 1990; Escobar ve ark., 1996; Nardi ve ark., 2002; Tan, 2003; Xudan, 1986). Bazı araştırmacılar da HM uygulamalarının

bitkilerde çeşitli çevresel stres faktörlerine karşı tolerans gelişimini sağladığını belirtmişlerdir. Örneğin Xudan (1986) fulvik asidin kuraklık stresi altındaki buğdayda verimi önemli derecede artırdığını, Jiu ve ark. (1995) ise humik moleküllerin kuraklık koşullarında buğday yapraklarında tutulan su miktarını, antioksidant aktiviteyi ve fotosentetik verimliliği artırdığını bildirmişlerdir. Diğer yandan Piccolo ve ark (1992), HM'lerin bitki dokularında bazı hormonal değişimlere neden olarak stres toleransının kazanılmasını sağladığını ileri sürmüşlerdir. Yarı kurak bölgelerde ise humik asidin yapraklara püskürtülerek uygulanmasının alternatif bir gübreleme şekli olabileceği ve bu şekilde de büyüme ve gelişmenin olumlu yönde etkilenebileceği ve stres toleransının sağlanabileceği ortaya çıkarılmıştır (Delfine ve ark., 2005; Çelik ve ark., 2010; Goatley and Schmidt, 1990). Bütün olumlu etkilerine rağmen, HM'lerin topraktaki konsantrasyonunun artması durumunda bitki büyümesi ve gelişmesi üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceği de belirlenmiştir (Vallini ve ark., 1993; Atiyeh ve ark., 2002). Benzer şekilde humik asitten ekstrakte edilen karboksilik fraksiyonun doku kültüründeki bitki hücrelerinin büyümesini hızlandırdığı, fenolik fraksiyonun ise yavaşlattığı, hatta hücrelerin ölümüne enden olduğu bildirilmiştir (Muscolo and Sidari, 2009).

Bu bilgiler ışığında çalışmamızın amacı, farklı konsantrasyonlardaki potasyum humatın mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkilerini bazı fizyolojik parametreler yardımıyla araştırmaktır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2. 1. Bitki Materyali

Çalışmada kullanılan tescilli ve sertifikalı mısır (*Zea mays* L. cv. 3167) tohumları Adapazarı'ndaki lokal tohum satıcılarından temin edilmiştir.

### 2. 2. Çimlendirme Denemesi

Mısır tohumları kabuklarında bulunan fungusidin uzaklaştırılması amacıyla 5 defa çeşme suyu ile yıkandıktan sonra 12 saat saf su içinde bekletilerek imbibisyon sağlanmıştır. Kabuk sterilizasyonunu sağlamak amacıyla % 5' lik sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisinde 30 dakika bekletilmiş ve daha sonra üç kez distile su ile yıkanmıştır. Tabanına filtre kağıdı yerleştirilen  $13 \times 19.5 \times 4.5$  (en  $\times$  boy  $\times$  yükseklik) cm ebatlarındaki çimlendirme kaplarına 100'er tane tohum konulmuştur. Tohumların üzerine bir kat daha filtre kağıdı yerleştirildikten sonra uygun miktardaki (5 ml) 50, 100, 200, 400 ve 600 mg L<sup>-1</sup> potasyum humat çözeltileri ile sulanmış ve çimlendirme kaplarının kapakları kapatılmıştır. Kontrol grubuna potasyum humat çözeltisi yerine 5 ml saf su verilmiştir. Çimlendirme kapları 23 °C sıcaklık, 200  $\mu\text{mol m}^2 \text{sn}^{-1}$  ışık yoğunluğu, % 40 oransal nem ve 16/8

saatlik (aydınlık/karanlık) fotoperiyoda ayarlanmış iklim dolabına yerleştirilmiştir. Denemenin 4. ve 7. günlerinde kaplardaki çimlenen tohum sayısı belirlenmiştir. Denemenin sürdürüldüğü 7 gün boyunca tohumlar uygun potasyum humat çözeltileri ile sulanmıştır.

### 2. 3. Büyüme Denemesi

Yukarıda belirtildiği şekilde imbibisyon ve kabuk sterilizasyonu sağlanan mısır tohumları 80 gr perlit içeren 17 x 14 cm (üst çap x yükseklik) ebatlarındaki plastik saksılara ekilerek 23/16 °C (gündüz/gece) sıcaklık, 200 µmol m<sup>2</sup> sn<sup>-1</sup> ışık yoğunluğu, % 40 oransal nem ve 16/8 saatlik (aydınlık/karanlık) fotoperiyoda ayarlanmış iklim dolabına yerleştirilmiştir. Bitkiler 10 günlük oluncaya kadar saksılar, tarla kapasitesine uygun olarak, ½ oranında sulandırılmış Hoagland besin çözeltisi ile sulanmıştır. 10 günlük olan bitkiler yine tarla kapasitesine uygun olarak 5 gün boyunca 50, 100, 200, 400 ve 600 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyonlarına sahip potasyum humat çözeltileri ile sulanmıştır. Kontrol bitkileri ise besin çözeltisi ile sulanmıştır. Denemenin 15. gününde bitkiler hasat edilmiştir.

### 2. 4. Büyüme Parametrelerinin Belirlenmesi

Kontrol ve potasyum humat uygulanmış olan fidelerin kök ve gövdeleri birleşme yerlerinden jilette kesilerek, uzunlukları milimetrik bir cetvel yardımıyla 10 tekrarlı olarak ölçülmüştür. Ölçüm sırasında en uzun kökün uzunluğu esas alınmıştır. Kök boyu ve gövde boyu cm bitki<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir. Kontrol ve potasyum humat uygulanmış olan fidelerin hasat işlemlerinin yapıldığı gün toplam taze ağırlıkları (gr bitki<sup>-1</sup>) 10 tekrarlı olarak tartılmıştır. Daha sonra bitkiler 80 °C'ye ayarlanmış etüvde 48 saat bekletilmiş ve tekrar tartılarak kuru ağırlıkları (gr bitki<sup>-1</sup>) kaydedilmiştir.

### 2. 5. Biyokimyasal Analizler

Yapraklardan çıkarılan diskler (R=5 mm), içerisinde 5 ml saf aseton bulunan cam tüplere konulmuştur. Bir hafta boyunca buzdolabında (4 °C) bekletilen örnekler, 10,000 rpm'de 15 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatantların absorpsiyon değerleri 661.6, 644.8 ve 470 nm dalga boylarında spektrofotometrik (SHIMADZU, UV mini 1240 UV-VIS Spectrophotometer) olarak belirlenmiştir. Yaprak dokularındaki klorofil a, klorofil b ve toplam karotenoid miktarları Lichtenthaler (1987)'ye göre belirlenmiştir. Yapraklardaki toplam çözünen protein miktarı BSA (bovine serum albumin) kullanılarak hazırlanan standart grafik yardımıyla Bradford (1976)'ya göre belirlenmiştir. Toplam SOD aktivitesi Beyer and Fridovich (1987)'e göre belirlenmiştir. Yaklaşık 0.3 g taze yaprak dokusu, sıvı azotla öğütülmüş ve 1.5 ml, 100 mM K-PO<sub>4</sub> (pH 7.0), % 2'lik PVP (polivinilpirolidon) ve 1 mM Na<sub>2</sub>EDTA içeren ekstraksiyon çözeltisi ile

homojenize edilmiştir. Homojenat, 14.000 rpm ve +4 °C'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Son hacim 1030 µl olacak şekilde 100 mM K-PO<sub>4</sub> tamponu (pH 7.8), 9.9x10<sup>-3</sup> M metionin, 5.7x10<sup>-5</sup> M NBT (nitroblue tetrazolyum), % 1'lik triton X100 ve enzim karışımından oluşan bir reaksiyon çözeltisi hazırlanmıştır. Reaksiyon 0.9 µM riboflavin ilavesi ile başlatılmış, bu karışım 15 dakika boyunca 375 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> şiddetinde ışığa maruz bırakıldıktan sonra 560 nm'de absorbans değerleri belirlenmiştir (SHIMADZU, UV mini 1240 UV-VIS Spectrophotometer). Toplam SOD aktivitesi daha önce hazırlanmış olan standart grafikten faydalanarak hesaplanmıştır (U/mg protein).

## 2. 6. İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilerin aritmetik ortalama ve standart hataları hesaplanmış, daha sonra verilere SPSS 9.0 paket programı kullanılarak, istatistiksel varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Her bir bağımsız değişken için uygulamaların neden olduğu farkın önem kontrolü (Anlamlı Önemli Fark; AÖF) % 5 düzeyinde hesaplanmıştır.

## 3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Çizelge 3. 1 farklı konsantrasyonlardaki (50, 100, 200, 400, 600 mg L<sup>-1</sup>) potasyum humatın denemenin 4. ve 7. günlerinde mısır tohumlarının çimlenme yüzdesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Buna göre sadece 600 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyonundaki potasyum humat, mısır tohumlarının çimlenmesini hem 4. hem de 7. günlerde kontrole göre önemli derecede inhibe etmiştir (P<0.05). Yapılan diğer çalışmalarda HM'lerin farklı bitki türlerinde tohum çimlenmesi üzerindeki etkilerinin farklı olabileceğini göstermektedir. Örneğin Patil ve ark. (2010) yaptıkları bir çalışmada potasyum humat konsantrasyonunun artışına bağlı olarak buğday tohumlarının çimlenme yüzdesinin de arttığını rapor etmiştir. Benzer şekilde Asenjo ve ark. (2000) de farklı kaynaklardan elde ettikleri humik ekstraktlarının yüksek konsantrasyonlarda *Lolium multiflorum* tohumlarının çimlenmesini önemli derecede inhibe ettiğini göstermişlerdir. Morard ve ark. (2010) ise humik asit benzeri bir madde ile yaptıkları çalışmada, 600 mg L<sup>-1</sup>'lik uygulamanın mısır tohumlarının çimlenmesini kontrole göre % 5 oranında artırdığını ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda 600 mg L<sup>-1</sup>'lik potasyum humatın çimlenme üzerindeki inhibitör etkisi tohumların su almasını engelleyen veya yavaşlatan ozmotik bir etkiden kaynaklanmış olabilir.

**Çizelge 3. 1.** Potasyum humatın mısır tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi.

Doz (mg L <sup>-1</sup> )	Çimlenme yüzdesi	
	4. gün	7. gün
Kontrol (0)	99	100
50	97	100
100	97	100
200	96	98
400	96	97
600	93*	96*

\* Farkın kontrole göre (P<0.05) seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

Elde ettiğimiz sonuçlar potasyum humatın mısır fidelerinde kök ve gövde büyümesi üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir (P>0.05) (Çizelge 3. 2). Aguirre ve ark. (2009) salatalık bitkisiyle yaptıkları bir çalışmada, HM'lerin bitki büyümesi üzerindeki etkilerinin çok kısa bir süre içinde gözlenebileceğini ve uygulamadan 72 saat sonra HM'lerin bazı genlerin transkripsiyonu ve bazı enzimlerin aktivitesi üzerindeki stimüle edici etkilerinin kaybolduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki tüm analiz ve ölçümler potasyum humat uygulamalarından 5 gün sonra yapılmıştır. Bu nedenle HM uygulamasından hemen sonra ve daha kısa zaman aralıkları ile bazı analiz ve ölçümlerin yapılması HM'lerin bitki büyümesi üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayabilir. Çalışmamızda 200, 400 ve 600 mg L<sup>-1</sup>'lik potasyum humat uygulamalarının mısır fidelerinin taze ve kuru ağırlıklarını kontrole göre önemli derecede artırdığı belirlenmiştir (P<0.05) (Çizelge 3. 2). HM uygulamalarının bitkilerde taze ağırlığı etkilediğini gösteren çalışmalar vardır. Örneğin Haghghi ve ark. (2012) marulda, Adani ve ark. (1998) domateste humik asit uygulamalarının taze ağırlığı artırdığını; Asli ve Neuman (2010) ise mısırdaki azalttığını bildirmişlerdir. Asli ve Neumann (2010), humik asidin, suyun köklerden gövdeye taşınımını ve transpirasyonu yavaşlattığını rapor etmiştir. Diğer bir çalışmada da humik asit benzeri bir maddenin mısır fidelerindeki taze ağırlığı % 50, kuru ağırlığı % 200 oranında artırdığı ve bu maddenin mısır fidelerinde % 10-25 oranında daha az miktardaki su ile kontrol bitkilerindeki kadar kuru madde sentezini sağladığı belirtilmiştir (Morard ve ark., 2010). Morard ve ark. (2010), çalışmalarında kullandıkları humik asit benzeri maddenin bitkisel bir hormon olan absisik aside (ABA) benzer etkilere sahip olduğunu, Mora ve ark. (2010) ise salatalık köklerine uygulanan humik asidin yapraklardaki ABA miktarını artırdığını ortaya çıkarmışlardır. Bu durumda humik asidin ABA benzer bir etki yaparak ya da mısır köklerinde ABA sentezini uyararak, transpirasyonu yavaşlattığı ve bu şekilde taze ağırlığı artırdığı söylenebilir. Nitekim ABA'nın bitkilerdeki en iyi bilinen fizyolojik etkisi stomaların kapanmasını sağlamasıdır.

**Çizelge 3. 2.** Potasyum humatın mısır fidelerindeki bazı büyüme parametreleri üzerine etkisi.

Doz (mg L <sup>-1</sup> )	Kök boyu (cm)	Gövde boyu (cm)	Taze ağırlık (mg)	Kuru ağırlık (mg)
Kontrol (0)	<sup>a</sup> 35.88±0.74	32.70±2.15	1419.07±195.85	134.17±28.20
50	32.50±1.18	27.05±1.35	1276.37±73.49	109.27±8.17
100	32.13±1.32	27.00±1.55	1631.97±107.89	146.93±6.29
200	34.63±3.67	32.13±0.86	1999.87±210.05*	180.03±10.19*
400	27.13±3.94	29.63±0.90	2027.93±64.59*	176.03±8.95*
600	39.50±3.47	33.25±1.16	2000.10±99.07*	169.27±11.55*

\* Farkın kontrole göre (P<0.05) seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

<sup>a</sup> Değerler ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

Çalışmamızda potasyum humat uygulamalarının mısır yapraklarındaki bazı biyokimyasal parametreler üzerinde de etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3. 3). Uygulanan tüm potasyum humat konsantrasyonları klo a, klo b ve toplam karotenoid miktarlarını kontrole göre önemli derecede azaltırken; toplam protein miktarını artırmıştır (P<0.05). Asenjo ve ark. (2000) farklı kaynaklardan elde edilen humik ekstraktlarının *Lolium multiflorum* yapraklarında, Santiago ve ark. (2010) da *Lupinus albus* yapraklarında klo a, klo b ve karotenoid miktarını önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir. Bitkilerde yaprak dokularında klorofil sentezinin gerçekleşebilmesi için magnezyum (Mg<sup>+2</sup>) iyonlarına ihtiyaç vardır. Mg<sup>+2</sup> iyonları klo a ve klo b molekülleri için yapısal anlamda büyük öneme sahiptir. Yapılan bir çalışmada humik asit uygulamalarının domateste Mg<sup>+2</sup> alınımını azalttığı bildirilmiştir (Adani ve ark., 1998). Bu durumda mısır yapraklarındaki klo a ve klo b miktarının azalması Mg<sup>+2</sup> eksikliğinden kaynaklanabilir. Santiago ve ark. (2010) ise HM'lerin yapısında bulunan fitotoksik aromatik bileşiklerin *Lupinus albus* yapraklarındaki klo a ve klo b miktarının azalmasına neden olduğunu ileri sürmüştür. Humik asidin yulaf ve arpada nitrat iyonlarının (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) alınımını ve nitrat redüktaz enziminin aktivitesini artırdığı belirlenmiştir (Nardi ve ark., 2002; Piccolo ve ark., 1992). Nitrat redüktaz nitratı nitrite indirger ve daha sonra nitrit de amonyum iyonlarına dönüşür. Oluşan amonyum iyonları aminoasit sentezi için kullanılır. Bitkisel dokularda aminoasit miktarının artması protein sentez hızını da artırır. Çalışmamızda potasyum humat uygulamalarının protein miktarını artırması nitrat alınımı üzerindeki olumlu etkisinden kaynaklanabilir. Çalışmamızda 400 ve 600 mg L<sup>-1</sup>'lik potasyum humat uygulamalarının mısır yapraklarındaki süperoksit dismutaz (SOD; 1. 15. 1. 1)) aktivitesini kontrole göre önemli derecede azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 3. 3) (P<0.05). SOD bitkisel ve hayvansal dokularda süperoksit (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) radikalinin O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'ye parçalanmasını sağlayan antioksidant bir enzimdir. SOD ve diğer antioksidant enzimlerin aktivitelerinde meydana gelen değişimler, farklı bitki

türlerinin biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı duyarlılık ve dayanıklılık dereceleri konusunda fikir vermektedir (Foyer ve ark., 1994). Buna göre 50, 100 ve 200 mg L<sup>-1</sup>'lik potasyum humatın mısır yapraklarındaki SOD aktivitesi üzerinde herhangi bir inhibitör etkisi belirlenmemiştir. Bu durumda bu konsantrasyonlara sahip potasyum humatın mısır bitkisi üzerinde oksidatif bir strese neden olmadığı söylenebilir. 400 ve 600 mg L<sup>-1</sup>'lik potasyum humat ise SOD aktivitesi üzerinde inhibitör bir etki yapmış olabilir. Bunun dışında potasyum humatın süperoksit radikalının detoksifikasyonu ile ilgili direkt bir fonksiyonu da olabilir.

**Çizelge 3. 3.** Potasyum humatın mısır fidelerindeki bazı biyokimyasal parametreler üzerine etkisi.

Doz (mg L <sup>-1</sup> )	Klo a miktarı (mg g <sup>-1</sup> )	Klo b miktarı (mg g <sup>-1</sup> )	Toplam karotenoid miktarı (mg g <sup>-1</sup> )	Toplam protein miktarı (mg ml <sup>-1</sup> )	SOD aktivitesi (U mg <sup>-1</sup> )
Kontrol (0)	3.28±0.17	1.09±0.02	0.77±0.05	5.11±0.07	34.58±2.16
50	2.00±0.45*	0.69±0.16*	0.52±0.09*	5.57±0.05*	39.88±5.33
100	2.13±0.41*	0.77±0.13*	0.57±0.07*	5.82±0.18*	36.04±6.28
200	1.35±0.11*	0.51±0.02*	0.48±0.02*	5.58±0.11*	22.64±1.92
400	1.30±0.03*	0.48±0.01*	0.44±0.02*	5.54±0.04*	19.09±3.84*
600	1.50±0.03*	0.57±0.01*	0.48±0.02*	6.06±0.08*	16.52±4.17*

\* Farkın kontrole göre (P<0.05) seviyesinde önemli olduğunu göstermektedir.

<sup>a</sup> Değerler ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

#### 4. Sonuç

Çalışmamızda yüksek konsantrasyonlardaki potasyum humatın mısır tohumlarının çimlenmesini belirli oranda inhibe ettiği, fide evresinde ise taze ve kuru ağırlık artışına ve SOD aktivitesinin azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Potasyum humatın fotosentetik pigment ve toplam protein miktarı üzerindeki etkisi daha düşük konsantrasyonlarda gözlenmiştir. Ancak HM'lerin bitki metabolizması üzerindeki etkilerini hangi mekanizmalar aracılığı ile gösterdikleri tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle HM'lerin bitkisel dokulardaki hormon konsantrasyonları üzerindeki etkileri ve bitkilerde oksidatif strese neden olup olmadıkları gibi konularda araştırmalar yapılmalıdır. Diğer önemli bir konu da HM'ler ile fotosentetik reaksiyonlar arasındaki etkileşimlerin incelenmesidir. HM'lerin bitki büyümesi ve metabolizması üzerindeki etkileri, HM'lerin elde edildikleri kaynağa, uygulanan konsantrasyona ve çeşitli çevresel faktörlere bağlı olarak önemli değişimler gösterdiğinden yapılacak çalışmalar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmelidir.



**Kaynaklar**

- Tan, K. H., 1998. Colloidal chemistry of organic soils constituents. In: Tan, K. H. (ed.), Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker, New York, pp. 177-258.
- Vaughan, D. and Malcom, R. E., 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: Vaughan, D. and Malcom, R. E. (eds.), Soil Organic Matter and Biological Activity. Martinus Nijhoff/Junk W, Dordrecht, The Netherlands, pp. 37-76.
- Clapp, C. E., Chen, Y., Hayes, M. H. B. and Cheng, H. H., 2001. Plant growth promoting activity of humic substances. In: Swift, R. S. and Sparks, K. M. (eds.), Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments and Waters. International Humic Science Society, Madison, pp. 243-255.
- Pinton, R., Cesco, S., Santi, S., Agnoloni, F. and Varanini, Z., 1999. Water-extractable humic substances enhance iron deficiency responses by Fe-deficient cucumber plants. *Plant and Soils*, 210, 145-157.
- Muscolo, A. and Nardi, S., 1999. Effetti di due frazioni umiche sul metabolismo azotato di cellule di *Daucus carota*. IV Convegno Nazionale dell' IHSS, Le ricerche di base e le applicazioni delle sostanze umiche alle soglie del 2000. Alghero, Italy, pp. 103-106.
- Varanini, Z. and Pinton, R., 1995. Humic substances and plant nutrition. In: Lüttge, U. (ed.), Progress in Botany. Springer Berlin, vol 56, pp. 97-117.
- Nardi, S., Concheri, G., Dell'Agnola, G., 1996. Biological activity of humic substances. In: Piccolo, A. (ed.), Humic Substances in Terrestrial Ecosystems. Elsevier, Amsterdam, pp. 361-406.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1527-1536.
- Chen, Y. and Aviadi, T., 1990. Effect of humic substances on plant growth. In: MacCarthy, P. (ed.), Humic substances in soil and crop sciences. Madison, Wisconsin, pp. 161-186.
- Escobar, R. F., Benlloch, M., Barranco, D., Duenas, A. and Ganan, J. A. G., 1996. Response of olive trees to foliar application of humic substances extracted from leonardite. *Scientia*, 66, 191-200.
- Tan, K. H., 2003. Humic matter in soil and environment: Principles and controversies. New York, Marcel Dekker.
- Xudan, X., 1986. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and wheat yield. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37, 343-350.
- Jiu, C. F., Qi, Y. D. and Sheng, W. Q., 1995. Physiological effects of humic acid on drought resistance of wheat. *Yingyoung Shengtai Xuebao*, 6, 363-367.
- Piccolo, A., Nardi, S. and Concheri, G., 1992. Structural characteristics of humic substances as regulated to nitrate uptake and growth regulation in plant systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 24, 373-380.

- Delfine, S., Tognetti, R., Desidero, E and Alvino, A., 2005. Effect of foliar application N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy in Sustainable Development*, 25, 183-191.
- Çelik, H., Katkat, A. V., Aşık, B. B. and Turan, M. A., 2010. Effect of foliar applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(1), 29-38.
- Goatley, Jr. J. and Schmidt, R. E., 1990. Anti-senescence activity of chemicals applied to Kentucky bluegrass. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 115, 57-61.
- Vallini, G., Pera, A., Avio, L., Valdrighi, M. and Giovannetti, M., 1993. Influence of humic acids on laurel growth, associated rhizospheric microorganisms and mycorrhizal fungi. *Biology and Fertility of Soils*, 16, 1-4.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and Metzger, J. D., 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84, 7-14.
- Muscolo, A. and Sidari, M., 2009. Carboxyl and phenolic humic fractions affect *Pinus nigra* callus growth and metabolism. *Soil Science Society of America Journal*, 73, 1119-1129.
- Bradford, M. M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Beyer, W. F. and Fridovich, I., 1987. Assaying for superoxide dismutase activity: Some large consequences of minor changes in conditions. *Analytical Biochemistry*, 161, 559-566.
- Patil, R. B., Mokle, S. S. and Wadje, S. S., 2010. Effect of potassium humate on seed germination, seedling growth and vegetative characters of *Triticum aestivum* (L.) cv. Lokvan. *International Journal of Pharma and Bio Science*, 1, 1-4.
- Asenjo, M. C. G., Gonzales, J. L. and Maldonado, J. M., 2000. Influence of humic extracts on germination and growth of ryegrass. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31(1-2), 101-114.
- Morard, P., Eyheraguibel, B., Morard, M. and Silvestre, J., 2010. Direct effects of humic-like substance on growth, water and mineral nutrition of various species. *Journal of Plant Nutrition*, 34(1), 46-59.
- Aguirre, E., Lemenager, D., Bacaicoa, E., Fuentes, M., Baigorri, R., Zamarreno, A. M., Garcia-Mina, J. M., 2009. The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47, 215-223.
- Haghighi, M., Kafi, M. and Fang, P., 2012. Photosynthetic activity and N metabolism of lettuce as affected by humic acid. *International Journal of Vegetable Science*, 18(2), 182-189.

- Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P. and Zocchi, G., 1998. The effect of humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21(3), 561-575.
- Asli, S. and Neumann, P. M., 2010. Rhizosphere humic acid interacts with root cell walls to reduce hydraulic conductivity and plant development. *Plant and Soil*, 336, 313-322.
- Mora, V., Bacaicoa, E., Zamarreno, A. M., Aguirre, E., Garnica, M., Fuentes, M. and Garcia-Mina, J. M., 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrition. *Journal of Plant Physiology*, 167, 633-642.
- Santiago, A., Exposito, A., Quintero, J. M., Carmona, E. and Delgado, A., 2010. Adverse effects of humic substances from different origin on lupin as related to iron sources. *Journal of Plant Nutrition*, 33, 143-156.
- Foyer, C. H., Descourvieres, P. and Kunert, K. J., 1994. Protection against oxygen radicals: an important defence mechanism studied in transgenic plants. *Plant, Cell and Environment*, 17, 507-523.