

Mısır (*Zea mays* L.)' da Tuz Stresine Karşı Humik Asidin Etkisi

Hüseyin BULUT

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Erzincan, TÜRKİYE.

e-mail: huseyinbulut@erzincan.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-3424-7012>

ÖZET

Son yıllarda değişen yağış rejimleri ve uygulanan sentetik takviyeler toprağın tuzluluk oranını artırmıştır. Çalışmamızda tuz stresinin mısır (*Zea mays* L.) üzerinde oluşturduğu stresin düzeyi IRAP (Inter-Retrotransposon Amplified Polymorphism) analizi ile değerlendirilmiştir. Uygulanan 3 g/l, 6 g/l, 9 g/l, 12 g/l tuz dozlarında retrotranspozon hareketliliğine bağlı olarak polimorfizmlerin doz ile orantılı olarak arttığı belirlenmiştir. GTS (Genomic Template Stability) değerlerinin ise artan tuz stresinin negatif etkisi ile azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada tuz stresini hafifletmek için uygulanan Humik asit takviyesinin retrotranspozon hareketliliğini azalttığı, GTS değerinde artışa neden olduğu anlaşılmıştır. Ürünlerde verim ve kalite kaybına neden olan tuz stresine karşı humik asit takviyesinin faydalı olacağı belirlenmiştir.

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 28.02.2020

Kabul: 17.03.2020

Anahtar kelimeler:

Humik asit,
Retrotranspozon, Tuz
stresi, *Zea mays* L.

*Effect of Humic Acid Against Salt Stress in Maize (*Zea mays* L.)*

ABSTRACT

In recent years, the changing antecedent precipitation and synthetic manure that have been used on agriculture have increased the salinity (content) rate of the soil. In this study, the level of the stress that has generated on maize (*Zea mays* L.) by salt stress has been evaluated by the IRAP (Inter-Retrotransposon Amplified Polymorphism) analysis. It has been determined that the polymorphism have increased in direct proportion to the doses applied at 3 g/l, 6 g/l, 9 g/l, 12 g/l due to retrotransposon mobility. It has also been determined that GTS (Genomic Template Stability) values have decreased by the negative effect of the increasing salt stress. In this study, it has been understood that the humic acid supplement used to alleviate the salt stress have decreased the retrotransposon mobility and increased the GTS value. It has been thought that humic acid supplement would be beneficial against salt stress that has caused the loss of yield and quality in the products.

ARTICLE INFO

Research article

Received: 28.02.2020

Accepted: 17.03.2020

Keywords:

Humic acid,
Retrotransposon, Salt
stress, *Zea mays* L.

GİRİŞ

Yaşam döngüleri boyunca bitkiler sıklıkla yüksek sıcaklık, donma, tuzluluk, kuraklık, ağır metaller ve UV gibi çeşitli abiyotik streslere maruz kalırlar. Tuzluluk stresi, küresel olarak bitki büyümesini ve verimini etkileyen en önemli ve zararlı abiyotik streslerden biridir. Toprak tuzluluğu, tüm dünyada ekili alanların %50'sine ve tarım alanlarının %20'sine zarar vermektedir (Munns ve Tester, 2008; Sun vd., 2016). Türkiye'de verimsiz alanlar yüzey alanının %2'sini kaplarken, bu çorak alanların %74'ü tuzlu topraklardan oluşmaktadır (Kendirli vd., 2005). Önümüzdeki yıllarda, iklim değişikliğinin neden olduğu yağış rejimindeki farklılıklardan toprak tuzlanmasında bir artış öngörülmektedir (AbdElgawad vd., 2016). Tuzluluk stresi vejetatif ve üreme aşamalarındaki bitkilere zarar vermekte, biyokütle ve mahsul verimini azaltmaktadır (Wani ve Gosal, 2011). Çeşitli çalışmalarda, tuzluluk stresinin bitkilerde reaktif oksijen türlerinin (ROT) üretimini indüklediği bildirilmiştir (Verma ve Mishra, 2005; Gill ve Tuteja, 2010; Yaghobi vd., 2016). Hücre metabolizmaları normal koşullar altında ROT'ların miktarını antioksidanlar ve çeşitli korunma sistemleri ile düşük düzeyde tutmaktadırlar. Ancak çevresel stres faktörlerinin etkisi altında antioksidan

sistemlerin aktiviteleri azaltmakta ve bunun sonucunda reaktif oksijen türlerinin sentezlenmesini tetikleyerek birikimine neden olmaktadır (Breusegem vd., 2001). Reaktif oksijen türlerinin DNA hasarını, DNA onarım mekanizmalarını ve gen ekspresyonunu etkilediği bilinmektedir (Jomova ve Valko, 2011; IARC, 2012). Ayrıca ROT'un DNA iplikçik kırılmasını tetiklediği, DNA-protein çapraz bağlarının oluşumuna neden olduğu, ara ve iplikçik içi çapraz bağların oluşumuna yol açtığı tespit edilmiştir (Jena, 2012). Artan abiyotik etkenlerin neden olduğu streslerin ortadan kaldırılması veya hafifletilmesi için bitkilere farklı takviyeler yapılmaktadır. Bunlardan birisi olan humik maddeler, bitki ve hayvan kalıntılarının ayrışmasından elde edilen doğal organik bileşiklerdir (Morales vd., 2012). Humik maddeler, farklı pH' da ki çözünürlüklerine göre humin, humik asit ve fulvik asit olarak adlandırılır (Suh vd., 2014). Fulvik asit nispeten düşük bir molekül ağırlığına sahiptir ve oksijen bakımından zengin, karbon bakımından fakir fonksiyonel gruplar içerir (Weng vd., 2006). Fulvik asitin besin alımını artırarak kuraklık direnci artırdığı, toprak pH'nın stabilize edilmesine ve gübre kaybının azaltılmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir (Suh vd., 2014).

Mısır, dünya genelinde çok çeşitli toprak ve iklim koşullarında yaygın olarak yetiştirilmekte olup tuz stresine orta derecede duyarlı bir bitkidir (Chinnusamy vd., 2005). Toprakta tuz birikiminin mısır üzerinde çimlenme, mineral alımı, tahıl gelişimi, verimi üzerinde ozmotik ve iyona özgü olumsuz etkileri vardır (Farooq vd., 2014; Farooq vd., 2015). Mısır Türkiye'de buğday ve arpadan sonra en çok ekilen tahıl ürünüdür. TÜİK verilerine göre 2019 yılında 638 bin hektar alandan 6 milyon ton mısır üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2020).

Çalışmamızda metabolizmalar için önemli bir besin ögesi olan mısır üzerinde tuzun neden olduğu stresin genetik kararlılığa etkisi ve tuz stresine karşı humik asidin koruyucu etkisi retrotranspozon hareketliliği ile değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesinden yerli saf iki yıllık *Zea mays* L. tohumları tedarik edilmiştir. Tohumlar 10 dakika süreyle %5'lik sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisinde yıkanmış ve yüzey sterilizasyonları sağlanmıştır. Tohumlar saf su ile durulanmış ve kurutulmuştur. Eşit büyüklükte seçilen tohumlar Kontrol, Deney-1 ve Deney-2 grupları olarak belirlenmiştir. Steril filtre kâğıtlı petrilere yerleştirilen kontrol grubu tohumları su ile, Deney-1 grubu tohumları 3, 6, 9 ve 12 g/l NaCl ile (Ekmekci vd., 2005), Deney-2 grubu tohumları ise 3, 6, 9 ve 12 g/l NaCl oranındaki tuza üreticinin (Humat Kimya İlaç Kozmetik Gıda Çevre San. Tic. Ltd. Şti./Kocaeli) talimatlarına uygun olarak 1500cc/30 lt oranında hesaplanarak 1500 ppm humik asit (%12 humik + fulvik asit, Humata 12®) eklenerek çimlenmeye bırakılmıştır. Deney ve kontrol grubu örnekleri 14 günün sonunda toplanmış, kullanılmak üzere -80 ° C'de muhafaza edilmiştir.

DNA İzolasyonu

Laboratuvar çalışmaları Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Çimlendirme sonucu elde edilen bitki örneklerinden Inter-Retrotransposon Amplified Polymorphism analizi için DNA izolasyonu yapılmıştır. DNA izolasyonu Saghai-Maroofof ve arkadaşlarının ifade ettikleri (1984) yöntem ile gerçekleştirilmiştir. DNA konsantrasyonları ACTGene Spektrofotometre (ACTGene UVIS-99, NJ, ABD) ile A260/280 O.D. belirlenmiş ve tüm numunelerin DNA'sı 0.5 µg'a ayarlanmıştır.

IRAP Analizi

Genomda retrotranspozon hareketliliğinden kaynaklı farklılaşmalar IRAP tekniği ile analiz edilebilir. IRAP, Kalendar ve ark. (1999) tarafından ortaya konan DNA parmak izlerini üretmek için boyutları 100 ile 5.000 bp arasında değişen doğrudan LTR içeren bir grup retrotranspozonu hedeflemektedir. Çalışmada 6 IRAP primeri (Metabion International AG Lena-Christ-Strasse 44/I D82152 Martinsried, Deutschland) kullanılmıştır. Primerlerin detayları Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. IRAP analizinde kullanılan primerler ve sekans bilgileri

Primer Adı	Sequence 5' → 3'	T.M. (°C)
SUKKULA	GATAGGGTCGCATCTTGGGCGTGAC	63.3
3LTR-5	TGTTTCCCATGCGACGTTCCCAACA	64.6
LTR 6150	CTGGTTCGGCCCATGTCTATGTATCCACACATGTA	64.4
NIKITA E2647-	ACCCCTCTAGGCGACATCC	58.7
5LTR1	TTGCCTCTAGGCATATTTTCCAACA	58.4
LTR 6149 -5	CTCGCTCGCCACTACATCAACCGCGTTTATT	65.9

Retrotranspozon hareketliliğinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan IRAP-PCR işlemi için gerekli olan bileşenler ve miktarları Çizelge 2.' de verilen değerlerde hazırlanmıştır.

Çizelge 2. IRAP-PCR analiz bileşenleri

Bileşen	Miktar (µl)
10 x PCR buffer	2
dNTPs (10 nM)	0.5
MgCl ₂ (25 mM)	1.25
IRAP primer (5 mM)	1
Taq DNA polimeraz	1
Ultra saf su	13.25
Genomik DNA	1
Toplam hacim	20

Kapaklı PCR tüpünde toplam hacmi 20 µl olan örnekler Çizelge 3.' de verilen PCR protokolüne tabii tutulmuşlardır.

Çizelge 3. IRAP-PCR protokolü

Döngü adı	Sıcaklık	Süre	Döngü Sayısı
Başlangıç Denatürasyon	95 °C	2 dk	1
Denatürasyon	95 °C	30 sn	2
Primer bağlanma	* °C	1 dk	1
Uzama	72 °C	2 dk	1
Denatürasyon	95 °C	30 sn	41
Primer Bağlanma	35 °C	1 dk	1
Uzama	72 °C	2 dk	1
Son uzama	72 °C	5 dk	1
Sonlanma	4 °C	∞	1

IRAP Elektroferez Protokolü

Elde edilen PCR ürünleri hazırlanan agaroz jele gel loading solution ile yüklenmiş ve 100 dakika 90 voltta yürütülmüştür. Elektroferez işlemi sonucunda oluşan bantlar UV cihazında 256 nm ultraviyole ışık altında görüntülenmiştir.

IRAP Analizi ve Genomik Şablon Stabilitesinin (GTS) Hesaplanması

Genomik Şablon Stabilitesinin değeri Ateizar'a (1999) göre her bir primer ürünü için (%)100 (100 – a n-) -1 formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır. Formülde yer alan 'a' her bir örnek için saptanan IRAP polimorfik profillerini, 'n' ise ilgili primerle negatif kontrol grubunda elde edilen toplam DNA bant miktarını ifade etmektedir. Örneklere ait IRAP profillerinde gözlenen polimorfizm negatif kontrol grubuna göre oluşan yeni bir bandı ya da olan bandın kaybolmasını kapsamıştır. Bu bantların değerlendirilmesinde Total Lab TL120 yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen kaybolan ve/veya oluşan bantlara göre istatistik yapılmış, polimorfizm ve GTS değerleri hesaplanmıştır.

BULGULAR

Kullanılan 6 IRAP primerinden 306 adet bant elde edilmiştir. Bu bantların büyüklükleri 116 ile 1.562 bp arasında değişkenlik göstermektedir. En çok polimorfik bant 11 adet ile Sukkula primerinden elde edilmiştir. IRAP analizi sonuçlarının detayları Çizelge 4'de verilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tuz stresine maruz kalan tüm Deney-1 grubu örneklerinde polimorfizm tespit edilmiştir. Polimorfizm değerlerinin tuz dozundaki artışla doğru orantılı olarak arttığı gözlenmiştir. Polimorfizm değerleri % 22.58 ile % 38.70 arasında değişkenlik göstermekte olup, en yüksek polimorfizm 12 g/l tuz dozunda çimlendirilen tohumlarda %38.70, en düşük polimorfizm değeri ise % 22.58 ile 3 g/l tuz dozunda çimlendirilen örnekte tespit edilmiştir.

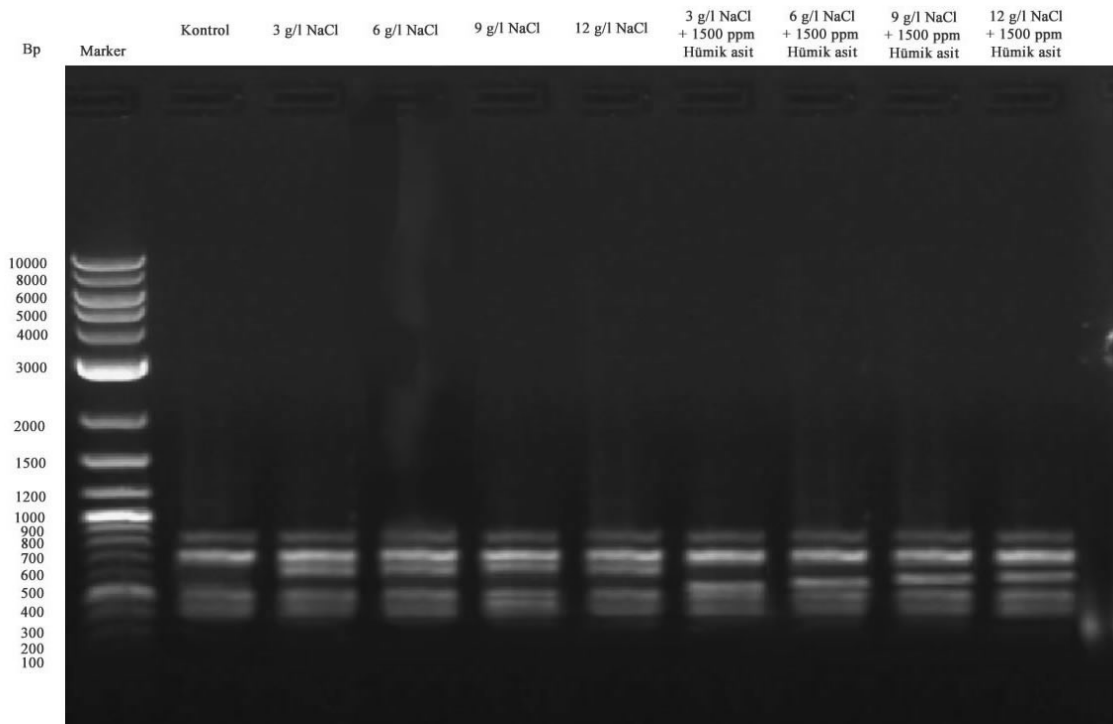
Tuz stresi altında çimlendirilen tohumların GTS değerlerinin artan tuz stresine bağlı olarak azaldığı saptanmıştır. GTS değerleri % 61.30 ile % 77.42 arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek GTS değeri en düşük doz tuz uygulaması olan 3 g/l'den % 77.42 olarak elde edilmiştir.

Humik asit eklenerek uygulanan Deney-2 grubu örneklerde ise tüm tuz dozlarında çimlendirilen örneklerde polimorfizm değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. Bu örneklerden elde edilen polimorfizm değerleri % 16.12 ile % 35.48 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu örneklerde de tuz dozu ile polimorfizm arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. GTS değerleri ise sadece tuz stresine uygulanan örneklere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. GTS değerlerinin % 64.52 ile % 83.88 arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 1'de 5LTR1 primerinden elde edilen bant görüntüsü verilmiştir.

Çizelge 4. IRAP analizinden elde edilen veriler

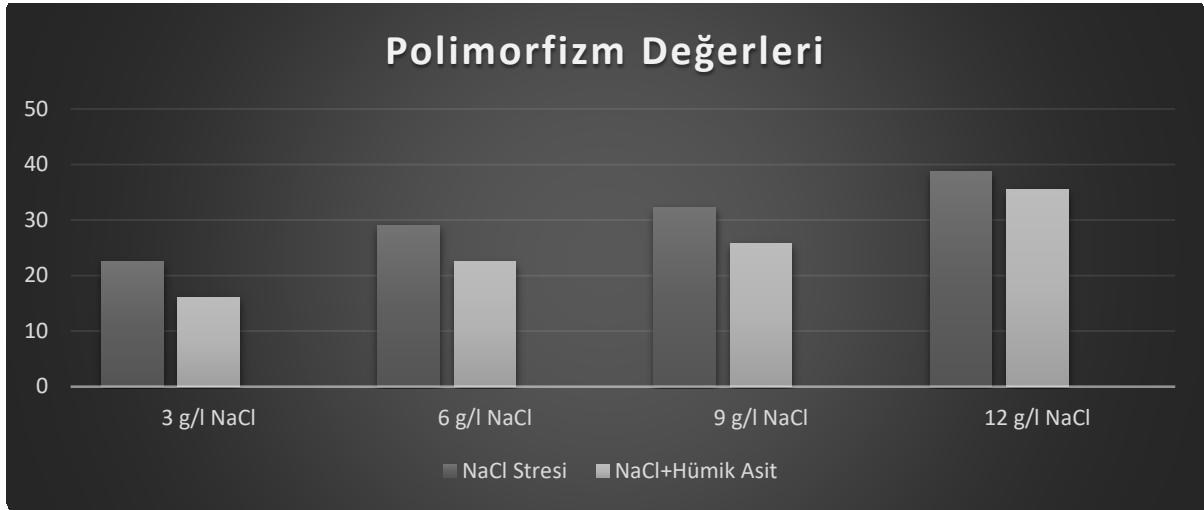
Primer adı	Kontrol	3 g/l NaCl	6 g/l NaCl	9 g/l NaCl	12 g/l NaCl	3 g/l NaCl +1.500 ppm Humik asit	6 g/l NaCl +1.500 ppm Humik asit	9 g/l NaCl +1.500 ppm Humik asit	12 g/l NaCl +1.500 ppm Humik asit
5LTR1	4	+656	+694	+711	+735 +417	+556	+564	+573	+603
LTR6150	5	+421	+456 +265	+472 +281	+489 +297	+396	+403	+418 +196	+438 +202
SUKKULA	7	+1116 -233	+1182 +816 -233	+1194 +837 -233	+1212 +856 -233	+927	+986 +712	+1004 +736	+1096 +747 -233
LTR6149-5	4	+624	+647	+669 +432	+694 +449	+443	+482	+517	+534 +356
NIKITA-E2647-	8	+712	+718	+741	+763 +562	+581	+593	+608	+612 +422
3LTR-5	3	+336	+346	+368	+401	-	+286	+298	+311
Bant sayısı	31	7	9	10	12	5	7	8	11
Polimorfizm değeri		22.58	29.03	32.25	38.70	16.12	22.58	25.80	35.48
GTS Değeri		77.42	70.97	67.75	61.30	83.88	77.42	74.20	64.52

Tuz stresine muamele edilerek yetiştirilen Deney-1 grubu örnekler ile tuz stresi ve humik asitin birlikte verildiği Deney-2 grubu örneklerin kontrol grubu ile karşılaştırması yapılmıştır. Buna göre 3 g/l NaCl uygulamasında elde edilen polimorfizm değerinin 3 g/l NaCl + Humik asit uygulamasında % 28.60 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 6 g/l NaCl uygulamasında elde edilen polimorfizm değerinin 6 g/l NaCl + Humik asit uygulamasında % 22.21 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 9 g/l NaCl uygulamasında elde edilen polimorfizm değerinin 9 g/l NaCl + Humik asit uygulamasında % 20.00 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

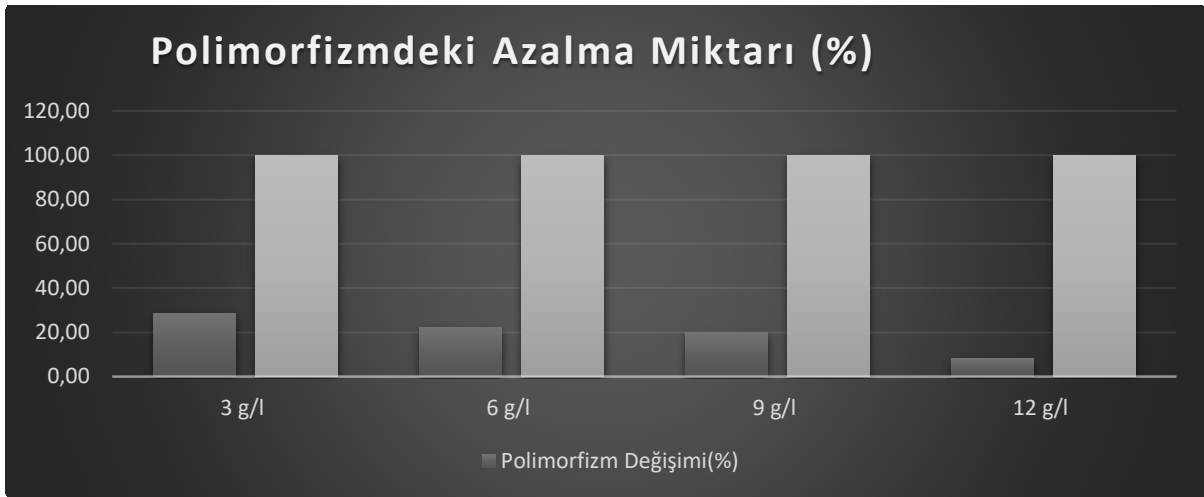


Şekil 1. 5LTR1 IRAP primerine ait UV görüntüsü

En yüksek doz olan 12 g/l NaCl uygulamasında elde edilen polimorfizm değerinin ise 12 g/l NaCl + Humik asit uygulamasında % 8.32 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Polimorfizmdeki en çok azalma 3 g/l uygulamasından, en az düşüş ise 12 g/l uygulamasında görülmüştür. Şekil 2’de uygulamalardaki polimorfizm değerleri, Şekil 3’de ise polimorfizmdeki değişim yüzdesi verilmiştir.

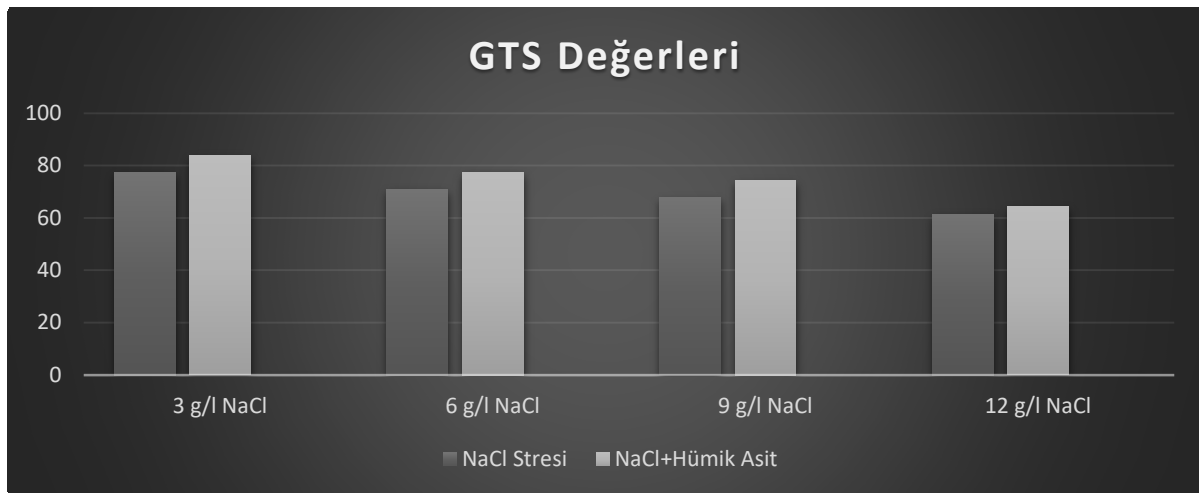


Şekil 2. Uygulama dozuna bağlı polimorfizm değerleri

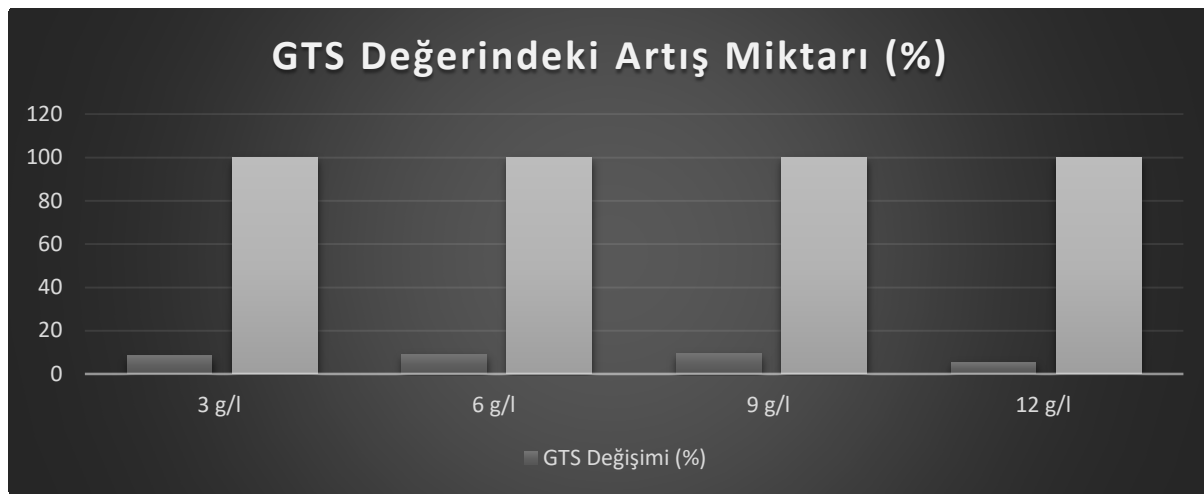


Şekil 3. Uygulamalar arasındaki polimorfizm değişim miktarları

Tuz stresine muamele edilerek yetiştirilen deney 1 grubu örnekler ile tuz stresi ve humik asitin birlikte verildiği deney 2 grubu örneklerin kontrol grubu ile karşılaştırması yapılmış ve GTS değerleri incelenmiştir. Buna göre 3 g/l NaCl uygulamasında elde edilen GTS değerinin 3 g/l NaCl + Humik asit uygulamasında % 8.34 oranında arttığı tespit edilmiştir. 6 g/l NaCl uygulamasında elde edilen GTS değerinin 6 g/l NaCl + Humik asit uygulamasında % 9.08 oranında arttığı tespit edilmiştir. 9 g/l NaCl uygulamasında elde edilen GTS değerinin 9 g/l NaCl + Humik asit uygulamasında % 9.52 oranında arttığı tespit edilmiştir. En yüksek doz olan 12 g/l NaCl uygulamasında elde edilen GTS değerinin ise 12 g/l NaCl + Humik asit uygulamasında % 5.25 oranında arttığı tespit edilmiştir. GTS değerindeki en çok artış 9 g/l uygulamasından, en az artış ise 12 g/l uygulamasında görülmüştür. Şekil 4’de uygulamalardaki elde edilen GTS değerleri, Şekil 5’de ise GTS değerlerindeki değişim yüzdesi verilmiştir.



Şekil 4. Uygulama dozuna bağlı GTS değerleri



Şekil 5. Uygulamalar arasındaki GTS değerlerindeki değişim miktarları

TARTIŞMA

Ülkemizin nüfusu son 10 yılda 71 milyondan 82 milyona ulaşırken, aynı dönemde ekim yapılan tarım arazisinin büyüklüğü 39.122 bin hektardan 37.817 bin hektara gerilemiştir (TÜİK, 2019). Bu iki faktörün etkisi ile daha az alandan daha fazla ürün elde edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (Rastogi vd., 2017; Moreno-González vd., 2017; Malarkodi vd., 2017; Cheng vd., 2017). Ancak birçok tarımsal uygulamada verim artışı için sentetik gübrelerin, kimyasal ilaçların kullanımı toprağın canlı dokusuna zarar vermekte ve toprağın rejenerasyonunu engellemektedir.

Küresel ısınmanın sonuçlarından birisi olan yağış rejimindeki değişiklikler yeraltı ve sulama sularının azalmasına, uygulanan kimyasal gübreler ise toprakların çoraklaşmasına neden olmaktadır. Bitkiler sabit konumlarından dolayı yaşadıkları çevre koşullarındaki değişikliklerden, diğer organizmalara göre çok daha fazla etkilenmektedirler (Taiz ve Zeiger, 2010). Bitkilerin strese olan cevabı, stresin yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak değişen dinamik bir süreçtir (Kosová vd., 2011). Bitkiler evrimsel süreçte, streslerin neden olduğu hasarlar ile başa çıkmak için farklı moleküler mekanizmalar geliştirmişlerdir. Moleküler mekanizmalardan birisi retrotranspozon aktivitesidir. Retrotranspozonlar çoğunlukla hareketsizdir, ancak stres koşulları altında onları aktif olmaya zorlar. Birçok çalışma, retrotranspozonların transkripsiyonel seviyelerinin bitkide farklı stres altında arttığını bildirmektedir (Hirochika vd., 1996; Grandbastien, 2008; Picault vd., 2009).

Çalışmamızda oluşturulan Deney-1 ve Deney-2 örneklerinde tuz stresinin etkisi ve tuz stresine karşı humik asitin GTS'ye olan katkısı retrotranspozon hareketliliği ile incelenmiştir. Tuz stresinin Sukkula, 3LTR-5, LTR 6150, Nikita E2647-, 5LTR1, LTR6149-5 transpozonlarında polimorfizme neden olduğu anlaşılmıştır. Artan tuz stresinin polimorfizmde artışa neden olduğu, GTS değerinde ise düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra uygulanan humik asitin retrotranspozon hareketliliğini azalttığı elde edilen polimorfizm değerindeki azalmadan anlaşılmıştır.

Ayrıca retrotranspozon hareketliliğindeki azalmadan dolayı GTS değerinde artış tespit edilmiştir. Bazı araştırmacılar, humik asitlerin antiklaztojenik olabileceğini ve antitoksik etki ve antimutajenik aktivite gösterebileceğini bildirmiştir (Marova vd., 2011). Bununla birlikte humik asitin kadmiyum, çinko, alüminyum, cıva gibi birçok ağır metal ve maleik hidrazid, dikamba gibi pestisit toksisitesine karşı koruyucu etkisi bildirilmiş (Ferrara vd., 2004; Voets vd., 2004; Büyükkeskin vd., 2014) olup, çalışmamızdan elde edilen sonuçlar bu çalışmaları desteklemektedir.

Sonuç olarak humik asitin tuz stresine karşı organik bir takviye olarak uygulanabileceğini ve abiyotik strese maruz kalan farklı ürün gruplarında da etkilerinin araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdelgawad H, Zinta G, Hegab MM, Pandey R, Asard H, Abuelsoud W, (2016). High salinity induces different oxidative stress and antioxidant responses in maize seedlings organs. *Frontiers in plant science*, 7: 1-11.
- Atienzar FA, Conradi M, Evenden AJ, Jha AN and Depledge MH, (1999). Qualitative assessment of genotoxicity using random amplified polymorphic DNA: comparison of genomic template stability with key fitness parameters in *Daphnia magna* exposed to benzo[a]pyrene'' *Environmental Toxicology Chemster*, 18, 2275-2282.
- Breusegem FV, Vranová E, Dat J, Inz D, (2001). The Role of Active Oxygen Species in Plant Signal Transduction. *Plant Science*, 161: 405-414.
- Buyukkeskin T, Akinci Ş, Eroğlu AE, (2014). The effects of humic acid on root development and nutrient uptake of *Vicia faba* L.(Broad Bean) seedlings grown under aluminum toxicity *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 46 (3): 277-292.
- Cheng H, Marín-Sáez J, González R, Frenich R. (2017). Simultaneous determination of atropine and scopolamine in buckwheat and related products using modified QuEChERS and liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Food Chem.*, 218, 173-180.
- Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu JK, (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants *Crop Sci.*, 45: 437-448.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T, 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 118-125.
- Farooq M, Hussain M, Siddique KHM, (2014). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 33: 331-349.
- Farooq M, Hussain M, Wakeel A, Siddique KHM, (2015). Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms, and management. *A review. Agron. Sustain. Dev.*, 35 :461-481.
- Ferrara G, Loffredo E, Senesi N, (2004). Anticlastogenic, antitoxic and sorption effects of humic substances on the mutagenic maleic hydrazide tested in leguminous plants *Eur. J. Soil Sci.*, 55 :449-458.
- Gill SS, Tuteja N, (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.*, 48 (12): 909-930, 10.1016/j.plaphy.2010.08.016.
- Grandbastien MA, Audeon CE, Bonnivard JM, Casacuberta B, Chalhoub APP, Costa QH, Lea D, Melayah M, Petit C, Poncet SM, Tam MA, Van Sluys C and Mhiria, (2005). "Stress activation and genomic impact of Tnt1 retrotransposons in Solanaceae". *Cytogenet Genome Res.*, 110, 229- 241.
- Hirochika, H. (1995). "Activation of plant retrotransposons by stress, in Oono K, Takaiwa F (eds): *Modification of Gene Expression and Non-Mendelian Inheritance*". NIAS-Japan pp 15-21.
- Jena NR, (2012). DNA damage by reactive species: mechanisms, mutation and repair. *Journal Biosciences*, 37, 503-517.
- Jomova K and Valko M, (2011). Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. *Toxicology*, 283 (2-3): 65-87.
- Kalendar R, Grob T, Regina M, Suoniemi A, Schulman AH, (1999). IRAP and REMAP: two new retrotransposon-based DNA fingerprinting techniques. *Theoretical Applied and Genetics*, 98, 704-711.
- Kendirli B, Çakmak B, Uçar Y, (2005). Salinity in the Southeastern Anatolia Project (GAP). *Turkey: Issues and Options. Irrigation and Drainage*, 54(1): 115-122.
- Kosová K, Vítámvása P, Prášila IT, Renaut J, (2011). Plant proteome changes under abiotic stress-Contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. *Journal of Proteomics*, 74, 1301-1322.
- Malarkodi C, Rajeshkumar S, Annadurai G, (2017). Detection of environmentally hazardous pesticide in fruit and vegetable samples using gold nanoparticles. *Food Control*, 80, 11-18.
- Marova I, Kucerik J, Duronova K, Mikulcova A, Vlckova Z, (2011). Antimutagenic and/or genotoxic effects of processed humic acids as tested upon *S. cerevisiae* D7 *Environ. Chem. Lett.*, 9: 229-233.
- Morales J, Manso JA, Cid A, et al., (2012). Degradation of carbofuran and carbofuran-derivatives in presence of humic substances under basic conditions *Chemosphere*, 89 (11):1267-1271.
- Moreno-González D, Pérez-Ortega P, Gilbert-López B, Molina-Díaza, A, F.García-Reyes J, R, Fernández-Alba A, (2017). Evaluation of nanoflow liquid chromatography high resolution mass spectrometry for pesticide residue analysis in food. *Journal of Chromatography A. Volume 1512*, 25:78-87.
- Munns R, Tester M, (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual review of plant biology*, 59: 651-681.

- Picault N, Chaparro C, Piegu B, Willfried F, Damien L, Cristel D, Julie, S Francois L, Eric M, Donaldo G, Emmanuel P, (2009). Identification of an active LTR retrotransposon in rice. *The plant journal*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2009.03813.x>.
- Rastogi A, Zivcak M, Sytar O, Kalaji HM, He X, Mbarki S, Brestic M, (2017). Impact of Metal and Metal Oxide Nanoparticles on Plant: A Critical Review. *Frontiers in chemistry*. doi: 10.3389/fchem.2017.00078.
- Saghai-Marooif MA, Soliman KM, Jorgensen RA, Allard RW, (1984). Ribosomal DNA spacer-length polymorphism in barley: mendelian inheritance, chromosomal location, and population Dynamics. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 81: 8014-8019.
- Suh HY, Yoo KS, Sang GS, (2014). Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) *Hortic. Environ. Biotechnol.*, 55 (6) (2014), pp. 455-461.
- Sun ZX, Wang YN, Mou FP, Tian YP, Chen L, Zhang SL, Jiang Q, Li X, (2016). Genome-wide small RNA analysis of soybean reveals auxin-responsive microRNAs that are differentially expressed in response to salt stress in root apex. *Frontiers in plant science*, 18;6:1273.
- Taiz L and Zeiger E, (2010) "Plant Physiology", Fifth Edition, Sinauer Associates, Sunderland.
- TÜİK- Türk İstatistik Kurumu. 2019. Temel istatistik, Nüfus demografi. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.dometod=temelist>. Son erişim tarihi: 10.01.2020.
- TÜİK- Türk İstatistik Kurumu, (2020). Temel istatistik, Tarımsal üretim, Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alan ve Üretim Miktarları. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.dometod=temelist>. Son erişim tarihi: 12.01.2020.
- Verma S, Mishra SN, (2005). Putrescine alleviation of growth in salt stressed *Brassica juncea* by inducing antioxidative defense system. *J. Plant Physiol.*, 162 (6): 669-677, 10.1016/j.jplph.2004.08.008
- Voets J, Bervoets L, Blust R, (2004). Cadmium bioavailability and accumulation in the presence of humic acid to the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* *Environ. Sci. Technol.*, 1003-1008.
- Wani SH, Gosal SS, (2011). Introduction of OsglyII gene into *Oryza sativa* for increasing salinity tolerance. *Biol. Planta*, 55 (3): 536-540, 10.1007/s10535-011-0082-y.
- Weng LP, Van Riemsdijk WH, Koopal LK, et al., (2006). Adsorption of humic substances on goethite: comparison between humic acids and fulvic acids. *Environ. Sci. Technol.*, 40 (20):7494-7500.
- Yaghobi KH, Ghaderi N, Vafae Y, Javadi T, (2016). Potassium silicate alleviates deleterious effects of salinity on two strawberry cultivars grown under soilless pot culture *Sci. Hortic.*, 213 (2016), pp. 87-95, 10.1016/j.scienta.2016.10.012.