

Selenyum (Se) ve Silisyum (Si)'un Sera Topraksız Domates Yetiştiriciliğinde Kullanılması

Hayriye Yıldız Daşgan¹, Muharrem Kaya¹, Cumali Nas², Yelderem Akhoundnejad¹

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

²Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüğü, Siirte-posta: dasgan@cu.edu.tr

Özet

Yetiştiricilik sırasında Si ve Se uygulamalarının bazı bitki türlerinde verim ve ürün kalitesini artırdığı gösterilmiştir. Son yıllardaki araştırma bulguları, söz konusu bu iki elementin bitkilerde bir besin maddesi gibi fayda sağlamasının yanı sıra, biyotik ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk vb) stres koşullarında zararlanmayı azalttığı ve bitkinin strese dayanımını artırdığı yönündedir. Bu faydalarından dolayı, bazı ülkelerde yeni nesil özel gübreler ismi altında Si içeren gübreler üretilerek pazarlanmaya başlamıştır. Silisyum (Si), oksijenden sonra %28'lik bir oranla yerkürede ve toprakta ikinci bol bulunan element olmasına rağmen çoğunlukla çözünemeyen oksitler veya silikatlar şeklindedir. Bitkiler bu çözünmeyen Si formlarını kullanamamaktadır. İnsan ve hayvan organizmalarında büyüme-gelişme ve hayatın devamı için eksikliği risk edilemeyecek bir element olan selenyumun bitki-hayvan-insan beslenme zincirinde yer alması büyük önem arz etmektedir. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda, bu beslenme zincirinde kritik pozisyonda olan bitkilerin, Se içeriğini artırarak (biofortification) insan ve hayvan organizmalarının Se gereksinimi karşılamaya çalışılmaktadır. Topraksız domates yetiştiriciliğinde bitkilerin beslenmesinde 2.8 mM Si, Potasyum Silikat (K_2SiO_3) formunda ve 10 μM Se, Sodyum Selenat (Na_2SeO_4) formunda kullanılmıştır. Bitki boyu ve yaprak sayısı gibi büyüme parametreleri üzerinde Se ve Si etkileri önemli bulunmamıştır. Selenyum uygulaması %8 verim artışı göstermiştir. Silisyum uygulamasının topraksız domates yetiştiriciliğinde verimi artırıcı bir etkisi görülmemiştir. Benzer şekilde Se ve Si ikisi beraber uygulandığında verim değeri kontrole ile benzer olmuş ve artmamıştır. Selenyum uygulaması, domates meyvelerinde ağırlık, çap, hacim ve sertlik gibi fiziksel özelliklerde hafif artış göstermiştir. Meyvelerin Se ve Si içerikleri biraz artmıştır bu durum insan beslenmesi bakımından önemli olabilir.

Anahtar kelimeler :Selenyum, silisyum, bitki besleme, topraksız tarım, *Solanum lycopersicum*

Use of Selenium (Se) and Silicon (Si) in Soilless Production of Tomato

Abstract

Although selenium (Se) and silicon (Si) are not shown as essential mineral nutrients, may be this information can be change in close future. Because these 2 elements have significant positive effects on plant growth and developments in many plant species. Also, there are so many studies that Se and Si have important increasing effects on yield and crop quality properties. In recent researches showed that Se and Si not only increase plant growth and yield but also protect plants from biotic and abiotic stress factors. Because of these properties of Si, in some countries new generation fertilizers with Si is produced and distributed to the market. Although the silicon is more abundant elements with 28% percent after oxygen in earth, plants are not utilized from the Si forms. Selenium is an essential micronutrient for human and animals. In recent years some researchers have been carried out in order to increase plant's Se contents (biofortification) for getting benefits in nutrition of human and animals. In the present study, in soilless cultivation of tomato 2.8M Si and 10 μM Se used as K_2SiO_3 and as Na_2SeO_4 formulations, respectively. The effects of the Se and Si on plant height and number of leaves were not significant. Selenium supply increased the total yield 8% in comparison control, however Si supply did not increase the yield. Selenium and Si fertigation slightly increased the tomato fruit physical properties as weight, diameter, volume and firmness. Se and Si contents of the fruit were slightly increased by the treatments. This can be important especially for the human nutrition.

Keywords: Selenium, silicon, soilless culture, human nutrition, *Solanum lycopersicum*

Giriş

Topraksız yetiştiricilikte üretimin püf noktası bitki besleme konusudur. Çünkü bitkilerin içinde yetiştirildiği katı veya sıvı ortamlar besin maddeleri yönünden toprağın aksine inerttir. Bitkilerin yaşamsal gereksinim duyduğu besin maddeleri hazırlanan besin çözeltisi ile verilmektedir. Her bitki türüne ve

bitkilerin farklı gelişme aşamalarına, çevre koşullarına göre değişen besin maddeleri oran ve kompozisyonları optimum pH ve EC düzenlemeleriyle bitkilere sunulmaktadır. Bu durumda topraksız yetiştiricilik sistemlerinde bitkilere besin çözeltisi ile ne verilirse bitkiler sadece bunları kullanmakla kontrol altında tutulmaktadır. Geleneksel topraklı üretimde ise

gübrelerle toprağa verilen besin maddelerinin dışında topraktan gelen ekstra besin maddelerinin de devreye girebilmesi olasılık dahilindedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda yıllardan beri bilinen azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, mangan, çinko, bakır, bor ve molibden elementleri dışında özellikle de silisyum (Si) ve selenyum (Se)'un bitki beslemedeki olumlu katkılarının ortaya çıkarılması bizi bu çalışmaya yöneltmiştir. Çalışmanın amacı, sera topraksız domates yetiştiriciliğinde besin çözeltisine Si ve Se eklemeleri yaparak, bitki büyüme ve gelişmesini, verim ve ürün kalitesini artırmaktır. Şu ana kadar yapılan toprakta veya topraksız koşullarda iklim odasında, serada saksıda yapılan model veya küçük çaplı verim ve fizyolojik denemelerde söz konusu bu iki elementin bir gübre gibi işe yaradığı gösterilmiştir.

Burada sunulan çalışmada ise pratikte topraksız sera üreticilerinin sonuçlarından faydalanacağı şekilde gerçek boyutlarda bir deneme planlanmıştır. Silisyum ve Se uygun dozlarda tek tek ve beraber bitki beslemede kullanılmıştır. Silisyum ve Se eklemeleri yapılmayan kontrol bitkileri ile karşılaştırmalı yetiştirilmiştir. Adana ekolojik koşullarında, serada ilkbahar sezonunda topraksız yetiştiricilik takvimine uygun bir şekilde farklı uygulamalar ile yetiştirilen domates bitkilerinde büyüme ve gelişme parametreleri, toplam ürün verimi ve hıyar meyve kalite özellikleri yönlerinden karşılaştırmalı incelemeleri yapılmıştır. Domates seçilmesinin nedeni ise topraksız seralarda en fazla yetiştirilen tür olmasıdır.

Selenyum, insan ve hayvan beslenmesi için önemli bir mikro besin elementidir. Yüksek dozda alındığında insanlar ve hayvanlar için toksik etki yapabilir. Selenyum antioksidatif etkilerinden dolayı bitki büyüme ve gelişmesine, ürün kalitesine faydalı katkılar sağlamaktadır (Hartikainen, 2005). Bitkilerde gerekli temel bir mikro element olduğu kabul edilmektedir. Bitkilerdeki Se miktarı %2.5'dan azdır (kuru ağırlık). Bitkiler, insan gıdası zincirinde Se transferinde çok önemli rol oynamaktadır, tahıllar, kırmızı et ve balık en önemli Se kaynaklarıdır (Combs, 2001).

Silisyum birçok doğal bileşiğin yapısına giren bir maddedir ve silisyum bileşikleri arasında en önemlileri silis ve silikatlardır. Bitki

biyolojisinde silisyumun rolü şu ana kadar az anlaşılmıştır. Silisyum, yüksek bitkilerin gelişimi için gerekli mutlak elementler arasında yer almayan ancak etkili olduğu belirlenen kural dışı bitki besin elementi olarak kabul edilmektedir.

Bitkilerdeki silisyum konsantrasyonu yaygın olarak, özellikle tahıl türlerinde, 1-100 g/kg arasında değişiklik göstermektedir. Çoğu bitkilerde silisyum konsantrasyonu, fosfor (P), kükürt (S), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) ile benzer miktarlardadır ve bazen azot (N) ve potasyum (K) konsantrasyonu kadar yüksek olabilir. Silisyum bitki gelişimi için gereken makro elementler kadar yüksek konsantrasyonlarda biriktirilebilir ve bitkilerde nispeten yüksek konsantrasyona sahip olduğundan dolayı bitkiler için önemli göreve sahiptir. Silisyum, bir besin elementi olarak rol alabilmekte ve bitkide gelişmeyi artırıcı etkide bulunmaktadır. Yeterince silisyum alan bitkilerin su kaybının azaldığı; silisyum birikmesinin mantar hastalıklarına ve böcek zararlarına karşı dayanıklılığı artırdığı, bitki gövdesini kuvvetlendirdiği, (Ma ve ark., 2004). Ayrıca silisyum aşırı biriktirildiği zaman bitkiye zarar vermeyen tek elementtir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda yıllardan beri bilinen azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, mangan, çinko, bakır, bor ve molibden elementleri dışında özellikle de silisyum (Si) ve selenyum (Se)'un bitki beslemedeki olumlu katkılarının ortaya çıkarılması bizi bu çalışmaya yöneltmiştir.

Savvas ve ark. (2007), topraksız gül yetiştiriciliğinde 1.5-2.0 mM Si uygulamasının bitkide vegetatif gelişmeyi ve gül kalitesini artırdığı, ayrıca, sistemde oluşan tuzluluk problemlerine karşı bitkilerin toleransını artırdığını bildirilmektedir. Aynı çalışmada öneri olarak, topraklı yetiştiricilikte Si varlığı söz konusu iken, topraksız yetiştiricilik sistemlerinde besin çözeltisi içerisinde Si eklemenin bitki büyüme, verim ve ürün kalitesini artırıcı etkide bulunacağı belirtilmektedir. Savvas ve ark. (2009), topraksız koşullarda yetiştirilen sera kabaklarında 1mM Si kullanıldığında tuz stresi altında bitkinin büyüme ve gelişmesi, verimliliği ve külleme hastalığına dayanıklılığının arttığı bildirilmektedir.

Kültürü yapılan pek çok bitki dokusunda Se, kuru ağırlık başına 25 µg g⁻¹'den daha az

miktarda bulunmaktadır. İnsan ve hayvanlardan sonra, bakteri ve algler için selenyumun elzem bir mikro element olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte bitkiler için selenyumun elzem olup olmadığı tartışmalıdır (Terry ve ark., 2000). Selenyumun bitkiler için faydalı bir element olduğu ve düşük konsantrasyonlarda kullanıldığında bitki büyümesini teşvik ettiği bildirilmektedir (Hartikainen ve ark., 2000; Turakainen ve ark., 2004; Rios ve ark., 2010).

Sarımsak bitkisinin in vitro ortamlarda kallus, embriyo, yaprak, kök ve genç bitkicikler ile çoğaltılması sırasında 2-4 mgL⁻¹ selenyum uygulandığında önemli derecede aminoasit, protein ve *alliin* içeriğinin arttığı bildirilmektedir, ayrıca ortamdaki 4 mgL⁻¹ selenyumun, antioksidatif enzimlerin (SOD, GR, CAT) aktivitesinde önemli bir artış sağladığı bildirilmektedir (Kapoor ve ark., 2012). Sarımsağın in vitro teknikler ile kitlesel çoğaltılmasında Se uygulaması, hem bir tıbbi bitki ve hem de aromatik bitki olan sarımsağın içeriğinin zenginleştirilmesini desteklediği bildirilmiştir.

Selenyumun bitki büyümesi ve stres sırasında bitkilere direnç sağlaması konusunda faydaları kanıtlanmasına karşın (Hartikainen, 2005) halen selenyumun bitkiler için gerekli bir “Esas” (essential) element olarak tanımlanmamıştır. Selenyumun sadece bitkiler için faydalı bir element olduğu değil, insan ve hayvanlar için de çok önemli olduğu bilinmektedir. İnsanlarda Se elementinin sağlık üzerine pek çok olumlu ve önemli katkıları olduğu bildirilmektedir (Combs, 2001). Selenyum insan beslenme programlarında günde 200 µg alınırsa karaciğer, prostat ve kolon kanserlerine yakalanma riskini önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir (Combs, 2001). İnsan sağlığı için önemli bir antioksidan olan selenyumun, insan-hayvan-bitki beslenme gıda zincirinde temeli oluşturan bitkilerin yetiştiriciliği sırasında gübreleme ile verilmesi bütün canlılar için fayda sağlayacak bir olay olmaktadır.

Tarafımızdan yapılan bir ekip çalışmasında Se ve Si ‘un domates bitkilerinde tuz stresini azaltıcı etkileri incelenmiştir. 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 (Avcu ve ark., 2013).

Materyal ve Yöntem

Deneme Alanı ve Kullanılan Topraksız Yetiştiricilik Ortamı

Deneme Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü’nün “Topraksız yetiştiricilik” çalışmaları için ayrılan 500 m²’lik cam serada 1/3’lük kısmı kullanılarak ilkbahar dönemi yetiştiriciliği şeklinde gerçekleştirilmiştir. Topraksız yetiştiricilik ortamı olarak 100 cm boyunda, 20 cm genişliğinde ve 10 cm derinliğindeki Hindistan cevizi (cocopeat) paketleri kullanılmıştır. Denemede kullanılan domates “Salkım” çeşit tipidir. Srada ilkbahar dönemi yetiştiriciliği için uygun ve son yıllarda popüler olan Vilmorin-Anadolu Tohumculuk A.Ş. tohum firmasına ait yüksek verim özelliğine sahip Fruty V260 F₁ domates çeşidi kullanılmıştır.

Aşağıda 4 ana konuda sunulan uygulamalar açık topraksız yetiştiricilik sisteminde substrat kültüründe damla sulama sistemiyle uygulanmıştır.

Kontrol bitkileri; hıyar için standart besin çözeltisi,

Silisyum (K₂SiO₃) uygulaması; standart çözelti ve Si verilmiştir,

Selenyum (Na₂SeO₄) uygulaması; standart çözelti ve Se verilmiştir,

Silisyum (K₂SiO₃) + (Na₂SeO₄) Selenyum uygulaması; standart çözelti ve Si ile Se beraber verilmiştir.

Çalışmada öngörülen 4 farklı uygulamanın her biri için 500 litre kapasiteli besin çözeltisi tankları kullanılmıştır. Silisyum (K₂SiO₃) uygulamasında, K₂SiO₃ çözelti pH’sını yükselttiği için ayrı bir tanktan verilmiştir. Her uygulama için bağlı olduğu tank çıkışına su motoru, sayaç, manometre ve filtre bağlanmıştır. Srada, hıyar bitkileri 3.33 bitki/m² dikim yoğunluğunda 100 cm boyunda, 20 cm genişliğinde ve 4 cm derinliğindeki Hindistan cevizi (cocopeat) paketlerinde 150x90x25 cm sıra arası ve üzeri mesafelerle yetiştirilmiştir. Denemede yer alan farklı uygulamalar için, 4 tekrerrüt ve her tekrerrütde 16 bitki olacak şekilde

(64 bitki/uygulama) tesadüf blokları deneme desenine göre dikim yapılmıştır.

Besin çözeltisi uygulama miktarı, zamanı ve süresi her uygulamanın elektrik motorunu kontrol eden zaman ayarlayıcılar ile düzenlenmiştir ve sulamalar otomatik yapılmıştır. Sulama miktarının belirlenmesinde drene olan suyun verilen suya oranı esas alınmıştır. Bu oran deneme süresince %20-40 arasında düzenlenmiştir. Bitkilerin beslenmesinde Daşgan ve ark., (2008)'a göre yapılmıştır.

Bölgenin seracılık takvimine uygun olarak, ısıtmasız ilkbahar üretim sezonu için Aralık ayı sonunda 27 Aralık 2012 tarihinde fide elde etmek için tohumlar 2:1 torf perlit ortamına ekilmiştir. Fideler ocak ayının sonunda tohum ekiminden 1 ay sonra 25 Ocak 2013 tarihinde 4-5 yapraklı büyüklüğe ulaşınca cocopeat paketlerine substrat içerisine dikimi sağlanmıştır.

Selenyum ve Silikat Çözeltilerinin Hazırlanması ve Uygulanması

Uygulama 1'de kontrol olarak kullanılan standart besin çözeltisine eklemeler şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ancak bir süre sonra, potasyum silikatın tank içerisinde çözelti pH'sını çok yükselttiği (pH 9'a kadar) anlaşıncı Uygulama 2'de potasyum silikat ayrı bir tank da hazırlanarak ayrı damlama sistemi ile bu uygulamanın bitkilerine ulaştırılmıştır.

Kontrol çözeltisi: Bitkilere uygulanan besin çözeltisi Çizelge 2'de gösterilen bitki besin maddeleri konsantrasyonlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Bu kontrol çözeltisi içerisinde Si veya Se olmamıştır.

Silisyum Uygulanması: Bitkilere uygulanan besin çözeltisi içerisinde son konsantrasyon 2.8mM Si olacak şekilde, potasyum silikat (K_2SiO_3) bileşiğinden faydalanılmıştır (Ashraf ve ark., 2010).

Selenyum Uygulanması: Bitkilere uygulanan besin çözeltisi içerisinde son konsantrasyon 10µM Se olacak şekilde, sodyum selenat Na_2SeO_4 bileşiğinden faydalanılmıştır (Hawrylak-Nowak, 2009).

Silisyum ve Selenyum Uygulanması: Bitkilere uygulanan besin çözeltisi içerisinde son konsantrasyon 2.8 mM Si+10 µM Se olacak şekilde, potasyum silikat (K_2SiO_3) ve sodyum

selenat (Na_2SeO_4) bileşiklerinden faydalanılmıştır.

Uygulama 2 ve 3'de 2.8 mM K_2SiO_3 'dan gelen potasyum hesaplanarak K_2SO_4 'dan sağlanıp uygulama 1 ve 3'e ayrıca eklenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Selenyum ve silisyum uygulamalarının bitki büyüme parametreleri üzerine etkisini görmek için 21 gün aralıklarla bitki boyu ve yaprak sayısı ölçümleri yapılmıştır. Çizelge 1'de bitki boyu ölçümleri incelendiğinde uygulamaların etkilerinin pratikte çok önemli olmadığı görülmektedir. Ancak birinci ölçümden sonra, Se ile beslenen bitkilerin boyu diğer uygulamalara göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Çizelge 2'de görülen yaprak sayısı üzerine uygulamaların etkisi 4 ölçüm tarihinde de benzer olmuştur. Serada topraksız hıyar yetiştiriciliğinde aynı Se ve Si dozları ile yapılan başka bir çalışmada bitki boyu, yaprak sayısı, gövde çapı, toplam yeşil aksam ağırlığı ve yaprak alanı gibi vegetatif büyüme parametreleri üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur (Daşgan ve Akhoundnejad, 2015). Lee ve ark. (2010), soya fasulyesi yetiştiriciliğinde Na_2SiO_3 formunda 2.5mM Si uygulandıklarında bitki büyümesi üzerine Si'un artırıcı etkisini bitki boyunda %3.4, kök boyunda %2.9 olarak bildirmişlerdir. Sharma ve ark. (2010), *Brassica napus* bitkisini, Se kaynağı olarak Selenat-Se ve Selenit-Se ile yetiştirmişlerdir. Uygulama dozları her iki kaynak için de 1, 2, 4 Se mg kg^{-1} toprak olmuştur. Yazarlar, Selenat-Se kaynağının bütün dozlarında kontrol bitkilerine göre bitki kuru ağırlığı, bitki boyu gibi büyüme parametrelerinde gerileme olduğu bununla birlikte, Selenit-Se kaynağının ise en az kontrol kadar olabildiği ancak kontrolden fazla büyümeyi artırmadığını bildirmiştir.

Çizelge 3'de verim üzerine selenyum ve silisyum uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli görülmemektedir. Ancak, tek başına Se uygulaması diğer uygulamalara göre yaklaşık %8 verim artışı göstermiştir. Silisyum uygulamasının topraksız domates yetiştiriciliğinde verimi artırıcı bir etkisi görülmemiştir. Benzer şekilde Se ve Si ikisi beraber uygulandığında verim değeri kontrole ile benzer olmuş ve artmamıştır (Çizelge 3). Serada topraksız hıyar yetiştiriciliğinde aynı Se ve Si dozları ile yapılan çalışmada tek başına Se

uygulaması kontrole göre %12.4, tek başına Si uygulaması %5.1 ve her iki elementin beraber olduğu Se+Si uygulaması ise kontrole göre %8.4 verim artışı oluşturmıştır (Daşgan ve Akhoundnejad, 2015). Toresano-Sánchez ve ark. (2012), serada topraksız ortamda kaya yününde Si uygulayarak kiraz domatesi yetiştiriciliğini bitkinin beslenmesi ve verim yönünden iki ayrı denemede incelemişlerdir. Domateslerde Si uygulamasının verim bakımından %2.0-4.8 arasında artırmıştır. Silisyum içeren uygulamalarda toplam verim değerlerinin artmamasını, Si kaynağı olarak kullanılan Potasyum Silikatın yüksek alkali olmasına bağlıyoruz. Her ne kadar ayrı bir tanktan ve ayrı bir damlama sistemi ile de uygulansa kök bölgesinde pH yükselmesi olumsuzluk yaratmış olabilir. Çetinsoy ve Daşgan (2015) açıkta hıyar yetiştiriciliğinde, Selenyum, Na_2SeO_4 bileşiği olarak 50 ppm dozunda ve Silisyum, K_2SiO_3 bileşiği olarak 300 ppm dozunda yapraklardan sprey şeklinde olmak üzere 3 defa 15 gün aralıklarla uygulanmıştır. Yaprak uygulamaları şeklinde Selenyum hıyar meyve veriminde %11, Silisyum, %8 ve Se + Si uygulaması ise verimde %25 artışlar sağlamıştır. Her iki mineralin beraberce yapraktan kullanımı verimi artırıcı etki yapmıştır. Bitki büyümesi ve meyve özellikleri üzerine Se ve Si'un etkileri belirgin değilken, meyvenin Se ve Si içeriği üzerine artırıcı etkiler görülmüştür. Seppänen, ve ark. (2010), *Brassica napus* ve *Brassica rapa*, yağ bitkisi olan iki *Brassica* türüne Se uygulaması/gübrelemesi yaparak yetiştirmiştir. Deneme sonunda bu türlerin tohum veriminde ve yağ miktarında bir artış görülmemekle birlikte yağ kalitesinin yükseldiği ve özellikle Se içeriğinin arttığı belirtilmiştir. *Brassica* türlerinde yağ içeriğinin Se bakımından yükselmesi insan ve hayvan beslenmesinde çok önemli olarak vurgulanmıştır. Djanaguiraman ve ark. (2004), soya tohumlarına ekim öncesi 5 ppm sodyum selenat uygulamışlar ve daha sonra tohum ekiminden 45, 60 ve 75 gün sonra 50 ve 100 ppm dozlarında yaprak uygulaması şeklinde sodyum selenat uygulamışlardır. Yazarlar Se uygulamasının bitkilerin yaşlanmasını geciktirdiği, yaprak sayısı ve yaprak alanını artırdığı 100 ppm Se dozunun verimi %11 artırıcı etki yaptığını bildirmişlerdir. Türkmen (2010) sarımsak bitkisi yetiştiriciliğinde tarla ve sera denemeleri yaparak verim üzerine etkisini incelemiştir. Tarla denemesinde sodyum selenat

olarak Se dozları 12.5, 25, 50, 100 g da^{-1} olarak kullanılmıştır. Kullanılan Se dozları sarımsak yetiştiriciliğinde verimi artırmamıştır.

Topraksız yetiştirilen domates bitkilerinde meyve özellikleri incelendiğinde, Çizelge 4'de fiziksel özellikler üzerine Se uygulamasının ortalama ağırlık, çap, sertlik ve hacimde biraz ön plana çıktığı görülürken, Se tek başına ve Si+Se beraber uygulamalarında meyve fiziksel özellikler üzerine etkisi önemli olmamıştır. Türkmen (2010) sarımsak bitkisi yetiştiriciliğinde tarla ve sera denemeleri yaparak verim üzerine etkisini incelemiştir. Tarla denemesinde sodyum selenat olarak Se dozları 12.5, 25, 50, 100 g da^{-1} olarak kullanılmıştır. Kullanılan Se dozları sarımsak baş ağırlığı ve diş ağırlığı üzerine artırıcı bir etkide bulunmamıştır.

Çizelge 5'de domates meyvelerinin suyu çıkarılarak kimyasal kalite üzerine etkilerine bakıldığında SÇKM ve EC bakımından Si uygulamalarının diğerlerine göre biraz daha öne çıktığı görülmektedir. Selenyum ve Si beraber kullanıldığında meyve suyu EC değerleri de kontrole göre yüksek bulunmuştur. Selenyum uygulandığında meyvelerin diğer uygulamalara göre biraz daha asidik olduğu görülürken, C vitamini bakımından uygulamaların etkileri farksız olmuştur.

İnsan beslenmesine katkısı bakımından meyvenin Se ve Si konsantrasyonları Çizelge 6'da görülmektedir. Selenyum içeriği bakımından en yüksek uygulama Se+Si ve bunu takiben tek başına Se uygulamasından alınmıştır. Meyvenin Si içeriği beklendiği gibi Si tek ve Se ile beraber olduğu durumlarda sırasıyla diğer iki uygulamaya göre daha yüksek bulunmuştur. Topraksız yetiştiricilikte besin çözeltilisine eklenen Se ve Si meyvede bu elementlerin içeriğini bir miktar artırmıştır. Tüketilen ürüne geçen Se insan beslenmesi üzerine olumlu etkisi olabilir. Denemede kullanılan Se dozu çok yüksek değildi ilerde yapılacak çalışmalarda Se dozları artırılabilir. Bununla birlikte kontrol dahil söz konusu elementlerin eklenmediği uygulamalarda da Se ve Si içeriği belirlenmiştir (Çizelge 6). Selenyum ve Si eklenmeyen uygulamalarda belirlenen Se ve Si elementleri sulama suyu, kullanılan gübre içerikleri ve kullanılan substrattan gelmiş olabilir. Meyve içeriğindeki benzer durum topraksız tekniklerle yetiştirilen ve Se ile Si aynı dozlarında

uygulanan hıyar meyvelerinde (Daşgan ve Akhoundnejad, 2015), açıkta yetiştirilen hıyar bitkilerine Se ve Si yaprak spreylemesi olarak uygulandığında da meyvenin içeriğinin de Se ve Si bakımından arttığı görülmüştür (Çetinsoy ve Daşgan, 2015).

Sonuç

Topraksız domates yetiştiriciliğinde bitkilerin beslenmesinde 2.8 mM Si Potasyum Silikat (K_2SiO_3) formunda ve 10 μM Se Sodyum Selenat (Na_2SeO_4) formunda kullanılmıştır. Deneme sonuçlarına göre, bitki boyu ve yaprak sayısı gibi büyüme parametreleri üzerinde Se ve Si etkileri önemli bulunmamıştır.

Tek başına Se uygulaması diğer uygulamalara göre yaklaşık %8 verim artışı göstermiştir. Silisyum uygulamasının topraksız domates yetiştiriciliğinde verimi artırıcı bir etkisi görülmemiştir. Benzer şekilde Se ve Si ikisi beraber uygulandığında verim değeri kontrole ile benzer olmuş ve artmamıştır. Selenyum ve silisyum uygulamalarının domates meyvelerinde ağırlık, çap, hacim ve sertlikte tek Se uygulamasında hafif artış göstermiştir. Meyvelerin Se ve Si içerikleri biraz artmıştır bu durum insan beslenmesi bakımından Se durumunda önemli olabilir.

Proje çalışmasında Si kaynağı olarak kullanılan K_2SiO_3 bileşiği yüksek alkali özelliğe sahip olduğu için, topraksız yetiştiricilik sistemlerinde besin çözeltisinde ve kök bölgesinde substrat içerisinde pH yükselmelerine neden olmaktadır. Bizim denememizde bu engeli aşmak için K_2SiO_3 ayrı bir tankta hazırlanarak bitkilere verilmiştir. Bu durumda substrat içerisinde kök bölgesi pH değerleri yükselmemesi için sürekli kontrol edilerek gerektiği durumlarda substrat asidik özelliğe sahip seyreltik besin çözeltisi ile yıkanarak pH kontrol altında tutulmuştur. Potasyum silikat için özel ayrı tankı içerisinde 2.8mM Si konsantrasyonu için hazırlanan çözeltinin pH değerleri 7-9 arasında değişmiştir. Asit ile pH değerlerini ancak 6.5 civarına düşürülebilmmiştir. pH 6.5 altına düşürüldüğünde çözelti içerisinde K_2SiO_3 bileşiğinden kaynaklanan jelimsi minik (0.3-1 mm) süspansiyon tanecikler oluşmaktadır. Bu taneciklerin damla sulama memelerini tıkamaları söz konusu olabilmektedir. Ayrıca bu tanecikler (birkâç hafta içerisinde) substrat yüzeyinde jelimsi bir tabaka oluşturabilmektedir. Sulama

sistemi ile gelen besin çözeltisi bazen bu jelimsi tabaka üzerinde kalarak substrat içerisine penetre olamamaktadır. Topraksız yetiştiricilik sistemlerinde Si kaynağı olarak K_2SiO_3 kullanıldığında ortaya çıkan bu sorunların çözülmesi gerekmektedir.

Burada sonuçları sunulan projede Se'un kullanılan dozunun verim ve meyve fiziksel kalitesi üzerine hafif artırıcı etkileri görülmüştür. Uygulamada diğer besin elementleri gibi aynı tanktan rahatça verilebilmektedir. Besin maddesi analizleri de diğer mikro elementler gibi aynı yöntemlerle çok rahat yapılabilir. Bundan sonraki çalışmalarda Se'un artan dozları denenebilir, bitki büyüme ve gelişmesi, verim artışı yanında ve ürün kalitesi anlamında meyveye/sebzeye geçen Se'un insan sağlığı bakımından getireceği pozitif etkiler incelenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi BAP birimi ZF2013YL33 nolu projesi ile desteklenmiştir. Yazarlar olarak teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ashraf, M., Rahmatullah, M., Afzal, R., Ahmed, F., Mujeeb, A., Sarwar, L.A., 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.
- Avcu, S., Akhoundnejad, Y., Daşgan, H.Y., 2013. Domatesde tuz stresi üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 6 (1):183-188.
- Combs, G.F. Jr., 2001. Selenium in global food systems. Br. J. Nutr., 85:517-542.
- Çetinsoy, F., Daşgan, H.Y., 2015. Açıkta hıyar yetiştiriciliğinde yapraktan uygulanan selenyum ve silisyumun etkileri. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım Kongresi, 28-30 Nisan 2015. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi'nde yayın aşamasındadır.
- Daşgan, H.Y., Kusvuran, S., Ortas, I., 2008. Responses of soilless grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal (*Glomus fasciculatum*) colonization in recycling and open systems. African J. of Biotech., 7(20): 3606-3613.
- Daşgan, H.Y., Akhoundnejad, Y., 2015. Sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde selenyum (se) ve silisyum (Si) 'un kullanılması. Uluslararası Katılımlı Türkiye Doğal Beslenme ve Yaşam Boyu Sağlık Zirvesi, 20-23 Mayıs 2015, Bilecik. Kongre Yayını baskıdadır.

- Djanaguiraman, M., Durga Devi, D., Shanker, A.K., Annie Sheeba, J., Bangarusamy, U., 2004. Impact of selenium spray on monocarpic senescence of soybean (*Glycine Max* L.). Food, Agriculture & Environment, 2(2):44-47.
- Hartikainen, H., Xue, T.L., Piironen, V., 2000. Selenium as an antioxidant and pro-oxidant in ryegrass. Plant Soil, 225:193-200.
- Hartikainen, H., 2005. Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. J. Trace. Elem. Med. Biol., 18:309-318.
- Hawrylak-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.
- Kapoor, R., Nasim, S.A., Dhir, B., Mahmooduzzafar, A.M., 2012. Selenium treatment alters phytochemical and biochemical activity of in vitro-grown tissues and organs of *Allium sativum* L., In vitro Cell. Dev. Biol. Plant 48: 411-416.
- Lee, S.K., Sohn, E.Y., Hamayun, M., Yoon, J.Y., Lee, I.J., 2010. Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. Agroforest. Syst., 80:333-340.
- Ma, J.F., 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to abiotic and biotic stress. Soil Sci. Plant Nutr., 50:11-18.
- Rios, J.J., Blasco, B., Rosales, M.A., Sanchez-Rodriguez, E., Leyva, R., Cervilla, L.M., Romero, L., Ruiz, J.M., 2010. Response of nitrogen metabolism in lettuce plants subjected to different doses and forms of selenium. J. Sci. Food Agric., 90:1914-1919.
- Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou E., Bakea, M., Patakioutas, G., 2009. Silicon supply in soilless cultivation of zucchini alleviates stress induced by salinity and powder mildew infections. Environ. Expt. Botany, 65: 11-17.
- Savvas, D., Gizas, G., Karras, G., Lydakis-Simantiris, N., Salahas, G., Papadimitriou, M., Tsouka, N., 2007. Interactions between Si and NaCl salinity in a soilless culture of roses in greenhouse, Europ. J. Hort. Sci., 72 (2):73-79.
- Seppänen, M.M., Konturi, J., Lopez Heras, I., Madrid, Y., Camara, C., Hartikainen, H., 2010. Agronomic biofortification of Brassica with selenium enrichment of Se-Met and its identification in Brassica seeds and meal. Plant Soil, 337:273-283.
- Sharma, S., Bansal, A., Dhillon, S.K., Dhillon, K.S., 2010. Comparative effects of selenate and selenite on growth and biochemical composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). Plant Soil, 329:339-348.
- Terry, N., Zayed, A.M., de Souza, M.P., 2000. Tarun Selenium in higher plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 401-432.
- Toresano-Sanchez, F., Valverde-Garcia, A., Camacho-Ferre, F., 2012. Effect of the application of silicon hydroxide on yield and quality of cherry tomato. Journal of Plant Nutrition, 35:567-590.
- Turakainen, M., Hartikainen, H., Seppanen, M.M. 2004. Effects of selenium treatments on potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and concentrations of soluble sugars and starch. J. Agric. Food Chem., 52:5378-5382.
- Türkmen, Ö., 2010. Toprak özellikleri ile Se yarıyışlılığı arasındaki ilişkiler ve sarımsağın Se ile zenginleştirilmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, 177s.

Çizelge 1. Bitki boyu ölçüm değerleri (cm/bitki)

Uygulamalar	8 Mart	29 Mart	19 Nisan	10 Mayıs
Kontrol	58.75 ab	125.00	211.63 b	234.53 b
Selenyum (Se)	59.70 ab	128.86	222.50 a	251.30 a
Silisyum (Si)	56.38 b	123.85	219.95 ab	249.78 a
Selenyum + Silisyum	60.80 a	125.15	214.23 ab	247.45 ab

Çizelge 2. Bitki yaprak sayıları (adet/bitki)

Uygulamalar	8 Mart	29 Mart	19 Nisan	10 Mayıs
Kontrol	12.63	21.28	28.78	33.88
Selenyum (Se)	12.40	21.35	29.48	34.63
Silisyum (Si)	12.35	20.93	30.10	35.40
Selenyum + Silisyum	12.50	20.98	29.25	34.58

Çizelge 3. Meyve toplam verim değerleri

Uygulamalar	Verim (kg/bitki)	Verim (kg/m ²)
Kontrol	3.73	12.33
Selenyum (Se)	4.02	13.26
Silisyum (Si)	3.70	12.22
Selenyum + Silisyum	3.72	12.29

Çizelge 4. Meyve fiziksel özellikleri üzerine uygulamaların etkisi

Uygulamalar	Ağırlık (g/adet)	Boy (mm/adet)	Çapı (mm/adet)	Sertlik (kg/adet)	Hacim (ml/adet)
Kontrol	95.23 ab	50.43	62.77	1.39	120.38 ab
Selenyum (Se)	99.92 a	50.83	65.15	1.49	136.75 a
Silisyum (Si)	91.90 bc	48.86	63.65	1.19	127.50 ab
Selenyum + Silisyum	88.78 c	48.23	61.62	1.39	113.00 b

Çizelge 5. Meyve kimyasal özellikleri üzerine uygulamaların etkisi

Uygulamalar	SÇKM (%)	pH	EC (dSm ⁻¹)	C Vitamini (mg/100g)
Kontrol	5.25	4.25 b	5.87 b	21.49 a
Selenyum (Se)	4.95	4.39 a	6.09 ab	21.40 c
Silisyum (Si)	5.35	4.30 b	6.51 a	21.44 b
Selenyum + Silisyum	5.20	4.33 ab	6.45 a	21.51 a

Çizelge 6. Meyvede Se ve Si konsantrasyonları

Uygulamalar	Selenyum (mg kg ⁻¹)	Silisyum (%)
Kontrol	308 ab	0.110 c
Selenyum (Se)	313 ab	0.126 c
Silisyum (Si)	283 b	0.171 a
Selenyum + Silisyum	348 a	0.150 b