

Örtü altı Çilek Yetiştiriciliğinde Silika Jel Uygulamasının Bitki Gelişimi, Verimi ve Meyve Kalitesi Üzerindeki Etkisi

Sevinç ŞENER^{1*}  Canan Nilay DURAN²  Zehra KURT³ 

¹Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya/ TURKEY

^{2,3}Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Antalya/ TURKEY

¹ <https://orcid.org/0000-0001-5335-9250>

² <https://orcid.org/0000-0002-7552-2968>

³ <https://orcid.org/0000-0003-4651-9919>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): ssener@akdeniz.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 25.03.2021

Accepted (Kabul tarihi): 06.08.2021

ÖZ: Bitki büyüme ve gelişmesini iyileştiren, biyotik ve abiyotik stres koşullarında bitkilerin toleransını arttıran silisyum (Si), yüksek bitkilerin birçoğunda ve çilekte bulunmaktadır. Çilek, bir Si-akümülatör türüdür, ancak çilekte Si'nin işlevi yeterince bilinmemektedir. Bu çalışma farklı dozlardaki silika jel (SiJ) uygulamasının, örtü altında yetiştirilen Albion ve Rubygem çilek çeşitlerinin vejetatif gelişimi, bitki verimi ve meyve kalitesi üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışma kapsamında farklı dozlardaki (0; 2,5; 5; 10 mg l⁻¹) SiJ uygulaması 20 gün arayla toplamda 4 kez bitki yüzeyini kaplayacak şekilde pülverizasyon yöntemiyle bitkilere uygulanmıştır. Deneme süresinde uygulamaların vejetatif büyüme üzerine olan etkinliğini tayin edebilmek amacıyla bitkilerde boy, çap ve yaprak sayısı ve klorofil indeksi ölçümleri 10 gün ara ile yapılmıştır. Bitki başına verim, meyve ağırlığı, meyve eni ve boyu her hasat sonrası belirlenerek kaydedilmiştir. Ayrıca her 10 günde bir olmak üzere meyvelerin SÇKM, pH ve titre edilebilir asit (TA) içerikleri analiz edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde, SiJ uygulamasının, her iki çeşitte de gövde boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, meyve eni, SÇKM içeriği, meyve eti sertliği ve klorofil indeksi ortalama değerlerini arttırdığı belirlenmiştir. Aynı zamanda SiJ uygulaması bitki başına verim, meyve ağırlığı ve meyve eni bakımından Albion çeşidinde etkili bulunmuş ve ortalama değerleri arttırmıştır.

Anahtar kelimeler: Silika jel, Albion, Rubygem, çilek.

The Effect of Silica Gel Application on Plant Growth, Yield and Fruit Quality in Greenhouse Strawberry Production

ABSTRACT: Silicon (Si), which improves plant growth and development, increases the tolerance of plants under biotic and abiotic stress conditions, is found in many higher plants and strawberry. Strawberry has been identified as a Si accumulator species however the function of Si in this species is obscure. This study was conducted to determine the effects of different doses of silica gel (SiJ) application on vegetative growth, plant yield and fruit quality of Albion and Rubygem strawberry cultivars in greenhouse conditions. Within the scope of the study, different doses of SiJ (0; 2.5; 5; 10 mg L⁻¹) were applied to the plants as a foliar spray at 20 days intervals and 4 times in total. During the experiment, in order to determine the efficiency of the applications on vegetative growth, shoot length and diameter, number of leaf and chlorophyll index were measured at 10 days intervals. Yield per plant, fruit weight, fruit width and length were determined and recorded after each harvest. In addition, total soluble solids, pH and titratable acidity (TA) contents of fruits were analyzed every 10 days. When the data were evaluated at the end of the study, it was determined that the SiJ application increased the mean values of shoot length, shoot diameter, leaf number, fruit diameter, total soluble solids, fruit firmness and chlorophyll index in both cultivars. In addition, it was determined that SiJ application increased yield per plant, fruit weight and fruit diameter in Albion variety.

Keywords: Silica gel, Albion, Rubygem, strawberry.

GİRİŞ

Çilek insan sağlığı ve beslenmesi açısından önemli bir meyve türü olması ayrıca küçük aile işletmeciliğine uygun karlı bir yatırım kolu olması gibi nedenlerle Dünya’da ve ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan önemli bir üzümü meyve türüdür (Galli ve ark., 2016; Liu ve ark., 2018). Albenisi yüksek olan ve iyi bir aromaya sahip olan çilek aynı zamanda zengin bir vitamin, mineral madde ve fenolik bileşik içeriğine sahiptir (Giampieri ve ark., 2012; Giampieri ve ark., 2014). Taze, dondurulmuş, pasta yapımı, cips, aroma gibi farklı şekillerde tüketim imkanı olan meyve pazar avantajına da sahiptir. Son yıllarda tarım alanlarının giderek azalması ve iklim değişikliği gibi sebeplerle açıkta çilek üretim alanlarında sıkıntılar ortaya çıkmakta, verim ve kalitede düşüşler yaşanmakta (Galli ve ark., 2016), dolayısıyla çilek üretiminde örtüaltında yetiştiriciliğe eğilim artmaktadır. 8,88 milyon ton olan dünya çilek üretiminin 547 bin tonu Türkiye tarafından karşılanmaktadır. Türkiye bu üretim miktarı ile dünyanın 4. çilek üreticisi konumundadır (Anonymous, 2021). Türkiye’deki toplam 748 bin tonluk örtüaltı meyve üretiminin 203 bin tonunu çilek, 543 bin tonunu ise muz oluşturmaktadır. Antalya 286,522 da alanla Türkiye’nin en çok örtüaltı üretim yapılan ilidir. Bu rakamlar Türkiye örtüaltı üretiminin %42’sine tekabül etmektedir. Antalya’da gerçekleşen örtüaltı meyve üretiminde ilk sıraları muz ve çilek almaktadır (Anonim, 2020).

Meyve çeşitliliğinin az olduğu dönemlerde pazara sunulabilen, örtüaltı yetiştiricilik açısından ekonomik getirisi yüksek, alternatif bir ürün olan çileğin, verim ve kalitesinin artırılması tarımsal üretim açısından önem taşımaktadır. Çilek verimi ve meyve kalitesi, fotoperiyot ve sıcaklık arasındaki ilişki, dinlenme dönemi uzunluğu, hastalık ve zararlı etmenleri, olumsuz toprak koşulları, yüksek ve düşük sıcaklıklar ve genetik potansiyel gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir (Moore ve ark., 1996; Sun ve ark., 2015; Galli ve ark., 2016). Geniş bir vejetasyon süresi ve üretim sezonu olan bu bitkinin verim ve kalitesinin artırılması amacıyla yenilikçi, kolay temin edilebilen ve uygulanabilen materyal ve yöntemlere ihtiyaç

duyulmaktadır. Bu nedenle standardize edilebilecek materyal ve metodların belirlenmesi, iklim değişikliklerine uyum ve verim kapasitesinin artırılması açısından önem arz etmektedir.

Bazı çalışmalarda, çilek yetiştiriciliğinde bitki büyüme düzenleyicilerinin (Mozafari ve ark., 2019) veya silikon, nitrik oksit, melatonin ve selenyum gibi besin elementlerinin ekzojen uygulamalarının, çevresel faktörlerin olumsuz etkilerini tolere etmede etkin uygulamalar olarak kabul edildiği görülmektedir (Ahmad ve ark., 2016; Manivannan ve ark., 2016; Ashraf ve ark., 2018; Yu ve ark., 2018). Toprakta katı, sıvı ve adsorbe olmak üzere üç farklı fazda bulunabilen (Tubana ve ark., 2016), monosilik asit (H_4SiO_4) içeren, sıvı ve adsorbe fazları bitkiler tarafından kullanılabilen Si (Seleiman ve ark., 2019) bitkiler açısından en önemli elementlerden birisi olarak kabul edilmektedir (Karimi ve Mohsenzadeh, 2016). Si bitkilerde gövde ve yapraklar arasındaki açığı azaltarak kanopi yapısını düzenler, bitkilerin dik ve dayanıklı hale gelmesinde rol oynayarak bitki morfolojisini etkiler, kloroplast büyüklüğünü, grana sayısını ve klorofil içeriğini arttırmak suretiyle fotosentez ve kuru madde miktarının artışı sağlar (Feng ve ark., 2010; Tripathi ve ark., 2017). Ancak, bu elementin bitkisel üretimde gübre olarak kullanımı ne yazık ki yaygın değildir. Si’nin gübre uygulamalarında daha ucuz ve kolay olan yapraktan püskürtme şeklindeki uygulamaları toprak uygulamalarından daha çok tercih ve tavsiye edilmektedir (Artyszak, 2018). Biyostimülatif etkiye sahip olan bu uygulamanın özellikle tuz, kuraklık, yüksek ve düşük sıcaklık gibi stres koşullarının olumsuz etkilerini bertaraf etmede etkili olduğu, bitki büyüme ve gelişmesini olumlu etkilediği ve verimliliği arttırdığı da bildirilmektedir (Ma ve ark., 2001; Zydlik ve ark., 2009; Amin ve ark., 2018; Artyszak, 2018).

Si bitkilerde kütikül tabakasının alt kısmında birikerek terlemeyi azaltır, yaprakları daha dik ve sert tutarak fotosentetik etkinlikte artış sağlar ve böylece su ve tuz stresine karşı bitkilerin toleransının artırılmasına yardımcı olur. Bu element aynı zamanda aşırı alüminyum (Al), mangan (Mn) ve demirin (Fe) neden olduğu hastalıklara bunun yanı sıra zararlılara, soğuğa ve

toksisiteye karşı bitki direncinde iyileşmeye yol açmaktadır (Epstein, 1999; Mauad ve ark., 2003). Bu durumda Si gübrelemesi ile bitki verimliliğinin arttırılabileceği söylenebilmektedir (Rosmarkam ve Yuwono, 2002).

Daha önce yapılan çalışmalarda yapraktan püskürtme şeklinde uygulanan Si uygulaması ile pirinç (Agarie ve ark., 1998), buğday (Hanafy ve ark., 2008; White ve ark., 2017), arpa (Gunes ve ark., 2007), patates (Crusciol ve ark., 2009), ayçiçeği (Gunes ve ark., 2008) ve sorgum (Hattori ve ark., 2005) gibi bazı bitkilerde verim ve kalite artışı rapor edilmiştir. Bununla birlikte özellikle ülkemizde diğer bitkilerle ilgili de çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, örtüaltında yetiştirilen kısa gün (Rubygem) ve gün nötr (Albion) çilek çeşitlerinde silika jel uygulamasının farklı dozlarının (0; 2,5; 5; 10 mg l⁻¹) bitki büyüme ve gelişmesine, verime ve meyve kalitesine olan etkinliğinin değerlendirilmesidir.

MATERYAL ve METOT

Denemede yer alan materyaller ve yetiştirme koşulları

Çalışma, 2019 – 2020 yıllarında Sonbahar ve İlkbahar yetiştiricilik sezonlarında Akdeniz Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Alanında yer alan 1 dekarlık cam serada gerçekleştirilmiştir. Denemede bitkisel materyal olarak gün-nötr çeşit olan ‘Albion’ ile kısa gün çeşidi olan ‘Rubygem’ (*Fragaria × ananassa* Duch.) olmak üzere 2 çilek çeşidi kullanılmıştır.

Farklı çilek çeşitlerindeki etkinliğinin değerlendirilmesi planlanan SiJ uygulamasının 4 farklı dozu (0 mg L⁻¹, 2,5 mg L⁻¹, 5 mg L⁻¹, 10 mg L⁻¹) kullanılmıştır. Uygulamalar bitkiler dört gerçek yaprağa ulaştıktan sonra 20 günde bir olacak şekilde, toplamda 6 kez, yapraktan püskürtme şeklinde gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan uygulama dozları deiyonize su içerisinde çözdürülerek sırt pompası ile bitkilere uygulanmıştır. Kontrol bitkilerinde ise SiJ içermeyen su uygulaması yapılmıştır.

Dikim öncesi derin sürüm yapılan uygulama arazisinde, 1 m genişliğinde, 30 cm yükseklikte ve

100 cm sıra arası mesafe olacak şekilde seddeler oluşturulmuştur. Denemede 5 m boyunda ve 1 m genişliğinde parseller oluşturulmuş ve bloklar arasında 1 m mesafe bırakılmıştır. Oluşturulan seddelere damla sulama sistemi kurulmuş ve seddelerin üzeri 120 cm genişliğinde, 100 µ kalınlığındaki siyah plastik örtü ile kaplanmıştır. Dikime hazırlanan seddelere, frigo fideler 30 x 30 cm aralıkla üçgen dikim yöntemiyle dikilmiştir. Yetiştirme sezonu boyunca bitkilere bitki ve toprak istekleri doğrultusunda gübreleme uygulamaları yapılmış ve hastalık ve zararlı tespiti durumunda tavsiye edilen ilaçlama işlemleri kontrollü bir şekilde uygulanmıştır.

Deneme planı

Uygulamalar 4 tekerrürlü, 4 x 2 faktöriyel düzende olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre gerçekleştirilmiştir. Denemede her parselde 30 bitki olmak üzere toplamda 960 bitki kullanılmıştır. Fideler 20 Eylül 2019 tarihinde dikilmiş, deneme sonbahar ve ilkbahar yetiştiricilik sezonlarını kapsayacak şekilde yürütülmüş ve Mayıs ayında sonlandırılmıştır.

Bitki ve meyve analizleri

Çalışmada uygulamaların bitki büyüme ve gelişmesi üzerine olan etkilerini belirleyebilmek amacıyla her parselden tesadüfi olarak 5 bitki işaretlenmiş ve gövde boyu, gövde çapı, yaprak sayısı ölçümleri 10 gün ara ile gerçekleştirilmiştir. Bitki başına verim, meyve çapı ve meyve ağırlığı her hasat döneminde ölçülmüştür. Bitki başına verim değeri, her parselden toplanan meyvelerin toplam ağırlıklarının parseldeki bitki sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Meyve kalite parametrelerinin belirlenmesi için her SiJ uygulamasından 3 gün sonra, farklı uygulama parsellerinden hasat edilen meyvelerden alınan örneklerde meyve eti sertliği, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), pH ve titre edilebilir asitlik (TA) ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler her tekerrürden rastgele seçilen 10 adet meyve ile yapılmıştır.

Denemede meyve eni ve meyve boyu ölçümleri dijital kumpas ile belirlenmiştir. Meyve sertliği ölçümleri 5/1611 (0,79 cm) pistonlu PCE-PTR 200 marka penetrometrede 6 mm başlık çapına sahip uç

kullanılarak yapılmış ve sonuçlar kilogram (kg/cm^2) olarak ifade edilmiştir. SÇKM ölçümleri refraktometre ile belirlenmiş ve Brix cinsinden ifade edilmiştir. Sitrik asit yüzdesi olarak ifade edilen titre edilebilir asitlik, 1 ml meyve suyunun 50 ml deiyonize su içinde, 0,1 N NaOH çözeltisi ile pH'nın 8,1'e yükseltilmesi yöntemi ile belirlenmiştir.

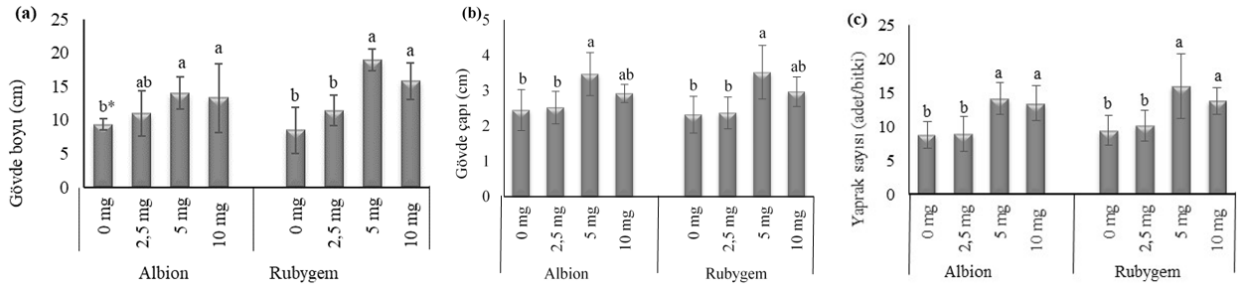
İstatistiksel analiz

Çalışmadan elde edilen veriler IBM SPSS v23 paket programı kullanarak tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş olup ortalamalar % 5 ($P \leq 0,05$) önem düzeyinde Duncan testi ile karşılaştırılmıştır (Anonymous, 2017).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Örtüaltında yetiştirilen Albion ve Rubygem çilek çeşitlerine yaprakdan püskürtme şeklinde uygulanan farklı dozlardaki SiJ uygulaması bitkilerin vejetatif gelişimi üzerine önemli düzeyde etki etmiştir (Şekil 1). Uygulamaların gövde boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı üzerine olan etkisi incelendiğinde, 5 ve 10 mg l^{-1} dozlarında uygulanan SiJ uygulamasının, kontrol ve 2,5 mg l^{-1} dozlarına oranla gövde boyunu, gövde çapını ve yaprak sayısını önemli düzeyde artırdığı görülmektedir (Şekil 1 a, b). 5 mg l^{-1} SiJ uygulamasında Albion çeşidinde en yüksek gövde boyu uzunluğu 14 cm,

Rubygem çeşidinde ise 18,9 cm olarak belirlenmiştir. Bitki büyüme ve gelişmesinin önemli kriterlerinden birisi olan gövde çapı bakımından aynı şekilde 5 mg l^{-1} SiJ uygulamasında Albion (3,47 cm) ve Rubygem (3,52 cm) çeşitlerinde en yüksek ortalama değerlere ulaşılmıştır (Şekil 1 b). Yaprak sayısı bakımından da benzer sonuçlar elde edilmiş ve her iki çeşitten de 5 mg l^{-1} SiJ uygulamasında en yüksek ortalama yaprak sayısı değerlerine ulaşılmıştır (Albion; 14,15 adet/bitki, Rubygem 16 adet/bitki) (Şekil 1 c). Bitki büyüme ve gelişmesindeki bu artışın, Si'nin dokuların elastikiyetini ve simplastik su miktarını etkilemesiyle ilişkili bir durum olabileceği düşünülmektedir. Ma ve Yamaji (2008), Si'nin pirinç ve sorgumda, hücre uzamasını desteklediğini, bu durumun Si'nin hücre duvarının uzama kabiliyetini arttırmasıyla ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra bazı çalışmalarda Si'nin diğer besin elementlerinin alımıyla etkileşime girdiği ve demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) gibi mikro besin elementlerinin toksisitesini azaltarak bitki büyümesini artırdığı da belirtilmiştir (Cheng, 1982). Literatürde bazı çalışmalarda Si'nin farklı formlarının uygulanması sonucu farklı bitkilerde (Kamenidou ve ark., 2010) ve çilekte (Miyake ve Takahashi, 1986; Wang ve Galletta, 1998; Seyedlar ve ark., 2009; Zydlik ve ark., 2009; Dehghanipoodeh ve ark., 2018; Hajiboland ve ark., 2018) bitki büyüme ve gelişmesi üzerine benzer sonuçların elde edildiği yer almaktadır.



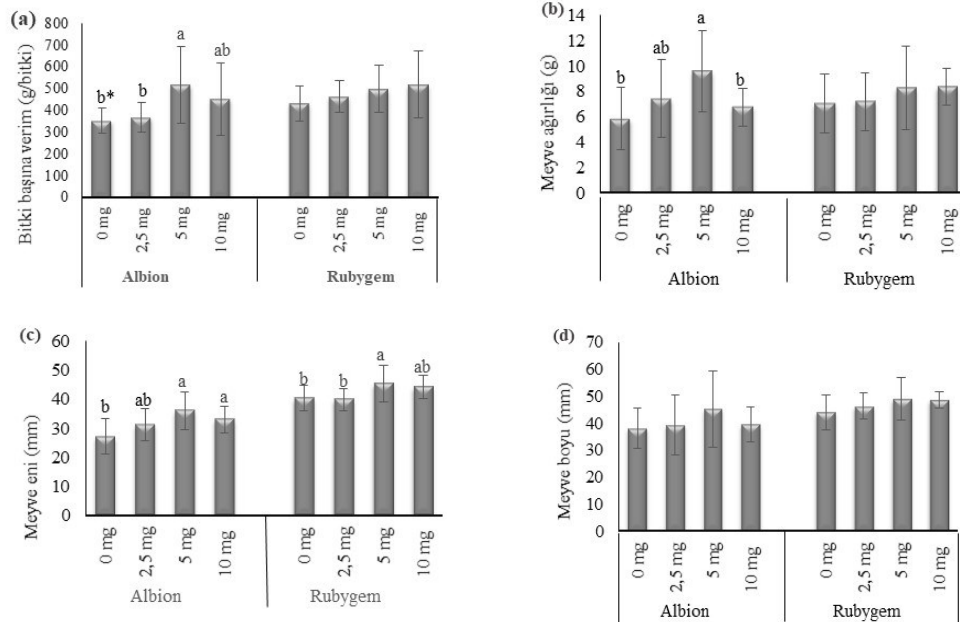
Şekil 1. Farklı dozlarda SiJ uygulamasının Albion ve Rubygem çilek çeşitlerinde bitkilerin (a) gövde boyu, (b) gövde çapı, (c) yaprak sayısı üzerine olan etkisi.

Figure 1. Effects of different doses of SiJ application on (a) shoot length, (b) shoot diameter, (c) leaf number of Albion and Rubygem strawberry cultivars.

*Duncan'ın çoklu aralık testine göre aynı harfle gösterilen çubuklar istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı değildir ($P > 0,05$). Means in the same column followed by the same letter are not significantly different, according to the Duncan's multiple range test ($P > 0,05$).

Farklı dozlarda SiJ uygulamasına tabi tutulan bitkilerde ortalama bitki başına verim (g/bitki), meyve ağırlığı (g), meyve eni (mm) ve meyve boyu (mm) ortalama değerleri Şekil 2’de yer almaktadır. 5 mg l⁻¹ SiJ uygulaması ile muamele edilen bitkilerde, kontrol ve diğer uygulamalardaki bitkilere göre, Albion çeşidinde bitki başına verim (517,30 g/bitki), meyve ağırlığı (9,56 g), meyve eni (36,13 mm) ortalamalarının daha yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir (Şekil 2 a, b, c). Rubygem çeşidinde ise meyve eni bakımından en yüksek ortalama değer Albion çeşidinde olduğu gibi 5 mg l⁻¹ SiJ uygulamasında (45,33 mm) belirlenmiştir. Seyedlar ve ark. (2009), tuz stresi altında yetiştirilen çilek bitkilerine Si uygulaması yapmışlar ve çalışma sonucunda benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Araştırmacılar örtüaltı koşullarında tuz stresi altında yetiştirilen çilek bitkilerine uygulanan Si’nin verim parametrelerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar, yapraktan Si içeren, Optysil uygulamasının çilekte gri küf (*Botrytis cinerea*) ve taç çürüklüğü (*Phytophthora*

catorum) üzerine olan etkisinin araştırıldığı (Ciecierski, 2016) bir çalışmada ve farklı topraksız kültür ortamlarında yetiştirilen çileklerin verim, meyve kalitesi ve raf ömrü üzerine Si’nin etkilerinin araştırıldığı bir diğer çalışmada da (Peris-Felipo ve ark., 2020) görülmektedir. Her iki çalışmanın sonunda Si uygulamasının çilekte verimi arttırdığı belirtilmiştir. Si uygulamasının verim üzerindeki bu olumlu etkisi klorofil ve fotosentez miktarının artması ile ilişkilendirilebilir, nitekim Miyake ve Takahashi (1986), 50 ppm SiO₂ içeren ve içermeyen çözeltilerde yetiştirilen çilek bitkilerinde benzer bir sonuca ulaşmışlar ve bitkilerdeki verim artışını bu durum ile ilişkilendirmişlerdir. Reis ve ark. (2007) ise Si uygulaması ile çilek bitkilerinde verim artışı sağlamış ve bu sonucun, silisyumun fosfor alımını teşvik etmesi ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Korndörfer ve ark. (2010) ise Si’nin stomalardan gerçekleşen terlemeyi azalttığını, su kaybını sınırlandırdığını ve verim artışını destekleyen bir çift silika tabakası oluşumunu teşvik ettiğini bildirmişlerdir.



Şekil 2. Farklı dozlarda SiJ uygulamasının Albion ve Rubygem çilek çeşitlerinde (a) bitki başına verim, (b) meyve ağırlığı, (c) meyve eni, (d) meyve boyu üzerine etkisi

Figure 2. Effects of different doses of SiJ application on (a) yield per plant, (b) fruit weight, (c) fruit diameter, (d) fruit length of Albion and Rubygem strawberry cultivars.

*Duncan'ın çoklu aralık testine göre aynı harfle gösterilen çubuklar istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı değildir (p>0,05)

* Means in the same column followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test (p>0.05).

Örtüaltında yetiştirilen Albion ve Rubygem çilek çeşitlerinde yapraktan farklı dozlarda SiJ uygulamasının meyve kalite kriterlerine olan etkisi değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 1'de sunulmuştur. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde, SiJ uygulamasının kontrol bitkilerine kıyasla meyvelerin TA ve pH içeriğini önemli düzeyde etkilemediği tespit edilmiştir ($p>0,05$) Bunun yanı sıra Rubygem çeşidinde en yüksek ortalama SÇKM değeri 10 mg l^{-1} SiJ uygulamasında (%6,69) belirlenmiştir. Uygulamaların meyve sertliğine olan etkileri incelendiğinde ise her iki çeşitte de en yüksek ortalama değerlerin 5 ve 10 mg l^{-1} SiJ

uygulamasında belirlendiği görülmektedir. Polonya'da yapılan bir çalışmada da çilek bitkilerine yapraktan uygulanan K+Si çözeltilisinin meyvelerin SÇKM içeriğini ve sertliğini önemli ölçüde artırdığı bildirilmektedir (Mikiciuk ve ark., 2009). Başka bir çalışmada ise Polonya'da Si içeren ticari gübrelerin meyve kalitesi üzerine olan etkileri değerlendirilmiş ve sonuç olarak Si uygulamasının meyve sertliğini arttırdığı bildirilmiştir (Grajkowski ve ark., 2006).

Yapraktan uygulanan SiJ uygulamasının klorofil indeksi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). $2,5 \text{ mg l}^{-1}$ SiJ uygulaması

Çizelge 1. Örtüaltında yetiştirilen Albion ve Rubygem çilek çeşitlerinde farklı dozlarda SiJ uygulamasının meyve kalite kriterleri üzerine olan etkisi.

Table 1. The effect of different doses of SiJ application on fruit quality of Albion and Rubygem strawberry cultivars in greenhouse strawberry production.

Meyve kalite kriterleri Fruit quality criteria	Dozlar Doses	Albion	Rubygem	Uygulama ortalamaları Application averages
SÇKM	0 mg	8,04	$7,49 \pm 0,36 \text{ b}$	$7,76 \pm 0,22 \text{ b}$
	2,5 mg	8,21	$8,19 \pm 0,34 \text{ ab}$	$8,23 \pm 0,23 \text{ ab}$
	5 mg	8,26	$7,43 \pm 0,27 \text{ b}$	$7,82 \pm 0,24 \text{ b}$
	10 mg	8,66	$8,69 \pm 0,33 \text{ a}$	$8,67 \pm 0,22 \text{ a}$
	Çeşit ortalama	8,29	7,95	
ÇeşitxUygulama	ÖD			
TA	0 mg	1,15	1,23	1,19
	2,5 mg	1,17	1,15	1,16
	5 mg	1,12	1,09	1,11
	10 mg	1,04	1,05	1,04
	Çeşit ortalama	1,11	1,13	
ÇeşitxUygulama	ÖD			
pH	0 mg	2,32	3,75	3,04
	2,5 mg	2,33	3,83	3,08
	5 mg	2,18	2,74	2,46
	10 mg	1,96	2,66	2,31
	Çeşit ortalama	$2,20 \pm 0,03 \text{ B}$	$3,24 \pm 0,09 \text{ A}$	
ÇeşitxUygulama	*			
Sertlik	0 mg	$0,50 \pm 0,03 \text{ b}$	$0,59 \pm 0,05 \text{ b}$	$0,55 \pm 0,03 \text{ b}$
	2,5 mg	$0,62 \pm 0,05 \text{ b}$	$0,68 \pm 0,11 \text{ b}$	$0,65 \pm 0,06 \text{ b}$
	5 mg	$0,88 \pm 0,07 \text{ a}$	$1,02 \pm 0,13 \text{ a}$	$0,95 \pm 0,07 \text{ a}$
	10 mg	$0,97 \pm 0,04 \text{ a}$	$1,23 \pm 0,08 \text{ a}$	$1,10 \pm 0,05 \text{ a}$
	Çeşit ortalama	$0,74 \pm 0,04 \text{ B}$	$0,88 \pm 0,06 \text{ A}$	
ÇeşitxUygulama	ÖD			
Klorofil indeksi	0 mg	$245,97 \pm 0,85 \text{ d}$	$241,88 \pm 1,48 \text{ d}$	$243,92 \pm 0,96 \text{ d}$
	2,5 mg	$294,69 \pm 1,61 \text{ a}$	$292,39 \pm 1,47 \text{ a}$	$293,54 \pm 1,09 \text{ a}$
	5 mg	$266,06 \pm 1,52 \text{ b}$	$263,03 \pm 2,03 \text{ b}$	$264,55 \pm 1,28 \text{ b}$
	10 mg	$253,50 \pm 1,14 \text{ c}$	$247,23 \pm 1,15 \text{ c}$	$250,36 \pm 1,07 \text{ c}$
	Çeşit ortalama	$265,06 \pm 3,03 \text{ A}$	$261,13 \pm 3,23 \text{ B}$	
ÇeşitxUygulama	ÖD			

*Duncan'ın çoklu aralık testine göre aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler istatistiksel olarak önemli düzeydefarklı değildir ($p>0,05$). ÖD: Önemli değil. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different, according to the Duncan's multiple range test ($p>0,05$). ÖD: Not significant.

her iki çeşitte de bitkilerin klorofil indeksini önemli ölçüde artırmıştır (Albion; 294,69, Rubygem 292,39). Benzer bir sonuç Tari ve ark. (2013) ın yapmış olduğu çalışmada elde edilmiş ve araştırmacılar bu durumun Si'nin ışık tutmadaki etkinliği ve fotosentetik parametreleri iyileştirmesi ile ilgili olabileceğini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra literatürde Si uygulaması ile klorofil içeriğinin arttığına yönelik çeşitli çalışmalar da yer almaktadır (Wang ve Galletta,1998; Al-aghabary ve ark., 2005; Lee ve ark., 2010).

SONUÇ

Nanometre ölçekli boşluklara ve gözeneklere sahip alternatif silikon ve oksijen atomlarından oluşan ve

bir silikon dioksit (silika) formu olan silika jel bir çok alanda kullanılabilir. Bazı organizma ve bitkilerde doğal bulunabilen silikanın dışarıdan uygulanması bitkilerde bitki biomasını arttırabilmekte, savunma mekanizmasını güçlendirerek bitkinin stres toleransını arttırabilmektedir. Yapılan bu çalışmada silika jelin sulandırılarak yapraktan püskürtme şeklinde örtüaltında yetiştirilen Albion ve Rubygem çilek çeşitlerine uygulanması sonucu bitkilerin vejetatif gelişiminde ve veriminde artış sağlanmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu örtüaltı çilek yetiştiriciliğinde 5 mg l⁻¹ silika jel uygulamasının tavsiye edilebileceği kanaatine varılmıştır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Agarie, S., H., Uchida, W. Agata, F. Kubota, and P. B. Kaufman. 1998. Effects of silicon on transpiration and leaf conductance in rice plants (*Oryza sativa* L.). *Plant Production Science* 1(2): 89-95.
- Ahmad, P., A. A. Abdel Latef, A. Hashem, E. F. Abd_Allah, S. Gucl, and L. S. P. Tran. 2016. Nitric oxide mitigates salt stress by regulating levels of osmolytes and antioxidant enzymes in chickpea. *Frontiers in Plant Science* 7(347): 1-11.
- Al-aghabary, K., Z. Zhu, and Q. Shi. 2005. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of plant nutrition* 27(12): 2101-2115.
- Amin, M., R. Ahmad, A. Ali, I. Hussain, R. Mahmood, M. Aslam, and D. J. Lee. 2018. Influence of silicon fertilization on maize performance under limited water supply. *Silicon* 10(2): 177-183.
- Anonim. 2020. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001\(Ziyaret Tarihi 10.11.2020\)](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001(Ziyaret_Tarihi_10.11.2020)).
- Anonymous. 2017. SPSS®. Copyright © 2017, <https://www.ibm.com/support/pages/how-cite-ibm-spss-statistics-or-earlier-versions-spss> IBM, NY, USA.
- Anonymous. 2021. Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) Data <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP> (Ziyaret tarihi 15.02.2021).
- Artyszak, A. 2018. Effect of silicon fertilization on crop yield quantity and quality A literature review in Europe. *Plants* 7(3): 54.
- Ashraf, M. A., A. Akbar, A. Parveen, R. Rasheed, I. Hussain, and M. Iqbal. 2018. Phenological application of selenium differentially improves growth, oxidative defense and ion homeostasis in maize under salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 123, 268-280.
- Cheng, B. T. 1982. Some significant functions of silicon to higher plants. *Journal of Plant Nutrition* 5(12): 1345-1353.
- Ciecierski, W. 2016, June. Effect of silicon on biotic and abiotic stress mitigation in horticultural and field crops. pp 21-24. *In: Proceedings of the International Symposium Mikroelementy w rolnictwie i srodowisku. Kudowa-Zdrój. Poland.*
- Crusciol, C. A., A. L. Pulz, L. B. Lemos, R. P. Soratto, and G. P. Lima. 2009. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. *Crop science* 49(3): 949-954.
- Dehghanipoodeh, S., C. Ghobadi, B. Baninasab, M. Gheysari, and S. Shiranibidabadi. 2018. Effect of silicon on growth and development of strawberry under water deficit conditions. *Horticultural Plant Journal* 4(6): 226-232.
- Epstein, E. 1999. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50(1): 641-664.
- Feng, J., Q. Shi, X. Wang, M. Wei, F. Yang, and H. Xu. 2010. Silicon supplementation ameliorated the inhibition of photosynthesis and nitrate metabolism by cadmium (Cd) toxicity in *Cucumis sativus* L. *Scientia Horticulturae* 123(4): 521-530.

- Galli, V., R. da Silva Messias, E. C. Perin, J. M. Borowski, A. L. Bamberg, and C. V. Rombaldi. 2016. Mild salt stress improves strawberry fruit quality. *LWT* 73, 693-699.
- Giampieri, F., J. M. Alvarez-Suarez, and M. Battino. 2014. Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry* 62(18): 3867-3876.
- Giampieri, F., S. Tulipani, J. M. Alvarez-Suarez, J. L. Quiles, B. Mezzetti, and M. Battino. 2012. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition* 28(1): 9-19.
- Grajkowski, J., I. Ochmian, and J. Popiel. 2006. The effect of the foliar application of lime and silicon fertilizers on the quality of Elsanta strawberries. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agric* 248(101): 103-108.
- Gunes, A., A. Inal, E. G. Bageci, and S. Coban. 2007. Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. *Journal of Plant Physiology* 164(6): 807-811.
- Gunes, A., D. J. Pilbeam, A. Inal, and S. Coban. 2008. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39(13-14): 1885-1903.
- Hajiboland, R., N. Moradtalab, Z. Eshaghi, and J. Feizy. 2018. Effect of silicon supplementation on growth and metabolism of strawberry plants at three developmental stages. *New Zealand journal of crop and horticultural science* 46(2): 144-161.
- Hanafy Ahmed, A. H., E. M. Harb, M. A. Higazy, and S. H. Morgan. 2008. Effect of silicon and boron foliar applications on wheat plants grown under saline soil conditions. *International Journal of Agricultural Research* 3(1): 1-26.
- Hattori, T., S. Inanaga, H. Araki, P. An, S. Morita, M. Luxová, and A. Lux. 2005. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum* 123(4): 459-466.
- Kamenidou, S., T. J. Cavins, and S. Marek. 2010. Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. *Scientia Horticulturae* 123(3): 390-394.
- Karimi, J., and S. Mohsenzadeh. 2016. Effects of silicon oxide nanoparticles on growth and physiology of wheat seedlings. *Russian Journal of Plant Physiology* 63(1): 119-123.
- Korndörfer, G. H., A. A. Vidal, and P. H. Korndörfer. 2010. Elemento benéfico: silício na nutrição de plantas. Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas. Jaboticabal: FCAV 309-327.
- Lee, S. K., E. Y. Sohn, M. Hamayun, J. Y. Yoon, and I. J. Lee. 2010. Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. *Agroforestry Systems* 80(3): 333-340.
- Liu, C., H. Zheng, K. Sheng, W. Liu, and L. Zheng. 2018. Effects of melatonin treatment on the postharvest quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 139: 47-55.
- Ma, J. F., and N. Yamaji. 2008. Functions and transport of silicon in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences* 65(19): 3049-3057.
- Ma, J. F., Y. Miyake, and E. Takahashi. 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants. *Studies in Plant Science* 8: 17-39.
- Manivannan, A., P. Soundararajan, S. Muneer, C. H. Ko, and B. R. Jeong. 2016. Silicon mitigates salinity stress by regulating the physiology, antioxidant enzyme activities, and protein expression in *Capsicum annum* 'Bugwang'. *BioMed Research International*.
- Mauad, M., C. A. C. Crusciol, H. Grassi Filho, and J. C. Corrêa. 2003. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. *Scientia Agricola* 60(4): 761-765.
- Mikiciuk, G., M. Mikiciuk, and J. Popiel. 2009. Wpływ nawożenia potasowo-krzemowego na jakość owoców truskawki (*Fragaria ananassa* DUCH.) odmiany Senga Sengana. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* (538): 163-168.
- Miyake, Y., and E. Takahashi. 1986. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture. *Soil Science and Plant Nutrition* 32(2): 321-326.
- Moore, J. N., and J. Janick, (Eds.). 1996. *Fruit Breeding: Tree and tropical fruits; 2. Vine and small fruits; 3. Nuts.* John Wiley and Sons.
- Mozafari, A. A., N. Ghaderi, F. Havas, and S. Dedejani. 2019. Comparative investigation of structural relationships among morpho-physiological and biochemical properties of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) under drought and salinity stresses: A study based on in vitro culture. *Scientia Horticulturae* 256: 108601.
- Peris-Felipo, F. J., Y. Benavent-Gil, and L. Hernández-Apaolaza. 2020. Silicon beneficial effects on yield, fruit quality and shelf-life of strawberries grown in different culture substrates under different iron status. *Plant Physiology and Biochemistry* 152: 23-31.
- Reis, T. H. P., P. T. G. Guimarães, F. C. Figueiredo, A. A. A. Pozza, F. D. Nogueira, and C. R. Rodrigues. 2007. O silício na nutrição e defesa de plantas. Belo Horizonte: EPAMIG.
- Rosmarkam, A., and N. W., Yuwono, 2002. Soil fertility science. pp 86-88. Kanisius. Yogyakarta Indonesia.

- Seleiman, M. F., Y. Refay, N. Al-Suhaibani, I. Al-Ashkar, S. El-Hendawy, and E. M. Hafez. 2019. Integrative effects of rice-straw biochar and silicon on oil and seed quality, yield and physiological traits of *Helianthus annuus* L. grown under water deficit stress. *Agronomy* 9(10): 637.
- Seyedlar, F. L., S. J. Tabatabaei, and E. Falahi. 2009. The effect of silicon on the growth and yield of strawberry grown under saline conditions. *Journal of Horticulture Science (Agricultural Sciences and Technology)* 23(1): 88-95.
- Sun, Y., G. Niu, R. Wallace, J. Masabni, and M. Gu. 2015. Relative salt tolerance of seven strawberry cultivars. *Horticulturae* 1(1): 27-43.
- Tari, I., G. Laskay, Z. Takács, and P. Poór. 2013. Response of sorghum to abiotic stresses: a review. *Journal of Agronomy and Crop Science* 199(4): 264-274.
- Tripathi, D. K., S. Singh, V. P. Singh, S. M. Prasad, N. K. Dubey, and D. K. Chauhan. 2017. Silicon nanoparticles more effectively alleviated UV-B stress than silicon in wheat (*Triticum aestivum*) seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 110: 70-81.
- Tubana, B. S., T. Babu, and L. E. Datnoff. 2016. A review of silicon in soils and plants and its role in US agriculture: history and future perspectives. *Soil Science* 181(9/10): 393-411.
- Wang, S. Y. and, G. J. Galletta. 1998. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition* 21(1): 157-167.
- White, B., B. S. Tubana, T. Babu, H. Mascagni, F. Agostinho, L. E. Datnoff, and S. Harrison. 2017. Effect of silicate slag application on wheat grown under two nitrogen rates. *Plants* 6(4): 47.
- Yu, Y., A. Wang, X. Li, M. Kou, W. Wang, X. Chen, T. Xu, M. Zhu, D. Ma, Z. Li, and J. Sun. 2018. Melatonin-stimulated triacylglycerol breakdown and energy turnover under salinity stress contributes to the maintenance of plasma membrane H⁺-ATPase activity and K⁺/Na⁺ homeostasis in sweet potato. *Frontiers in Plant Science* 9: 256.
- Zydlik, Z., E. Pacholak, and K. Rutkowski. 2009. Effect of Actisil preparation on the growth of strawberries grown in the soil depleted by a long monoculture. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 536: 259-265.

