

## Kuzu Marulu (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) Yetiştiriciliğinde Besin Solüsyonuna Silisyum İlavesinin Tuz Stresine Karşı Etkileri

Gölgen Bahar Öztekin<sup>\*1</sup>, Abdulletif Tatal<sup>2</sup>

<sup>\*1,2</sup>Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova-İZMİR

(Alınış / Received: 09.10.2019, Kabul / Accepted: 07.01.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 28.04.2021)

### Anahtar Kelimeler

Topraksız tarım,  
Yüzen su kültürü,  
Mısır salatası,  
NaCl,  
Si

**Öz:** Teknelerde, havalandırılmalı besin solüsyonu üzerine yerleştirilen köpük viyollerde yürütülen bu çalışmada, kuzu marulu yetiştiriciliğinde besin solüsyonuna silisyum (Si) ilavesinin tuz stresine karşı bitki gelişimi, verim ve kalite üzerine etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Kuzu marulu tohumları 72'lik viyolde torf ortamına ekilmiş; çimlenme odasında 3 gün çimlendirilen tohumlar fide serasına alınmış, gerçek yapraklar çıkmaya başladığında serada su kültürüne aktarılmış, bundan 7 gün sonrada besin solüsyonuna tuz ve silisyum uygulanmıştır. Bitkilerin beslenmesinde marul reçetesi kullanılmıştır. Bitkiler iki farklı besin solüsyonu tuzluluk seviyesinde [1.8 dS/m (0 mM): Kontrol ve 3.6 dS/m (20 mM): Tuzlu] yetiştirilmiş ve solüsyona ilave edilen 100 ppm silisyum (K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) uygulaması (Si+), silisyumsuz (Si-) uygulama ile kıyaslanmıştır. Su kültüründe aktarıldıktan 1 ay sonra hasat olgunluğuna gelen bitkilerde bitki gelişim ölçümleri yapılmış ve ardından tek seferde hasatları yapılarak verim değerleri alınmıştır. Elde edilen veriler, besin solüsyonuna tuz ilavesinin bitki boyu, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, verim, nitrat ve su tüketimini azalttığını; kök boyu ve kök biyomasını arttırdığını göstermiştir. Özellikle tuz stresi altında besin solüsyonuna silisyum ilavesi tuz stresinin olumsuz etkisini gidermiştir. Araştırma sonucunda, silisyumun tuz stresini azaltmada pratik ve alternatif bir uygulama olabildiği sonucuna varılmıştır.

## Effects of Silicon Addition to Nutrient Solution Against Salinity Stress on Lam's Lettuce (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) Production

### Keywords

Soilless culture,  
Floating,  
Corn salad,  
NaCl,  
Si

**Abstract:** This study was carried on styrofoam trays which were placed on nutrition solution in horizontal tanks, in order to determine effects of silicon (Si) application to nutrition solution on plant growing, yield and quality though to salt stress. Seeds were sowed to peat in trays with 72 holes, after 3 days of germination period in germination room, trays were moved to seedling adaptation greenhouse. When real leaves started to occur, plants were transferred to water culture in greenhouse. After 7 days on water culture, salt and silicon were added to solution. Lettuce nutrient solution recipe had been used for plant nutrition. Plant had been grown in two different level of salinity [1.8 dS/m (0 mM): Control and 3.6 dS/m (20/mM): Salt stress] and two different silicon (K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) treatments with 100 ppm (Si+), and the no silicon application (Si-). One month later, plant growth and biomass measurements were performed and then plants were harvested once. Obtained, data showed that salt addition to nutrient solution affected plant growth and yield negatively but silicon showed possitive effect. Moreover, silicon addition to solution prevented the negative effects of salt stress. As a result of this research, it's decided that silicon is a practical, cheap and alternative practice on the purpose of reducing effects of salt stress in nutrient solution.

\*İlgili Yazar: golgen.oztekin@ege.edu.tr

## 1. Giriş

Tarımsal üretimde verimliliği kısıtlayan en önemli çevresel stres faktörlerinden biri olan tuzluluk, gerek açık alanda ve gerekse seralarda yapılan üretimde risk oluşturmaktadır [1]; bitki su ilişkilerini (ozmotik etki) ve beslenme düzenini (özel iyon etkileri) etkilemektedir. Yüksek tuz konsantrasyonu sonucunda ortaya çıkan su, beslenme ve dolayısı ile enerji düzenlerindeki dengesizlikler bitkinin morfoloji ve fizyolojisini etkileyerek bitki gelişimi, verim ve kalite üzerinde olumsuz etkilerde bulunmaktadır [2, 3].

Yoğun tarım alanları olan seralarda yüksek sıcaklık ve evapotranspirasyon yanında drenajın iyi olmaması [4], kalitesiz suların kullanılma zorunluluğu, monokültür uygulamaları sonucu üreticilerin dengesiz ve yoğun gübreleme yapması (5), kıyı şeridinde deniz suyunun sulama suyuna karışması [6] tuzluğa neden olan önemli etmenlerdir. Topraksız yetiştiricilikte ise kalitesiz sulama suyu kullanımı, kullanılan besin solüsyonunun içerdiği tuzlar ve ortam hacimlerinin küçük olması tuzluluğa neden olabilmektedir [7, 8]. Seralarda tuzluluğun zararlı etkilerini gidermede dayanıklı bitki kullanmak, düzenli ve bilinçli gübreleme yapmak, organik madde kullanımı, fazla suyun drenaj yardımıyla uzaklaştırılması, toprağın yıkanması, seraların yaz aylarında boş bırakılması, derin sürümler yapılması ve üst toprak katmanının zaman zaman değiştirilmesi [4, 9]; aşılı bitki kullanımı [10], topraksız tarımda ara ykamalar, tuzlu ve temiz suyun münavebeli kullanımı [11] ve uygun gübreleme rejimleri [12] çözüm olabilmektedir. Ancak alınabilecek bu önlemlerin kolay ve pratik olduğunu söylemek güçtür ve genellikle pahalı ve geçici çözümlerdir. Bu durumda özellikle topraksız tarımda gübre olarak kullanılması önerilen ve stres koşulları altında bitki dayanıklılığını arttıran silisyum (Si) gibi kimyasalların bitkiye uygulanması tuz stresine dayanımı arttırmada bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır [13, 14, 15, 16].

Oksijenden sonra yer kabuğunda en fazla bulunan element olan silisyum nadiren serbest halde, genellikle silikatlar veya oksitler şeklinde bulunur [13]. pH'sı 9'un altında olan toprak çözeltisinde 0.1- 0.6 mM arasındaki konsantrasyonlarda silisik asit ( $H_4SiO_4$ ) olarak bulunur ve bu değer toprak çözeltisindeki fosfor konsantrasyonundan iki kat daha büyüktür [13, 17]. Bitkiler kökleri ile yüksüz monomerik silisik asidi absorbe eder ve kuru ağırlıklarında %10'a kadar biriktirirler [18]. Bu miktar ile pek çok makro element kadar bitkideki varlığından söz edilebilir. Ancak, silisyum yüksek bitkilerin gelişimi için gübreleme programlarında gerekli elementler arasında yer almamaktadır [13; 19]. Oysa Werner ve Roth [20] silisyumun yüksek organizmalar için temel element olduğunu; Epstein [17] bitki fizyolojisi ve morfolojisindeki rolü nedeni ile silisyumun mutlak suretle gerekliliğini belirtmiş; besin solüsyonunda 0.25 mM silisyum olması gerektiğini belirtmiştir. Morgan [21] ise marul ve fasulyede yaptığı çalışmada besin solüsyonu silisyum konsantrasyonunun 140 ppm olması gerektiğini belirtmiştir. Besin solüsyonunda 100 ppm silisyum (silisik asit,  $H_4SiO_4$ ) varlığında en iyi gelişmenin sağlandığı, silisyum kaynağı olarak Na ve K silikatların da kullanılacağı rapor edilmiştir [22]. Silisyumun kullanım amacı daha çok bitki hastalık ve zararlıların ortaya çıkmasını azaltması etkisi [23, 24, 25] olmasına rağmen, silisyumun bitkilerin savunma mekanizmasını aktif hale getirdiği ve tuz stresi [26], kuraklık [27] ve metal (Al, Mn, Cd) toksisitesine [28] karşı bitki direncini/toleransını arttırdığı ispatlanmıştır. Silisyumun verim ve bitki gelişimini artırıcı etkileri de bulunmaktadır [16, 25, 29, 30].

Silisyumun yukarıda sayılan faydaları nedeni ile tarımda kullanılması kaçınılmazdır. Serada açıkta yetiştiriciliğe göre fazla olan tuzluluk sorununa karşı silisyum uygulamasının etkili/alternatif bir çözüm yolu olacağı düşünülmektedir. Bu konuda yurtdışında yapılmış çok fazla çalışma olmasına karşın, çalışmaların çoğunluğunun çeltik/pirinç [24, 31], buğday [27, 32], mısır [28] gibi bitkilerde toplandığı; sebzelerden ise çoğunlukla hıyarda [33, 34, 35] ve marulda hastalıklara dayanıklılık adına ve domateste [16, 29] verim ve kalite üzerine yapıldığı görülmektedir. Kuzu marulunda silisyum kullanımı üzerine sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır [36].

Ülkemizde mısır salatası (corn salad), kuzu salatası (lamb's lettuce) veya kuzu gevreği olarak da adlandırılan ve yaprakları yenilen sebzeler grubunda yer alan kuzu marulu (*Valeriana locusta* L.) Avrupa (Fransa, İtalya, İsviçre, Almanya) orijinli bir tür olup, tek yıllık bir bitkidir. Yağ (0.4 g/100 g), karbonhidrat (3.6 g/100 g) ve kalori (87.9 kJ/100 g) değerinin düşük olduğu; protein (2 g/100 g), vitamin A (7019 IU/100 g), C (38.2 mg/100 g) ve B6 (0.3 mg/100 g) içeriğinin ise çoğu sebze türünden yüksek olduğu; yaprakların birçok aminoasiti içerdiği ve besin elementleri açısından zengin olduğu (100 gramda 459 mg K, 53 mg P, 13 mg Mg, 38 mg Ca ve 2.2 mg Fe) belirtilmiştir [37]. Bu özellikleri ile yurtdışında hazır salata paketleri içerisinde yerini alan kuzu marulu ülkemiz için yeni bir tür olup, salatalar için cazip ve alternatif bir ürün olarak kullanılabilir niteliktedir. Ayrıca tek seferde hasat ediliyor olması ve kısa dönem yetiştiriciliğe uygun olması, kış ve erken ilkbahar aylarında seralarda ara ürün olarak yetiştirilebileceğini göstermektedir. Bitkisel özelliği nedeni ile de topraklı yetiştiricilikte toprağının kolay temizleniyor olması üretim ve tüketimde tercih edilmesine neden olabilmektedir.

Yürütülen bu çalışmada serada tuzluluk sorununa karşı etkili/alternatif bir çözüm olan silisyumun kuzu marulu yetiştiriciliğinde kullanımı; tuz zararını tolare etmede ve de tuzlu ve tuzsuz koşullarda silisyumun bitki gelişimi, verim, kalite, bitki su tüketimi gibi parametreler üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Araştırma 2018 yılı kış aylarında Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü (Bornova-İzmir)'ne ait polietilen örtülü yüksek plastik tünelde yürütülmüştür. Denemede bitkisel materyal olarak standart kuzu marulu (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) çeşidi (N.L. Chrestensen Tohum, Almanya), bitki yetiştirme yeri olarak göz hacmi 72'lik (665×335×50 mm) köpük viyoller (Kar-Viyol, Antalya, Türkiye) ve tohum çimlendirmek için ithal torf (Klassman TS1, Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste, Almanya) kullanılmıştır.

Tohum ekimi 09.11.2018 tarihinde, viyol gözlerine doldurulan ithal torf ortamına her göze 1 adet tohum gelecek şekilde yapılmıştır. Denemede m<sup>2</sup>'de 332 bitki yer almıştır. Tohum ekiminden sonra ortamlar nemlendirilip viyoller streç film ile kaplanmış ve çimlendirme odasına konulmuştur. Viyoller çimlendirme odasında (karanlık, gece/gündüz 18-20°C, %80 nem) 3 gün tutulduktan sonra; fide adaptasyon serasına alınıp gerçek yapraklar çıkana kadar (14 gün) burada tutulmuştur. Bu süre içerisinde gerektiğinde seradaki su rampası sistemi ile fidelere sadece su verilerek sulama yapılmıştır. Adaptasyon serasında 1-2 adet gerçek yapraklarını oluşturan fideler tünel serada teknelerde su kültürü sistemine aktarılmışlardır.

Su kültüründe yetiştiricilik, boyutları 80×44×19 cm olan, 52 litre hacme sahip plastik yatay teknelerde (Kod: 464, Aksu Plastik, Sultangazi-İstanbul/Turkey) yapılmıştır. Besin solüsyonunu havalandırmak için bir ucu kompresöre bağlı ve her tekneye ucunda hava taşı olan PE-şeffaf akvaryum borusu ile çıkışı olan hava hortumundan yararlanılmıştır. Havalandırma oranını ayarlamak için mini vana kullanılmıştır. Kompresör elektriği zamanlayıcı ile verilmiş; zamanlayıcı 24 saat boyunca 30:30 durma ve çalışma olacak şekilde ayarlanmıştır.

Yetiştirme tekneleri kışlık marul reçetesine (mg/L: N 150, P 50, K 150, Ca 150, Mg 50, Fe 5.0, Mn 0.50, Zn 0.05, B 0.50, Cu 0.03, Mo 0.02) göre hazırlanan besin solüsyonu [38] ile 40 L doldurulmuştur. Fideler 25.11.2009 tarihinde su kültürüne aktarılmıştır. 02.12.2018 tarihinde besin solüsyonuna tuz ve silisyum ilavesi yapılmıştır. Bitkiler iki farklı besin solüsyonu tuzluluk seviyesinde [1.8 dS/m (0 mM): Kontrol ve 3.6 dS/m (20 mM): Tuzlu] yetiştirilmiş ve solüsyona ilave edilen 100 ppm silisyum (K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) uygulaması (Si+), silisyumsuz (Si-) uygulama ile kıyaslanmıştır. Besin solüsyonu EC seviyesini arttırmak için "sodyum klorür" (NaCl)'den yararlanılmış; bu amaçla işlenmiş deniz tuzundan (AkTuz Ltd. Şti., Işıkkent-Bornova, İzmir) yararlanılmıştır. Bitkiler su kültüründe 1 ay kalmışlardır. Bu süre içerisinde besin solüsyonu veya su miktarı azaldıkça haftada 1 defa takviye yapılmış, EC, pH, Si ve tuz ayarlamaları yapılmıştır.

Üretim 25.12.2018 tarihinde hasatla birlikte sonlandırılmıştır. Bitkiler hasat olgunluğuna geldiklerinde her konunun her tekerrüründen homojen yapıda 10 örnek bitki seçilerek şerit metre yardımı ile bitki boyu (cm) ve kök boyu (cm), dijital kumpas yardımı ile gövde kalınlığı (mm), mikrometre (Mitutoyo, Japonya) ile yaprak kalınlığı ölçülmüştür. Aynı örneklerde yaprak rengi renk ölçerle (Konica Minolta CR-400 Chroma Meter, Japonya) ölçülmüş L, a, b üzerinden ölçülmüş, hue ve kroma değerleri hesaplanmıştır [39]. Daha sonra örneklerin yaprak yaş ağırlıkları hassas terazi ile tartılıp 65 °C etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları alınmış; elde edilen veriler yaş ve kuru ağırlık (g) ve kuru ağırlık yüzdesi (%) olarak verilmiştir. Toplam korofil içeriği klorofil metre (SPAD-502 Plus, Konica Minolta, Japonya) ile ölçülmüş ve klorofil indeksi olarak (SPAD) verilmiştir. Bitkilerin nitrat içeriği Cataldo ve ark. [40]'a göre, vitamin C içeriği Pearson [41]'e göre spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. 25.12.2018 tarihinde tek seferde hasat yapılmış, her tekerrürden alınan hasat bitki ağırlıkları üzerinden verim değeri (g/m<sup>2</sup>) hesaplanmıştır. Yetiştirme süresi boyunca ilave edilen ve süre sonunda teknelerde kalan su miktarı üzerinden bitki su tüketimleri (ml/bitki) hesaplanmıştır. Besin solüsyonu örneklerinin elektriksel geçirgenliği (EC) ve pH ölçümleri EC metre (Mettler Toledo, MC-126) ve pH metre (Mettler Toledo, Seven Easy) yardımı ile yapılmıştır.

Araştırmada her konu için 1 viyol 1 tekrar (n:72) olacak şekilde 2 viyol kullanılmış; deneme Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre kurulmuş ve iki faktörlü olarak (tuz ve silisyum uygulaması) değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere bilgisayarda JMP (sürüm 5.0.1) istatistiksel analiz paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için %5 önem düzeyinde Tukey testi kullanılmıştır.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Bitki Gelişimi

Tuz, silisyum ve tuz x silisyum interaksiyonunun bitki ve kök boyu ile gövde çapı üzerine etkisi önemli çıkmış, ancak yaprak kalınlığı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. 3.6 dS/m tuz konsantrasyonunda yetiştirilen bitkilerin kontrol bitkilerine göre bitki boyu %8.32, gövde çapı %6.66 oranında azalırken, kök boyu %57.92 oranında artış göstermiştir. Silisyum uygulaması ile bitki boyu (%2.86), kök boyu (%19.06) ve gövde çapı (%7.76) artmıştır. Tuz x silisyum interaksiyonunda tuzlu ortama silisyum ilavesinin silisyumsuz tuzlu ortama göre gövde çapını ve aynı istatistiksel grupta olsalar da bitki ve kök boyunu arttırdığı belirlenmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Tuz ve silisyum uygulamalarının kuzu marulunda bitki morfolojisi üzerine etkileri

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Yaprak kalınlığı (mm)
Kontrol	9.98 a	13.19 b	1.27 a	0.268
Tuz	9.15 b	20.83 a	1.16 b	0.267
<i>P</i>	**	***	*	ö.d.
Sİ (-)	9.43 b	15.53 b	1.16 b	0.269
Si (+)	9.70 a	18.49 a	1.25 a	0.265
<i>P</i>	*	**	*	ö.d.
Kontrol	9.83 ab	10.86 c	1.28 a	0.271
Kontrol + Si	10.13 a	15.51 b	1.25 a	0.264
Tuz	9.02 c	20.19 a	1.06 b	0.268
Tuz + Si	9.27 bc	21.47 a	1.26 a	0.265
<i>P</i>	*	**	*	ö.d.

ö.d.: önemsiz ( $P>0.05$ ), \*:  $0.01<P\leq 0.05$ , \*\*:  $0.001<P\leq 0.01$ , \*\*\*:  $P\leq 0.001$

Besin solüsyonuna tuz ilavesi yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı ile kök yaş ağırlığını önemli ölçüde azaltmış, bu azalış sırası ile %11.83, 11.38 ve 12.28 oranlarında olmuştur. Yeşil aksam kuru madde içeriği tuz uygulaması ile artmış ancak bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kök kuru ağırlık ve kuru madde içeriği tuz uygulamasından etkilenmemiştir. Yeşil aksam kuru madde içeriği hariç ölçülen diğer parametrelerin silisyum uygulamasından etkilendiği, yaş ve kuru ağırlıkların silisyum uygulaması ile arttığı, kuru madde içeriklerinin azaldığı saptanmıştır. Silisyum uygulaması ile yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı %12.8 ve 11.4, kök yaş ve kuru ağırlığı 27.7 ve 21.1 artış gösterirken, kök kuru maddesi %7.0 azalış göstermiştir. Tuz x silisyum interaksiyonu altında kontrol x silisyum uygulaması en yüksek biyokütleyle sahip olurken, bunu aynı istatistiksel grupta yer alan tuz x silisyum uygulaması izlemiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Tuz ve silisyum uygulamalarının kuzu marulunda bitki biyokütlesi üzerine etkileri

Uygulamalar	Yeşil aksam			Kök		
	Yaş ağırlık (g/bitki)	Kuru ağırlık (g/bitki)	Kuru madde (%)	Yaş ağırlık (g/bitki)	Kuru ağırlık (g/bitki)	Kuru madde (%)
Kontrol	1.69 a	0.167 a	9.97	0.57 a	0.023	3.99
Tuz	1.46 b	0.148 b	10.05	0.50 b	0.020	3.94
<i>P</i>	**	**	ö.d.	**	ö.d.	ö.d.
Sİ (-)	1.48 b	0.149 b	10.08	0.47 b	0.019 b	4.10 a
Si (+)	1.67 a	0.166 a	9.94	0.60 a	0.023 a	3.83 b
<i>P</i>	**	*	ö.d.	**	*	*
Kontrol	1.64 ab	0.164	10.00	0.50 ab	0.020 ab	4.00 b
Kontrol + Si	1.73 a	0.172	9.94	0.63 a	0.025 a	3.97 a
Tuz	1.31 b	0.133	10.15	0.43 b	0.018 b	4.19 b
Tuz + Si	1.60 ab	0.159	9.90	0.57 ab	0.021 ab	3.68 ab
<i>P</i>	*	ö.d.	ö.d.	*	*	*

ö.d.: önemsiz ( $P>0.05$ ), \*:  $0.01<P\leq 0.05$ , \*\*:  $0.001<P\leq 0.01$ , \*\*\*:  $P\leq 0.001$

#### 3.2. Verim Değerleri

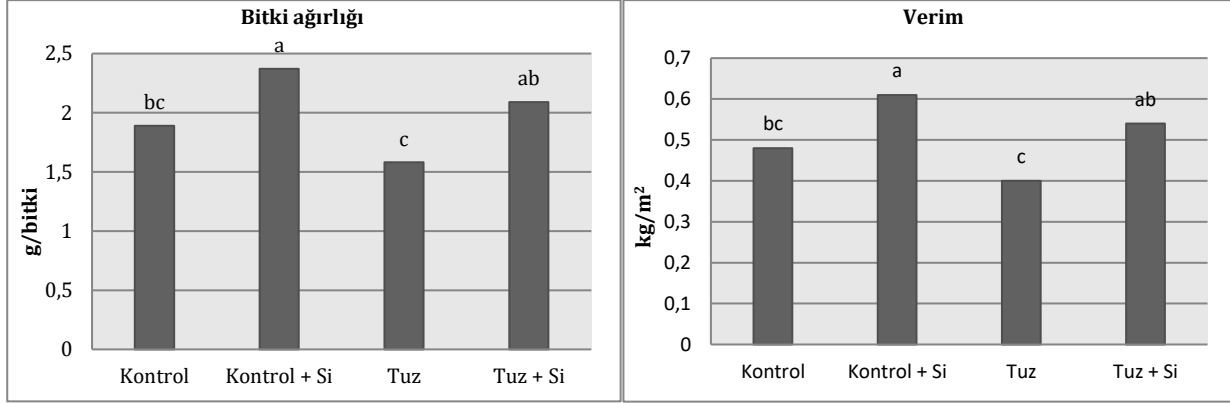
Tuz ve silisyum ana etkileri ile interaksiyon etkisinin bitki ağırlığı ve verim değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Tuz uygulaması ile verim değerlerinin azaldığı, silisyum uygulaması ile arttığı görülmüştür. Bitki ağırlığı ve verim tuz uygulaması ile %15.8 ve 17.0 oranında azalırken, silisyum uygulaması ile sırası ile %28.9 ve 29.5 oranında artmıştır (Tablo 3). Tuz x silisyum interaksiyonu altında kontrol x silisyum uygulaması 2.37 g/bitki ile en yüksek bitki ağırlığını ve 0.61 kg/m<sup>2</sup> ile en yüksek verim değerlerine sahip olmuştur. Bunu aynı istatistiksel grupta yer alan tuz x silisyum uygulaması (2.09 g/bitki ve 0.54 kg/m<sup>2</sup>) izlemiştir. İnteraksiyon altında en düşük

verim değerleri silisyum uygulanmayan tuz uygulamasından (1.58 g/bitki ve 0.40 kg/m<sup>2</sup>) elde edilmiştir (Şekil 1).

**Tablo 3.** Tuz ve silisyum uygulamalarının kuzu marulunda bitki ağırlığı ve toplam verim üzerine ana etkileri

Uygulamalar	Bitki ağırlığı (g/bitki)	Verim (kg/m <sup>2</sup> )
Kontrol	2.13 a	0.55 a
Tuz	1.84 b	0.47 b
<i>P</i>	**	**
Si (-)	1.73 b	0.44 b
Si (+)	2.23 a	0.57 a
<i>P</i>	*	*

\*: 0.01 < P ≤ 0.05, \*\*: 0.001 < P ≤ 0.01



**Şekil 1.** Tuz x silisyum interaksyonunun verim değerleri üzerine etkisi

### 3.3. Kalite Değerleri

Klorofil indeks ve yaprak renk değerleri üzerine tuz ve silisyum ana ve interaksyon etkisinin önemli bir etkisi olmadığı (Tablo 4), ancak yaprak nitrat ve vitamin C içeriğinin uygulamaların ana etkisinden etkilendiği görülmüştür (Tablo 5). Silisyum uygulaması yaprak nitrat içeriğini etkilemezken, tuz uygulaması ile nitrat içeriği %20.5 oranında azalmıştır. Tuz uygulaması ile vitamin C içeriği %15.5 oranında, silisyum uygulaması ile %7.7 oranında artmıştır. İnteraksyon etkisi nitrat ve vitamin C içeriğini etkilememiştir (Şekil 2). İstatistiksel olarak önemsiz olsa da vitamin C içeriği silisyum uygulaması ile kontrol koşullarında %4.0, tuzlu koşulda %12.6 oranında artış göstermiştir.

**Tablo 4.** Tuz ve silisyum uygulamalarının kuzu marulunda klorofil indeksi ve renk değerleri üzerine etkileri

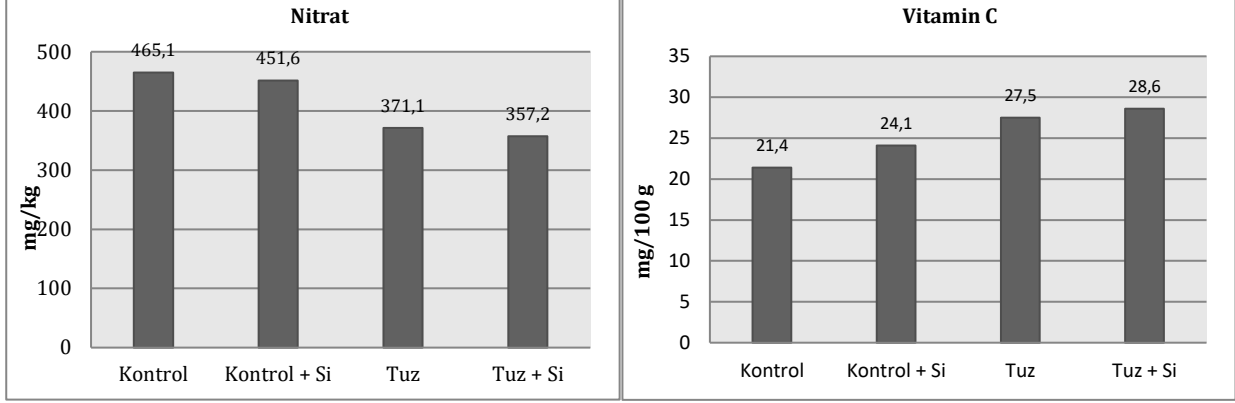
Uygulamalar	Klorofil			Renk Değerleri			
	(SPAD)	L*	a*	b*	a*/b*	h°	C*
Kontrol	35.65	42.63	-16.55	24.77	-0.67	123.75	29.79
Tuz	36.68	43.35	-16.36	24.07	-0.68	124.22	29.10
<i>P</i>	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Si (-)	35.83	43.12	-16.53	24.73	-0.67	123.76	29.75
Si (+)	36.49	42.85	-16.38	24.11	-0.68	124.20	29.15
<i>P</i>	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Kontrol	35.34	42.53	-16.60	25.03	-0.66	123.55	30.03
Kontrol + Si	35.96	42.73	-16.50	24.52	-0.67	123.95	29.55
Tuz	36.32	43.71	-16.47	24.44	-0.67	123.98	29.47
Tuz + Si	37.03	42.98	-16.26	23.70	-0.69	124.45	28.74
<i>P</i>	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

L, siyah:0'dan beyaz:100'a olacak şekilde parlaklığını; negatif a\* yeşili; pozitif b\* sarı; hue açısı (h°) rengin temel bileşenlerini (0°:kırmızı, 90°:sarı, 180°:yeşil ve 270°:mavi); kroma (C\*) rengin doygunluğunu ve canlılığını belirler. ö.d.: önemsiz (P>0.05)

**Tablo 5.** Tuz ve silisyum uygulamalarının kuzu marulunda yaprak nitrat ve vitamin C içeriği üzerine ana etkileri

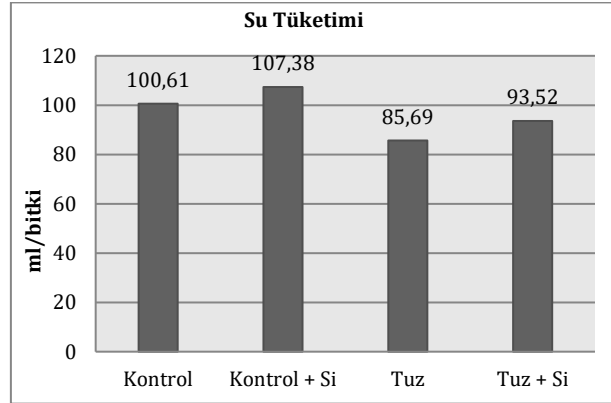
Uygulamalar	Nitrat (mg/kg)	Vitamin C (mg/100 g)
Kontrol	458.3 a	22.76 b
Tuz	364.1 b	27.06 a
<i>P</i>	**	***
Si (-)	418.1	24.46 b
Si (+)	404.4	26.35 a
<i>P</i>	ö.d	**

ö.d.: önemsiz ( $P>0.05$ ), \*\*:  $0.001<P\leq 0.01$ , \*\*\*:  $P\leq 0.001$

**Şekil 2.** Tuz x silisyum interaksiyonunun kuzu marulunda yaprak nitrat ve vitamin C içeriği üzerine etkisi

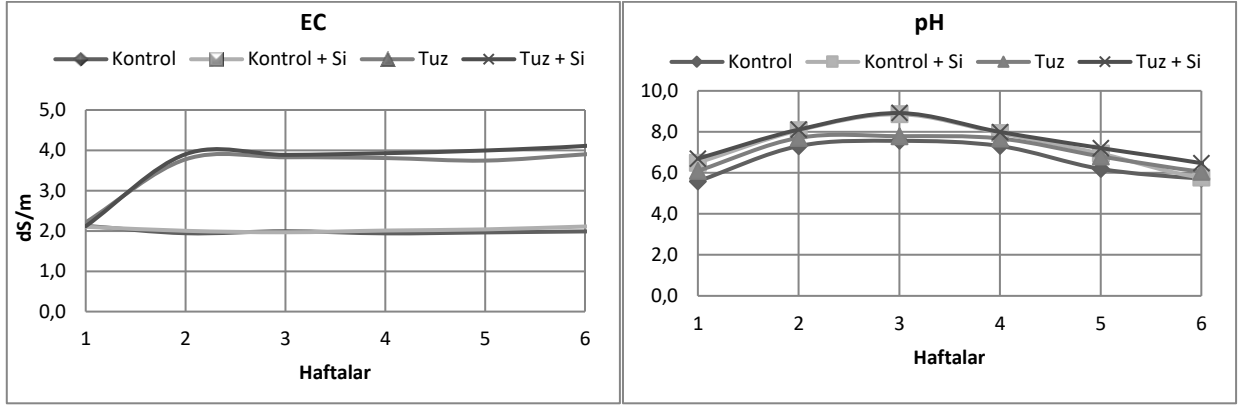
### 3.4. Bitki Su Tüketimi

Bitki su tüketimi üzerine uygulamaların tek sel ve interaksiyon etkisi önemsiz bulunmasına karşın tuz ile bitki su tüketimi azalmış, silisyum uygulaması ile artmıştır. Bitki su tüketimi kontrol uygulamasında 104.0 ml/bitki olarak belirlenmiş, tuzlu koşulda %13.8 azalış göstererek 89.6 ml/bitki olmuştur. Silisyum uygulaması ile elde edilen bitki su tüketim değeri 100.45 ml/bitki olurken, silisyumsuz koşulda %7.8 azalış ile 93.15 ml/bitki olmuştur. Tuz x silisyum interaksiyonu altında kontrol x silisyum uygulaması en yüksek bitki su tüketimine sahip olurken, en düşük bitki su tüketimi silisyumsuz tuzlu besin solüsyonu uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 3).

**Şekil 3.** Tuz x silisyum interaksiyonunun bitki su tüketimi üzerine etkisi

### 3.5. Besin solüsyonu EC ve pH Değerleri

Bitkilerin su kültüründe kaldığı 6 hafta boyunca elde edilen EC ve pH değerlerine ait grafikler Şekil 4'de verilmiştir. EC değeri tuz uygulaması ile birlikte 2. haftadan itibaren artmış, tuzlu solüsyonun EC değeri 3.94 ile 4.30 (ort. 3.64) dS/m arasında değişmiştir. Kontrol uygulamasının EC değerleri ise 1.94 ile 2.17 (ort. 2.03) dS/m arasında değişmiştir. pH değerlerinin ise kontrol uygulamasında 5.52-8.86 (ort. 6.64), tuz uygulamasında 5.53-8.92 (ort. 6.95) arasında değiştiği görülmüştür.



Şekil 4. Besin solüsyonu EC ve pH değerleri

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Besin solüsyonunun tuz içeriğinin artırılması ile bitki biyokütlesinin, boyunun ve ağırlığının dolayısı ile verimin azaldığı gözlenmiştir. Farklı sebze türlerinde yapılan çalışmalar araştırma sonuçlarımızı destekler nitelikte tuzlu koşullarda bitki biyokütlesinin [42,43, 44, 45] ve veriminin azaldığını göstermiştir [8, 10, 46, 47, 48]. Söz konusu bu azalışların tuz stresi altında artan NaCl konsantrasyonunun bitkide yaratmış olduğu iyon dengesizliği; ozmotik strese bağlı olarak ortaya çıkan, hücrenin su ve ozmotik potansiyelini düşürerek hücre hacminin ve genişleme oranının azalmasına neden olan ozmotik dehidrasyon ve artan transpirasyon sonucu bitkinin sürgün ve yapraklarında meydana gelen kurumalara bağlı olduğu düşünülmektedir [2, 49, 50]. Tuz stresi altında kuzu marulları daha küçük kalmış, daha az sayıda yaprak oluşturmuş ve bitki boyları kısalmıştır [51].

Besin solüsyonuna silisyum ilavesi kontrol veya tuzlu koşullarda bitki gelişimini ve verimini arttırmıştır [24, 52]. Yürütülen çalışmada silisyumun asıl etkisi tuzlu koşullarda görülmüş, silisyum tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı görülmüştür [16, 26, 29, 34]. Silisyumun tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerine maruz bitkilerde antioksidatif savunma mekanizmasının çalışmasını teşvik ettiği, bitki gövdesini kuvvetlendirdiği, fotosentez ve su kullanma etkinliği üzerine olumlu etkilerinin olduğu, stres altındaki bitkilerde lipid peroksidasyonunu ve membran geçirgenliğini azaltarak stres faktörlerine dayanımı artırdığı bilinmektedir [24; 34; 53, 54]. Silisyumun Na alınımını azalttığı ve böylece bitkinin tuz stresinden daha az etkilendiği de rapor edilmiştir [55].

Yürütülen bu çalışmada m<sup>2</sup>'de 332 bitki kullanılmış ve verim değerleri 0.40 ile 0.61 kg/m<sup>2</sup> arasında değişmiştir. Gottardi ve ark. [36] yüzen su kültüründe besin solüsyonuna silisyum uygulamasının etkilerini araştırdığı çalışmasından m<sup>2</sup>'de 1800 bitki kullanmış ve verim değerlerini 1.3 ile 2.1 kg/m<sup>2</sup> arasında bulmuştur. Bu sonuçlar elde ettiğimiz verim değerlerinin önceki çalışmalarda elde edilen değerlerden yüksek olduğunu göstermektedir. Araştırmacılar kullanmış oldukları Gala (+%61.3) ve Eurion (+%20.0) çeşitlerinde silisyum uygulaması ile verim değerlerinin arttığını ve artış miktarının çeşitlere bağlı olarak farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Besin solüsyonuna tuz veya silisyum ilavesinin yaprak klorofil indeksi ve renk değerleri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Klorofil indeks değeri besin solüsyonuna silisyum ilavesi ile kısmen artış göstermiş ve 35.34 ile 37.03 SPAD arasında değişmiş; Gottardi ve ark. [36] tarafından belirtilen değerler (32.1-35.9 SPAD) ile uyum göstermiştir. Ancak Manzocco ve ark. [56]'in belirttiği değerlerden (42.5-46.4 SPAD) düşük kalmıştır. Bunun da yetiştirme zamanı, sistemi, besleme ve bakım şartları farkından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Fernandez ve ark. [57], bitkilerde nitrat birikiminin kök ortamında var olan azot mevcudiyeti ile doğrudan ilişkili, suyun klor konsantrasyonu ve nitrat redüktaz aktivitesi ile ters ilişkili olduğu bildirilmektedir. Fazla tüketildiğinde insan sağlığını olumsuz etkilemesi nedeni ile yaprakları yenilen sebzeler için önemli bir kalite kriteri olan nitrat, besin solüsyonuna tuz ilavesi ile önemli ölçüde azalmıştır. Elde edilen bu sonuçlar önceki çalışmalar [57; 58] ile uyumlu bulunmuştur. Halk sağlığını korumak adına Avrupa Birliği 1258/2011 sayılı yönetmelikle salatalar için nitrat eşik değerlerini soğuk mevsimde ve örtü altı yetiştiriciliğinde 5000 ppm, sıcak mevsimde ve açık alanda üretimde 3000 ppm olarak belirlemiştir [59]. Manzocco ve ark. [56] kuzu marulunun nitrat içeriğini topraklı yetiştiricilikte 3806 mg/kg, topraksız hidroponik yetiştiricilikte 3878-4695 mg/kg arasında; Gottardi ve ark. [36] ise çeşitlere göre değişmekle birlikte 3180 ile 4170 mg/kg arasında bulmuştur. Yürütülen bu çalışmadan elde edilen nitrat değerleri 371.1 ile 465.1 ppm arasında değişmiş ve Avrupa mevzuatı tarafından izin verilen

maksimum seviyelerden ve önceki çalışmalardan çok düşük bulunmuştur. Silisyum uygulaması ile nitrat içeriğinin kısmen azaldığı gözlenmiştir. Benzer sonuç Gottardi ve ark. [36]'ın yapmış olduğu çalışmadan da elde edilmiştir.

Yaprakları tüketilen sebzelerin çoğunun iyi bir vitamin C kaynağı olduğu [60] bilinmektedir. Kuzu marulu vitamin C içeriği 38.2 mg/100 g olarak belirtilmiştir [37]. Yürütülen çalışmada vitamin C içeriği 21.4 ile 28.6 mg/100 g arasında değişmiş ve belirtilen değerden düşük çıkmıştır. Bunun nedeninin bitkilerin vitamin C içeriğinin üretim zamanı ve yetiştirme koşullarına göre değişmesi [61] ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Çalışmada vitamin C değeri tuz stresi ile ve silisyum uygulaması ile artış göstermiştir. Sonuçlarımız stres altında vitamin C içeriğinin arttığını gösteren önceki çalışmalar [62] ile domateste kök bölgesine silisyum uygulamasının vitamin C içeriğinin arttığını belirten çalışmalar [63] uyumlu bulunmuştur.

Araştırma süresince bitkilere eşit miktarda su verilmeye çalışılmış ve bitki su tüketim değerleri 85.69 ile 107.38 ml/bitki arasında değişim göstermiştir. Bitki su tüketim değerlerinin besin solüsyonunun tuz seviyesinin artması ile azaldığı saptanmıştır [47, 64; 65]. Romero-Aranda ve ark. [66], tuz stresi altında bitkilerin su tüketimlerinin azaldığını ve bu azalışın da tuz stresi altındaki bitkilerin stomatal yoğunluğunun, stoma iletkenliğinin ve kök hidrolik iletiminin azalmasından ve dolayısı ile transpirasyon oranının azalmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Fernandez-Garcia ve ark. [67] da kök hidrolik iletiminin tuzluluk ile azaldığını, bu azalmanın kök plazma membranlarındaki su ve doğal bileşiklerin boşluklardan taşınmasını sağlayan kanal proteinlerinin (aquaporins) aktivitesinin ve konsantrasyonunun azalması ile yakından ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Besin solüsyonuna silisyum uygulaması ile bitki su tüketiminin düşük oranlarda da olsa arttığı saptanmıştır [63]. Gong ve ark., [68], bitkilerin su alınımındaki azalmaya karşı silisyumun olumlu etkisi olduğunu açıklamışlardır. Yine silisyumun su alınımındaki azalmaya neden olacak stres koşulu altında bitkilerin kök gelişmesinin teşvik ederek, düşük taç/kök oranı elde edilerek bitki kuru ağırlığı, su içeriği ve su kullanma kabiliyetleri arttırdığı bildirilmiştir [69, 70].

Araştırmadan elde edilen tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde, besin solüsyonuna tuz ilavesinin bitki boyu, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, verim, nitrat ve su tüketimini azalttığını; kök boyu ve kök biyomasını arttırdığını göstermiştir. Özellikle tuz stresi altında besin solüsyonuna silisyum ilavesi tuz stresinin olumsuz etkisini gidermiştir. Araştırma sonucunda, silisyumun tuz stresini azaltmada pratik ve alternatif bir uygulama olabildiği, besin solüsyonuna silisyum ilavesinin kuzu marulunda bitki gelişimi ve verimi arttırdığı, bu nedenle besin solüsyonunda kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

## Kaynakça

- [1] Çulha, Ş., Çakırlar, H. 2011. Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(2): 11-34.
- [2] Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol.II. Academic Pres, New York, 607 p.
- [3] Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. Celal Bayer Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(1): 47-66.
- [4] Sevgican, A., 2002. Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım). Cilt II. Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları. Bornova, İzmir.
- [5] Sönmez, İ., Kaplan, M. 2004. Demre Yöresi Seralarında Toprak ve Sulama Sularının Tuz İçeriğinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2): 155-160.
- [6] Anaç, D., Eryüce, N. 2003. Nutrient Management in Protected Cropping in Turkey. Nutrient, Substrate and Water Management in Protected Cropping Systems. The 2003 Dahlia Greidinger Symposium (7-10 December 2003). Ege University, İzmir-Turkey.
- [7] Sonneveld, C., Baas, R., Nijssen, H.M.C., De Hoog, J. 1999. Salt Tolerance of Flower Crops Grown in Soilless Culture. Journal of Plant Nutrition, 22:1033-1048.
- [8] Li, Y.L. 2000. Analysis of Greenhouse Tomato Production in Relation to Salinity and Shoot Environment. PhD thesis. Insititute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG), Wageningen.
- [9] Yılmaz, S. Fırat, A.F., Zengin, S., Çelik, İ., Aktaş, A., Tekşam, İ., Arı, N., Devran, Z., Ünlü, A., Göçmen, M., Öztop, A., Baysal, Ö., Sayın, Ö., Çelikyurt, M.A., Kaya, N. 2008. Sera Domates Üretiminde İyi Tarım Uygulamaları. BATEM-Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya-Turkey. 111 p.
- [10] Öztekin, G.B. 2009. Aşılı Domates Bitkilerinde Tuz Stresine Karşı Anaçların Etkisi. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bornova, İzmir-Turkey, 342 s.



- [11] Adams, P., Ho, L.C. 1989. Effect of Constant and Fluctuating Salinity on The Yield, Quality and Calcium Status of Tomatoes. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 64(6): 725-732.
- [12] Navarro, M.J., Martinez, V., Carvajal, M. 2000. Amonium, Bicarbonate and Calsium Effects on Tomato Plants Grown under Saline Conditions. *Plant Science*, 157:89-96.
- [13] Epstein, E. 1999. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50:641-644.
- [14] Romero-Aranda, R.M, Jurado, O., Cuartero, J. 2006. Silicon Alleviates the Deleterious Salt Effect on Tomato Plant Growth By Improving Plantwater Status. *Journal of Plant Physiology*, 163:847-855.
- [15] Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea, M., Patakioutas, G. 2009. Silicon Supply in Soilless Cultivations of Zucchini Alleviates Stress Induced by Salinity and Powdery Mildew Infections. *Environmental and Experimental Botany*, 65:11-17.
- [16] Öztekin, G.B., Tüzel, Y., Tüzel, İ.H., Tepecik, M. 2018. Effects of Silicon on Tomato Grown in Substrate Culture Under Salinity Stress. *Fresenius Environmental Bultein*, 27: 5520-5530.
- [17] Epstein, E. 1994. The Anomaly of Silicon in Plant Biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences-USA*, 91:11-17.
- [18] Liang, Y.C., Sun, W., Zhu, Y.G., Christie, P. 2007. Mechanisms of Silicon Mediated Alleviation of Abiotic Stress in Higher Plants: A Review. *Environmental Pollution*, 147:422-428.
- [19] Meunier, J. 2003. The Role of Plants in The Transfer of Silicon From Theplant Surface into the Cytosol. *Comptes Rendus Geoscience*, 335:1199-1206.
- [20] Werner, D., Roth, R. 1983. Silica Metabolism. In *Ancyclopedia of Plant Physiology, New Series*. Eds. A. Lauchli and R.L. Bielecki, SpringerVerlag, New York. p. 682-694.
- [21] Morgan, L. 2000. Beneficial Elements for Hydroponics: A New Look at Plant Nutrition. *Growing Edge* 11(3): 40-581.
- [22] Jones, B. J. 2014. *Complete Guide for Growing Plants Hydroponically*. CRC Press, pp 203.
- [23] Menzies, J.G., Belanger, R.R. 1996. Recent Advances in Cultural Management of Diseases of Greenhouse Crops. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 18:186-193.
- [24] Savant, N.K., Snyder, G.H., Datnoff, L.E. 1997. Silicon Management and Sustainable Rice Production. *Advances in Agronomy*, San Diego, CA, USA58:151-199.
- [25] Ma, J.F., Takahashi, E. 2002. *Soil, Fertilizer and Plant Silicon Research in Japan*. Elsevier Science, Amsterdam.
- [26] Aranda, M.R.R., Oliva, J., Cuartero, J. 2005. Silicon Alleviates the Deleterious Salt Effect on Tomato Plant Growth by Improving Plant Water Status. *Journal of Plant Physiology*, 5:10.
- [27] Gong, H., Chen, G., Chen, G., Wang, S., Zhang, C. 2005. Silicon Alleviates Oxidative Damage of Wheat Plants in Pots Under Drought. *Plant Science*, 169:313-321.
- [28] Barcelo, J., Guevara, P., Poschenrieder, C. 1993. Silicon amelioration of Aluminum Toxicity in Teosinte (*Zea mays L. Spp. Mexicana*). *Plant Soil*, 154:249-255.
- [29] Öztekin, G.B., Tüzel, Y., Tüzel, İ.H. 2017. Sera Topraksız Domates Yetiştiriciliğinde Silisyumun Tuz Stresine Etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6 (Özel sayı):243-256.
- [30] Lee, D.B., Kwon, T.O., Park, K.H., 1990. Influence of Nitrogen and Silica on the Yield and the Lodging Related Traits of Paddy Rice. *Research Reports of the Rural Development Administration, Soil & Fertilizer*, 32(2):12-23.
- [31] Horiguchi, T. 1988. Mechanism of Manganese Toxicity and Tolerance Of Plants. IV. Effect of Silicon on Alleviation of Manganese Toxicity of Rice Plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 34:63-73.
- [32] Ali, A., Basra, S.M.A., Iqbal, J., Hussain, S., Subhani, M.N., Sarwar, M., Ahmed, M. 2012. Augmenting the Salt Tolerance in Wheat (*Triticum aestivum*) through Exogenously Applied Silicon. *African Journal of Biotechnology*, 11(3):642-649.
- [33] Cherif, M., Benhamou, N., Menzies, J.G., Belanger, R.R. 1992. Studies of Silicon Distribution in Wounded and *Pythium ultimum* Infected Cucumber Plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 41:371-385.
- [34] Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q., Yu, J. 2004. Silicon Alleviates Salt Stress and Increases Antioxidant Enzymes Activity in Leaves of Salt-Stressed Cucumber (*Cucumis sativus*L.). *Plant Science*, 167(3):527-533.

- [35] Cetinsoy, M.F., Dasgan, H.Y. 2016. The Effects of Foliar Spraying of Selenium and Silicon on Cucumber Plants. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, TARGİD Özel Sayı:243-252.
- [36] Gottardi, S., Iacuzzo, F., Tomasi, N., Cortella, G., Manzocco, L., Pinton, R., Römheld, V., Mimmo, T., Scampicchio, M., Dalla Costa, L., Cesco, S. 2012. Beneficial Effects of Silicon on Hydroponically Grown Corn Salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) Plants. Plant Physiology and Biochemistry, 56: 14-23.
- [37] Self Nutrition Data, 2019. <https://nutritiondata.self.com/facts/vegetables-and-vegetable-products/2426/2> (Erişim Tarihi: 03.09.2019)
- [38] Gül, A., 2008, Topraksız Tarım. ISBN:978-975-8377-66-4, Hasad yayıncılık, İstanbul, 144 s.
- [39] McGuire, G. R.,1992. Reporting of Objective Color Measurements. HortScience, 27 (12):1254-1255.
- [40] Cataldo, D.A., Haaron, M., Schrader, L.F., Youngs, V.L. 1975. Rapid Colormetric Determination of Nitrate in Plant-Tissue By Nitration of Salicylic-Acid. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 6:71-80.
- [41] Pearson, D. 1970. The Chemical Analysis of Foods (6th edn). Chemical Publishing Co Inc, New York, USA.
- [42] Perez Alfocea, F., Estan, M. T., Caro, M., Bolarin, M.C. 1993. Response of Tomato Cultivars to Salinity. Plant and Soil, 150:203-211.
- [43] Al-Karaki, G.N. 2000. Growth, Water Use Efficiency and Sodium and Potassium Acquisition by Tomato Cultivars Grown under Salt Stres. Journal of Plant Nutrition, 23(1):1-8.
- [44] Bolarin, M. C., Estan, M. T., Caro, M., Romero-Cayuela, E., Estan, M. T., Parra, M., Caro, M., Bolarin, M. C. 2001. NaCl Pre-treatment at the Seedling Stage Enhances Fruit Yield of Tomato Plants Irrigated with Salt Water. Plant and Soil, 230:231-238.
- [45] Santa-Curz, A., Martinez-Rodriguez, M., Perez-Alfocea, F., Romero-Aranda, R., Bolarin C.M. 2002. The Rootstock Effect on the Tomato Salinity Response Depends on the Shoot Genotype. Plant Science, 162:825-831.
- [46] Schwarz, D., Kuchenbuch, R., Roeber, R. U. 1997. Growth Analysis of Tomato in Close Recirculating System in Relation to the EC Value of the Nutrient Solution. Acta Horticulture, 450:169-176.
- [47] Tüzel, Y., Tüzel, İ.H., Üçer, F. 2003. Effects of Salinity on Tomato Growing in Substrate Culture. Acta Horticulture, 609:329-335.
- [48] Wahome, P.K. 2003. Mechanisms of Salt (NaCl) Stress Tolerance in Horticultural Crops - A Mini Review. Acta Horticulture, 609:127-131.
- [49] Munns, R., Termaat, A. 1986. Whole Plant Responses to Salinity. Australian Journal of Plant Physiology, 13:143-160.
- [50] Pasternak, D. 1987. Salt Tolerance and Crop Production-A Comprehensive Approach. Annual Review of Phytopathology, 25:271-291.
- [51] Shannon, M.C., Grieve, C.M. 1999. Tolerance of Vegetable Crops to Salinity. Scientia Horticulturae, 78:5-38.
- [52] Anderson, D.L., Synder, G.H., Martin, F.G. 1991. Multi Year Response of Sugarcane to Calcium Silicate Slag on Everglades Histosols. Agronomy Journal, 83:870-874.
- [53] Gong, H., Chen, G., Chen, G., Wang, S., Zhang, C. 2003. Effects of Silicon on Growth of Wheat under Drought. Journal of Plant Nutrition, 26:1055-1063.
- [54] Liang, Y.C., Zhang, W.H., Chen, Q., Ding, R. 2005. Effects of Silicon on H<sup>+</sup>-ATPase and H<sup>+</sup>-P Pase Activity, Fatty Acid Composition and Fluidity of Tonoplast Vesicles from Roots of Salt-Stressed Barley (*Hordeum vulgare* L.). Environmental and Experimental Botany, 53:29-37.
- [55] Qian, Q. Q., Zai, W.S., Zhu, Z.J, Yu, J.Q. 2006. Effects of Exogenous Silicon on Active Oxygen Scavenging Systems in Chloroplastsof Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Seedlings under Salt Stress. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 32:107- 112.
- [56] Manzocco, L., Foschia, M., Tomasi, N., Maifreni, M., Dalla Costa, L., Marino, M., Cortella, G., Cesco, S., 2011. Influence of Hydroponic and Soil Cultivation on Quality and Shelf Life of Ready-to-eat Lamb's Lettuce (*Valerianella locusta* L. Laterr). Journal of the Science of Food and Agriculture, 91: 1373-1380.
- [57] Fernandez, J.A., Niñirola, D., Ochoa, J., Orsini, F., Pennisi, G., Gianquinto, G., Egea-Gilabert, C. 2016. Root Adaptation and Ion Selectivity Affects the Nutritional Value of Salt-Stressed Hydroponically Grown Baby-Leaf *Nasturtium officinale* and *Lactuca sativa*. Agricultural and Food Science, 25:230-239.

- [58] Borghesi, E., Carmassi, G., Ugucconi, M.C., Vernieri, P., Malorgio, F., 2013. Effects of Calcium and Salinity Stress on Quality of Lettuce in Soilless Culture. *Journal of Plant Nutrition*, 36:677-690.
- [59] Tomasi, N., Pinton, R., Costa, L.D., Cortella, G., Terzano, R., Mimmo, T., Scampicchio, M., Cesco, S. 2015. New 'Solutions' for Floating Cultivation System of Ready-to-Eat Salad: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 46: 267-276.
- [60] Conklin, P.L. 2004. Ascorbic Acid: An Essential Micronutrient Provided by Plants. *Encyclopedia of Plant and Crop Science*. Merce Dekker.
- [61] Eşiyok, D., Ongun, A.R., Bozokalfa, M.K., Tepecik, M., Okur, B., Kaygısız, T. 2006. Organik Roka Yetiştiriciliği. *Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiri Kitabı*. 85-89, Kahramanmaraş-Türkiye.
- [62] Munzuroğlu, Ö., Karataş, F., Gür, N. 2000. Işgın (*Rheum ribes* L.) Bitkisindeki A, E ve C Vitaminleri ile Selenyum Düzeylerinin Araştırılması. *Turkish Journal of Biology*, 24:397-404.
- [63] Öztekin, G.B., Tüzel, Y., Tüzel, İ.H. 2014. Sera Topraksız Domates Yetiştiriciliğinde Silisyumun Tuz Stresine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bilimsel Araştırma Projesi*, Proje No: 2010-ZRF-001, Bornova/İzmir.
- [64] Soria, T., Cuartero, J. 1997. Tomato Fruit Yield and Water Consumption with Salty Water Irrigation. *Acta Horticulture*, 458: 215-220.
- [65] Yurtseven, E., Kesmez, G. D., Ünlükara, 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.
- [66] Romero-Aranda, R., Soria, T., Cuartero, J. 2000. Tomato Water Uptake and Plant Water Relationships under Saline Growth Conditions. *Plant Science*, 160:265-272.
- [67] Fernández-Garcia, N., Cerda, A. and Carjaval, M., 2003. Grafting, a useful technique for improving salinity tolerance of tomato? *Acta Hort.*, 609: 251-256.
- [68] Gong, H., Chen, G., Chen, G., Wang, S., Zhang, C. 2005. Silicon Alleviates Oxidative Damage of Wheat Plants in Pots under Drought. *Plant Science*, 169:313-321.
- [69] Lux, A., Luxova, M., Hattori, T., Inanaga, S., Sugimoto, Y., 2002. Silicification in Sorghum (*Sorghum bicolor*) Cultivars with Different Drought Tolerance, *Physiologia Plantarum*, 115:87-92.
- [70] Hattori, T., Inanaga, S., Araki, H., Morita, S., Luxova, M., Lux, A., 2005. Application of Silicon Enhanced Drought Tolerance in *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum*, 123(4):459-466.