

Domateste Tuz Stresi Üzerine Selenyum ve Silikon Uygulamalarının Etkileri

Selcen AVCU¹ Yelderem AKHOUNDNEJAD¹ H. Yıldız DAŞGAN^{1*}

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana

*Sorumlu yazar

E-posta: dasgan@cu.edu.tr

Geliş Tarihi : 30 Mart 2012

Kabul Tarihi : 15 Mayıs 2012

Özet

Deneme 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde Tom-8 ve Tom-33 kodlu domates genotipleri kullanılarak iklim odasında su kültürü ortamında genç bitki aşamasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 6 farklı uygulama yapılmıştır. Bu uygulamalar şunlardır; 1) Kontrol, 2) Tuz stresi (200mM NaCl), 3) Kontrol + Selenyum (10µM), 4) Tuz stresi + Selenyum (10µM), 5) Kontrol + Silikon (1mM) and 6) Tuz + Silikon (1mM).Çalışmada; bitki boyu, yaprak sayısı, bitki yeşil aksamının ve kökünün taze ve kuru ağırlıkları, yeşil aksamda sodyum ve klor, yaprak sıcaklığı ve yaprak stoma geçirgenliği parametreleri 2 domates genotipinde yukarıda anlatılan 6 farklı uygulamada incelenmiştir.Burada sunulan çalışmada, domates bitkileri tuz stresi altındayken, selenyum ve silikon uygulamalarının bitkilerdeki tuz stresini azaltmadaki etkinlikleri incelenen parametreler ışığında tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Selenyum, Silikon, Tuzluluk, *Solanum lycopersicum*

Effects of Selenium and Silicon on Salt-Stressed Tomato

Abstract

The experiment has been carried out in Cukurova University Horticultural Department by using Tom-8 and Tom-33 tomato genotypes under the growth chamber growing conditions with young plant stage. In the study 6 treatments were used; 1) Control, 2) Salinity (200 mM NaCl), 3) Control + Selenium (10µM), 4) Salinity + Selenium (10µM), 5) Control + Silicon (1mM), 6) Salinity + Selenium (1mM). The following parameters were investigated; plant height, leaf number, shoot and root fresh and dry weights, sodium and chloride concentrations in shoot and root of the tomato genotypes. Alleviate effects of selenium and silicon were discussed under the salt stress conditions of tomatoes

Key Words: Selenium, Silicon, salinity, *Solanum lycopersicum*

GİRİŞ

Bitkilerde tuz stresi, üretimi etkileyen önemli bir kısıtlayıcı çevresel faktördür. Düşük yağış, yüksek evapotranspirasyon, tuz yatakları, tuzlu sulama suyu ve yanlış yapılan sulamalar tarım alanlarında “Tuzluluk probleminin” ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ekonomik öneme sahip bitkilerin pek çoğu tuzluluğa karşı duyarlıdır. Bu bitkilerin tuzlu koşullarda yaşamaları oldukça kısıtlıdır ve verimde önemli düşüşlerle karşılaşmaktadır. Tuzluluğun artmasına bağlı olarak sürdürülebilir tarım alanlarının önümüzdeki 25 yıl içerisinde % 30'unun, 21. yüzyılın ortalarında ise % 50'sinin tahrip olabileceği bildirilmektedir [1, 2, 3]. Bitkiler Tuzlu Koşullarda Üç Yolla Strese Girmektedir [4]; 1) Kök çevresindeki düşük su potansiyeli; kök çevresinde tuz konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak su potansiyeli azalmaktadır, bitki daha az su almaktadır. Bu duruma fizyolojik kuraklık veya osmotik stres de denmektedir, 2) Kök çevresinde artan Na ve Cl iyonları; kök çevresinde artan Na ve Cl iyonlarının fazla miktarda alınması toksisiteye neden olmaktadır, 3) Beslenmede ortaya çıkan dengesizlikler. Bitkisel Üretimde Tuzluluğun Zararlı Etkisini Azaltmak İçin Yapılması gerekenler şu şekilde sıralanabilir [4];

1) Tuzlu toprakların ıslah edilmesi, 2) Tuzlu sulama sularının iyileştirilmesi, 3) Tuza tolerant genotiplerin seçimi ve yeni çeşitlerin geliştirilmesi, 4) Yetiştiricilik sırasında özel tekniklerin kullanılması. Son madde burada sunulan makalenin yapıma nedenlerinden biridir. Bu makalede tuz stresi altındaki 2 domates genotipinin ayrı ayrı silikon ve selenyum olduğu ortamlarda strese karşı olan tepkileri incelenmiştir.

Son yıllarda mikro element eksikliklerinin sebep olduğu sorunlar gündemde olmuştur. Bu konunun, sadece bitki sağlığı değil aynı zamanda insan ve hayvan sağlığı üzerine etkileri giderek önemini artırmaktadır. Bu önemi artıran elementlerden biri de silikon (Si) dir. Silikon yeryüzünde oksijenden sonra en çok bulunan ikinci elementtir, yer kabuğunun silikon içeriği ortalama % 28'dir. Silikon birçok doğal bileşimin yapısına giren bir maddedir ve silikon bileşikleri arasında en önemlileri silis ve silikatlardır. Toprakların kil fraksiyonlarının önemli bir kısmını silikat mineralleri oluşturmaktadır Silikonun yüksek organizmalar için temel element olduğu öne sürülmektedir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda silikonun sağlıklı bitki büyümesi ve gelişimi üzerine yararlı etkileri olduğu

ortaya konulmuştur [5, 6]. Bitkilerdeki Si miktarı % 0.1-10 (kuru ağırlık) arasında değişmektedir. Bu miktar ile aslında pek çok makro element kadar bitkideki varlığından söz edilebilir. Silikonun, tuz stresi [7] ve kuraklığa [8] karşı bitki toleransını arttırdığı ispatlanmıştır. Tuzlu koşullara 2.8 mM Si eklenmesi durumunda, silikonun Na ile reaksiyona girerek Na alımını ve taşınmasını önemli ölçüde azalttığı bildirilmektedir [9]. Ayrıca K alımını artırdığı ve bitkide Na/K oranını düşürdüğü belirtilmektedir [9]. Bitkilerdeki antioksidatif stresin Si ile azaltıldığı rapor edilmektedir [10]. Su kültürü ortamında yetiştirilen buğday bitkilerine 1 mM Si uygulandığında donma stresine (-5°C) karşı bitkilerin antioksidatif stres enzimlerinin aktivitelerini artırdığını, ayrıca diğer antioksidantların da artırıldığı bildirilmektedir [11]. Kurak koşullarda yetiştirilen sorgumda yapılan bir çalışmada [12] bitkilerinde kök gelişmesinin teşvik edildiği ve düşük taç/kök oranı rapor edilmektedir. Bu bitkilerde fotosentez oranının arttığı, stoma iletkenliğinin arttığı, bitkilerin kuru topraktan su alma yeteneklerinin arttığı belirtilmektedir. Kurak koşullarda sorgum yetiştiriciliğinde, bitkilerin kurağa dayanımlarının geliştirilmesinde, topraktan su alabilme yeteneklerinin artırılması için yetiştirme ortamına Si eklenmesi alternatif olarak önerilmektedir. Silikonun, tuz, kuraklık ve donma streslerinde bitkilerde antioksidatif savuna mekanizmasının çalışmasını teşvik ettiği, fotosentez ve su kullanma etkinliği üzerine olumlu etkilerinin olduğu, silikonun stres altındaki bitkilerde lipid peroksidasyonunu ve membran geçirgenliğini azalttığı da rapor edilmektedir [8, 11,13].

Selenyum (Se), antioksidatif etkilerinden dolayı bitki büyüme ve gelişmesine, ürün kalitesine faydalı katkılar sağlamaktadır [14]. Bitkilerde gerekli temel bir mikro element olduğu kabul edilmektedir. Fazlası toksik etki yapabilmektedir. Bitkilerdeki Se miktarı %2.5' dan azdır (kuru ağırlık). İnsanlar ve hayvanlar için ise temel gereksinim duyulan bir element olduğu bilinmektedir. Bitkiler, insan gıdası zincirinde Se transferinde çok önemli rol oynamaktadır [15, 16]. Tahıllar, kırmızı et ve balık en önemli Se kaynaklarıdır [15].

Burada sunulan çalışma, su kültürü ortamında yüksek tuz stresi altında yetiştirilen genç domates bitkilerine uygulanan Si ve Se'un stres azaltma etkinliklerini incelemek için yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Tom-8 ve Tom-33 olarak kodlandırılan 2 domates genotipi kullanılmıştır. Önceki tuzluluk tarama çalışmalarımızda genel olarak, Tom-8 tolerant ve Tom-33 ise duyarlı tepkiler vermesiyle ön plana çıkmıştır. Çalışma, iklim kontrollü bitki yetiştirme odasında bitkiler havalandırılan besin çözeltisi içerisinde su kültürü tekniği ile yetiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Denemedeki uygulamalar şunlardır; 1) Kontrol, 2) Tuz, 3) Kontrol + Selenyum, 4) Tuz + Selenyum, 5) Kontrol

+ Silikon, 6) Tuz + Silikon. Tuz stresi uygulaması için 200 mM NaCl kullanılmıştır. Silikon ve selenyum uygulamalarında tek doz kullanılmıştır. Buna göre, silikon için 1mM K₂SiO₃ ve selenyum için 10µM Na₂SeO₄ kullanılmıştır. Tohumlar 16.06.2010 tarihinde torf:perlit (2:1) karışımına ekilmiştir. Genç bitkiler 2 gerçek yapraklı olunca 02.07.2010 tarihinde havalandırılan su kültürü ortamına transfer edilmiştir. Bitkilerin beslenmesinde modifiye edilmiş Hoagland besin çözeltisi kullanılmıştır. Domates bitkileri su kültüründe 8 günlük olunca 10.07.2010 tarihinde tuz, Se ve Si uygulamaları başlatılmıştır. Tuz uygulamalarında 50 mM NaCl ile başlanmıştır. Kademeli olarak tuz konsantrasyonu her gün 50 mM artırılarak 4 günde son doz olan 200 mM NaCl'e ulaşılmıştır. Selenyum ve silikon uygulamalarına da tuz uygulaması yapılan ilk gün (10.07.2010) başlanmıştır. Bitkiler 6 farklı uygulama ile 10 gün yetiştirilmiştir. Bitkiler tohum ekiminden itibaren 36 günlük iken denemeye son verilmiştir.

Denemede farklı uygulamalar ile yetiştirilen bitkilerde; yeşil aksam kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, yaprak sayısı gibi bitki büyüme ve gelişmesiyle ilgili parametreler bunların yanı sıra bazı fizyolojik parametreler; yaprak sıcaklığı, yaprak stoma iletkenliği, yaprak oransal su içeriği, yeşil aksamda ve kökte sodyum (Na) ve klor (Cl) konsantrasyonları belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tuzsuz kontrol koşullarında domates bitkisinin yeşil aksam kuru ağırlığında, Se %20 ve Si %54'e varan oranlarda artış sağlamıştır. Tuz stresinde ise, ortama eklenen Se %10 ve Si %24'e varan oranlarda yeşil aksam kuru ağırlığı bakımından artış sağlamıştır. Tuz stresinde silikon, selenyuma oranla yeşil aksamda daha fazla ağırlık artışı sağlamıştır. Se ve Si eklendiği halde, Tom-33 kontrol koşullarında ve Tom-8 tuzlu koşullarda yeşil aksam ağırlığını daha fazla artırmıştır (Çizelge 1). Şeker kamışı bitkisinde yapılan bir çalışmada [9], kontrol ve tuz stresi olan ortamlara silikon eklenmesi ile yeşil aksam kuru ağırlığının her 2 ortamda da önemli derecede arttığı bildirilmektedir. Selenyumun bitkilerde antioksidatif savunma mekanizmasına olumlu etkilerinden dolayı, stres altındaki bitkilerde büyüme ve gelişmeye katkı sağladığı rapor edilmektedir [14]. Tuz stresi altında yetiştirilen hıyar bitkilerine 5 ve 10 µM dozlarında Se uygulandığında, bitki büyümesi, fotosentetik pigmentlerin miktarı ve prolin içeriğinin arttığı rapor edilmiştir [17]. Selenyumun tuz stresindeki bitkilerde, hücre membranlarını lipid peroksidasyonundan koruduğu, antioksidatif savunmayı arttırdığı, prolin miktarını artırdığı bildirilmektedir. Yüksek tuzluluk sorunu olan koşullarda dışardan Se takviyesi ile bitkilerde ümit var düzeyde tuza dayanım potansiyelinin artırıldığı bildirilmektedir [17].

Çizelge 1. Domates bitkilerinde yeşil aksam kuru ağırlığı üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (g/bitki)

Uygulama	Tom-33	Tom-8	Uyg. Ort.
Kontrol	2.9 bc	2.06 d	2.51 B
Tuz	0.93 e	0.74 e	0.84 C
Kontrol+Selenyum	3.48 b	2.49 cd	2.99 AB
Tuz+Selenyum	0.90 e	0.81 e	0.86 C
Kontrol+Silikon	4.46 a	2.54 cd	3.51 A
Tuz+Silikon	1.01 e	0.92 e	0.96 C
Genotip Ort.	2.29 A	1.60 B	

Tuzsuz kontrol koşullarında domates bitkisinin kök kuru ağırlığında Se %31 ve Si % 78'e varan oranlarda artış sağlamıştır (Çizelge 2). Tuz stresinde, ortama eklenen Se %8 'e varan oranlarda kök kuru ağırlığında artış sağlarken silikonun artırmadığı belirlenmiştir. Tuz stresi karşısında silikon ve selenyumun kök ağırlığını artırmada yeşil aksam kadar etkin olmadığı görülmüştür. Tom-8 genotipi tuzlu koşullarda kök ağırlığını korumada Tom-33'e göre daha etkin olduğu söylenebilir (Çizelge 2). Şeker kamışı bitkisinde yapılan bir çalışmada kontrol ve tuz stresi olan ortamlara silikon eklenmesi ile kök kuru ağırlığının arttığı bildirilmektedir [9].

Tuzsuz kontrol koşullarında domates bitkisinin boyunda Se %15 ve Si %1 oranlarında artış sağlamıştır (Çizelge 3). Tuz stresinde, ortama eklenen Se, %8 ve Si %9 oranlarında bitki boyu bakımından artış sağlamıştır. Tuz stresi karşısında silikon ve selenyum benzer oranlarda boy artışı sağlamıştır. Tom-8 genotipi tuzlu koşullarda bitki boyunu daha fazla artırmıştır (Çizelge 3). Tuzsuz kontrol koşullarında domates bitkisinin yaprak sayısında Se, %30 ve Si % 37'ye varan oranlarda artış sağlamıştır. Tuz stresinde, ortama eklenen Se her

iki genotipte de yaprak sayısını artırıcı etki yapmamıştır. Silikon ise sadece Tom-8 genotipinde %13 artış sağlamıştır (Çizelge 4). Tuz stresi karşısında silikonun yaprak sayısını artırıcı etkisi olmadığı, Se ise tolerant genotipte yaprak sayısını artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4).

Tuzlu koşullarda domates bitkilerinde yaprak sıcaklığı ortalama 2.0-2.3°C arasında artış göstermiştir (Çizelge 5). Ortama eklenen Se ve Si yaprak sıcaklığını ortalama 2°C düşürmüştür. Genotiplerden Tom-8, Tom-33'e göre yaprak sıcaklığını düşürmede daha etkin bulunmuştur (Çizelge 5).

Tuz stresinde stoma iletkenliğinin kontrol bitkilerine göre ortalama %69 daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 6). Bitkiler tuz stresinde, fizyolojik kuraklık yaşadığı için su kaybını azaltmak üzere stomaları kapatma eğilimine girmişlerdir. Ortama eklenen Se ve Si, stoma iletkenliğini artırmamış aksine daha da kapanmalarına neden olmuştur. Bu durum su kaybını önlemek için bir tedbir olabilir. Sadece Se, Tom-8 genotipinde tuzlu koşullarda stoma iletkenliğinde %2 'lik bir artış göstermiştir (Çizelge 6).

Çizelge 2. Kök kuru ağırlığı üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (g/bitki)

Uygulama	Tom-33	Tom-8	Uyg. Ort.
Kontrol	0.36 bc	0.32 bcd	0.34 B
Tuz	0.21 cde	0.13 e	0.17 C
Kontrol+Selenyum	0.47 b	0.38 b	0.43 AB
Tuz+Selenyum	0.14 e	0.14 e	0.14 C
Kontrol+Silikon	0.64 a	0.34 bc	0.49 A
Tuz+Silikon	0.18 de	0.13 e	0.16 C
Genotip Ort.	0.33 A	0.24 B	

Çizelge 3. Domateste bitki boyu üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (cm)

Uygulama	Tom-33	Tom-8	Uyg. Ort.
Kontrol	19.89 ab	16.46 c	18.18 B
Tuz	11.21 d	09.51 d	10.36 C
Kontrol+Selenyum	20.91 a	18.90 b	19.93 A
Tuz+Selenyum	10.46 d	10.28 d	10.37 C
Kontrol+Silikon	19.40 ab	16.57 c	17.99 B
Tuz+Silikon	10.44 d	10.35 d	10.40 C
Genotip Ort.	15.39 A	13.69 B	

Çizelge 4. Yaprak sayısı üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (adet/bitki)

Uygulama	Tom-33	Tom-8	Uyg. Ort.
Kontrol	09.13 c	10.63 bc	09.88 B
Tuz	06.38 d	05.63 d	06.01 C
Kontrol+Selenyum	10.00 bc	10.38 bc	10.19 B
Tuz+Selenyum	05.75 d	05.25 d	05.50 C
Kontrol+Silikon	12.50 a	11.50 ab	12.00 A
Tuz+Silikon	05.38 d	06.38 d	05.88 C
Genotip Ort.	08.19 A	08.30 A	

Çizelge 5. Yaprak sıcaklığı üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (°C)

Uygulama	Tom-33	Tom-8	Uyg. Ort.
Kontrol	26.14 de	25.21 f	25.67 B
Tuz	28.15 a	27.53 ab	27.84 A
Kontrol+Selenyum	25.74 ef	25.56 ef	25.65 B
Tuz+Selenyum	27.90 a	26.78 cd	27.34 A
Kontrol+Silikon	25.60 ef	26.79 cd	26.23 B
Tuz+Silikon	27.79 a	27.00 bc	27.40 A
Genotip Ort.	26.89 A	26.48 B	

Çizelge 6. Yaprak stoma iletkenliği üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (mmol m⁻² s⁻¹).

Uygulama	Gen. 33	Gen. 8	Uyg. Ort.
Kontrol	583.75 a	281.63 c	432.69 A
Tuz	166.38 d	100.88 e	133.63 C
Kontrol+Selenyum	472.50 b	309.50 c	391.00 A
Tuz+Selenyum	099.38 e	102.25 e	100.81 CD
Kontrol+Silikon	280.88 c	179.13 d	230.00 B
Tuz+Silikon	096.38 e	052.75 e	074.56 D
Genotip Ort.	283.21 A	171.02 B	

Çizelge 7. Yaprak oransal su içeriği üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (%)

Uygulama	Tom-33	Tom-8	Uyg. Ort.
Kontrol	79.68 a	73.57 ab	76.63
Tuz	68.52 ab	53.09 b	60.80
Kontrol+Selenyum	79.00 a	80.67 a	79.87
Tuz+Selenyum	71.34 ab	76.96 a	74.15
Kontrol+Silikon	78.31 a	84.79 a	81.55
Tuz+Silikon	71.05 ab	73.77 ab	72.41
Genotip Ort.	74.66 A	73.81 A	

Tuz stresi altında domates yapraklarında oransal su içeriği (Relative Water Content: RWC) ortalama %21 düşmüştür (Çizelge 7). Tuzlu ortama eklenen Se, RWC 'i %4-65 arasında artırmıştır. Tuzlu ortamda Si ise %4 ile %39 oranında artırmıştır. Tom-8 genotipinin tuzlu koşullarda Se ve Si' a cevap vererek su içeriğini artırması dikkat çekicidir. Tom-8 genotipi ile Se'un yaprak su içeriğini artırmada daha başarılı olduğu görülmektedir (Çizelge 7). Silikonun, tuz stresinde bitkilerde antioksidatif savuna mekanizmasının çalışmasını teşvik ettiği ve fotosentez üzerine olumlu etkilerinin olduğu, su içeriğini artırdığı, stres altındaki bitkilerde, lipid peroksidasyonu ve membran geçirgenliğini azalttığı rapor edilmiştir [8, 11, 13,].

Tuzlu koşullarda yetiştirilen genç domates bitkilerinde yeşil aksam Na konsantrasyonu ortalama % 556 artmıştır (Çizelge 8). Tuzlu koşullarda yeşil aksamdaki sodyumu azaltmada Se etkili olamamıştır.

Bu konuda silikonun Tom-33 genotipinde Na' u artırdığı (Na-kabullenen olabilir) ve fakat Tom-8 genotipinde %12 oranında Na azalttığı görülmektedir (Çizelge 8). Şeker kamışı bitkisinde yapılan bir çalışmada tuzlu ortama silikon eklenmesi ile yeşil aksama sodyumun alımında ve bitki içinde taşınmasında azalma olduğu bununla beraber, potasyum konsantrasyonunun arttığı ve bitkide Na/K oranını düşürdüğü bildirilmektedir [9].

Tuzlu koşullarda domates genotiplerinde kökte Na içeriği ortalama % 919 artmıştır (Çizelge 9). Tuzlu büyüme ortamına eklenen Se, kökteki Na miktarını %24 ile %75 arasında azaltmıştır. Silikon ise kökte Na içeriğini % 16 ile 43 arasında azaltmıştır (Çizelge 9). Tuz stresi altında köke alınan Na' u azaltma anlamında Se daha etkin görülmüştür. Tom-8 özellikle Se olduğu durumda, Tom-33' e göre kökte daha az Na bulundurmada etkin olmuştur (Çizelge 9).

Çizelge 8. Domates bitkilerinde yeşil aksamda Sodyum (Na) konsantrasyonu üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının etkileri (%)

Uygulama	Tom-33	Tom-8	Uyg. Ort.
Kontrol	0.76 d	0.91 d	0.86 B
Tuz	4.96 c	6.32 ab	5.64 A
Kontrol+Selenyum	0.91 d	0.68 d	0.79 B
Tuz+Selenyum	4.98 c	6.53 a	5.74 A
Kontrol+Silikon	0.86 d	0.50 d	0.72 B
Tuz+Silikon	6.10 ab	5.55 bc	5.82 A
Genotip Ort.	3.10 B	3.43 A	

Çizelge 9. Domates köklerinde sodyum (Na) konsantrasyonu üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (%)

Uygulama	Gen. 33	Gen. 8	Uyg. Ort.
Kontrol	0.39 c	0.34 c	0.36 D
Tuz	4.34 a	3.00 b	3.67 A
Kontrol+Selenyum	0.41 c	0.34 c	0.40 D
Tuz+Selenyum	3.08 b	3.03 b	3.06 B
Kontrol+Silikon	0.43 c	0.30 c	0.36 D
Tuz+Silikon	2.48 b	2.45 b	2.24 C
Genotip Ort.	1.85 A	1.59 B	

Çizelge 10. Domates bitkilerinde yeşil aksamda klor (Cl) konsantrasyonu üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (%)

Uygulama	Gen. 33	Gen. 8	Uyg. Ort.
Kontrol	00.56 gh	01.24 f	00.90 C
Tuz	09.78 de	13.71 a	11.74 A
Kontrol+Selenyum	00.13 h	00.87 hg	00.50 CD
Tuz+Selenyum	09.42 e	11.71 b	10.57 B
Kontrol+Silikon	00.44 gh	00.06 h	00.25 D
Tuz+Silikon	10.80 c	10.25 cd	10.53 B
Genotip Ort.	05.19B	06.31A	

Çizelge 11. Domates köklerinde klor (Cl) konsantrasyonu üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının tuz stresi ve kontrol koşullarında etkileri (%)

Uygulama	Tom-33	Tom-8	Uyg. Ort.
Kontrol	0.27 f	0.21 f	0.24 D
Tuz	5.50 a	4.31 b	4.91 A
Kontrol+Selenyum	0.17 f	0.12 f	0.15 D
Tuz+Selenyum	4.18 b	1.07 e	2.63 C
Kontrol+Silikon	0.08 f	0.28 f	0.18 D
Tuz+Silikon	3.11 d	3.60 c	3.36 B
Genotip Ort.	2.22 A	1.60 B	

Tuzlu ortamda domates genotiplerinin yeşil aksamda klor içeriği % 1204 artmıştır (Çizelge 10). Tuzlu koşullarda ortama eklenen Se, klor içeriğini % 4 ile 15 arasında azaltmıştır. Silikon ise %25'e varan oranlarda azaltmıştır. Tom-8 genotipi yeşil aksamda kloru daha az bulundurma bakımından Tom-33'den daha etkin bulunmuştur (Çizelge 10). Hıyar bitkilerinde yapılan bir çalışmada, selenyumun tuz stresindeki bitkilerde yeşil aksamda klor miktarını azalttığı bildirilmektedir [17].

Tuzlu ortamda yetiştirilen domates genotiplerinin köklerinde klor içeriği % 1946 artmıştır (Çizelge 11). Tuzlu koşullarda ortama eklenen Se, köklerde %24 ile %75 arasında Cl azaltmıştır. Silikon ise tuzlu koşullarda % 16 ile %43 arasında kökte Cl içeriğini azaltmıştır (Çizelge 11). Tuzlu koşullarda domates bitkileri

köklerinde Cl içeriğini azaltmada Se daha etkin görülmektedir. Bu konuda, Tom-8 genotipi Tom-33'den daha etkin bulunmuştur.

SONUÇLAR

Bu çalışmada 200 mM NaCl gibi gerçekten yüksek bir tuz stresi ile çalışılmıştır. Bununla birlikte Se ve Si'un tuz stresini azaltıcı etkileri; yeşil aksam ve kök ağırlıklarında, yaprak oransal su içeriğinde, yeşil aksamda ve özellikle de kökte Na ve Cl iyonlarının daha az lokalize edilmesinde çok net olarak görülmüştür. Tuz stresine toleransı yüksek Tom-8 domates genotipinde Se ve Si'un stres azaltıcı etkileri daha fazla olmuştur.

Silikon, domateste tuz stresinin zararlı etkilerini azaltmada seleniyuma göre biraz daha fazla ön plana çıkmış görünmektedir. Bundan sonra yürütülen çalışmalarımızda, Se ve Si dozları biraz yükseltilerek ve tuz dozu azaltılarak denemeler gerçekleştirilmektedir. Ayrıca sera veya açık tarlada ürün verimine kadar giden yetiştiricilik denemelerinde Se ve Si' un tuz stresini azaltıcı etkileri üzerine denemeler planlanmıştır ve yürütülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Munns R (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239–250.

[2] Bonilla P, Dvořák J, Mackill D, Deal K & Gregorio G (2002). RFLP and SSLP mapping of salinity tolerance genes in chromosome 1 of rice (*Oryza sativa* L.) using recombinant inbred lines. *Philippine Agricultural Scientist* 85: 68–76.

[3] Ahmadi A, Emam, Y & Pessaraklı M (2009). Response of various cultivars of wheat and maize to salinity stress. *Journal of Food, Agriculture Environment* 7(1): 123-128.

[4] Daşgan, HY, Aktaş H & Abak K (2007). Tuz gölü çevresinden toplanan bazı kavun genotiplerinin tuzluluğa tolerans düzeylerinin erken bitki gelişme aşamasında incelenmesi. VI. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildirileri, sayfa 408-413, 19-22 Eylül 2006, Kahramanmaraş.

[5] Anderson DL, Synder GH & Martin FG (1991). Multi year response of sugarcane to calcium silicate slag on everglades Histosols. *Agron. Journal* 83: 870-874.

[6] Savant NK, Synder GH & Datnoff LE (1997). Silicon management and sustainable rice production. *Adv. Agron. Academic Press, San Diego, CA, USA* 58: 151-199.

[7] Aranda MRR, Oliva J & Cuartero J (2005). Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology* 5: 1-10.

[8] Gong HJ, Chen KM, Chen GC, Wang SM & Zhang CL (2003) Effects of silicon on growth of wheat under drought. *Journal of Plant Nutrition* 26: 1055–1063.

[9] Ashraf M, Rahmatullah M, Afzal R, Ahmed F, Mujeeb A & Sarwar L Ali (2010). Alleviation of detrimental effects of NaCl by silicon nutrition in salt-sensitive and salt-tolerant genotypes of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) *Plant and Soil* 326: 381-391.

[10] Liang YC, Chen Q, Liu Q, Zhang W & Ding R (2003). Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Physiology* 160:1157–1164.

[11] Liang Y, Zhu J, Li Z, Chu G, Ding, Zhang J & Sun W (2008). Role of silicon in enhancing resistance to freezing stress in two contrasting winter wheat cultivars. *Experimental and Environmental Botany* 64 (3): 286-294.

[12] Hattori T, Inanaga S, Araki H, An P, Shigenori M, Luxova M & Lux A (2005). Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum* 123: 459–466.

[13] Zhu JK, Wei GQ, Li J, Qian QQ & YU JQ (2004). Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science* 167:527–533.

[14] Hartikainen H (2005). Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. *J. Trace Elem. Med. Biol.*, 18: 309-318.

[15] Combs GF (2001). Selenium in global food systems. *British Journal of Nutrition* 85: 517-547.

[16] Hawkesford MJ & Zhao FJ (2007). Strategies for increasing the selenium content of wheat. *Journal of Cereal Science*, 46 (3) 282-292.

[17] Nowak, B.H., 2009. Beneficial Effects of Exogenous Selenium in Cucumber Seedlings Subjected to Salt Stress. *Biol Trace Elem Res* 132(1-3):259-69.