



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

<http://dergi.toprak.org.tr>



Selenyum uygulamalarının tane mısırdaki verim parametreleri ile tanenin selenyum, protein ve yağ içeriği üzerine etkileri

Aişe Deliboran^{1,*}, Yılmaz Işık², Hasan Aslan², Abdullah Suat Nacar²,
Tuba Yasemin Tekgül², Hatice Kara², Mustafa Harmankaya³, Sait Gezin³

¹ Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bitki Besleme ve Toprak Su Kaynakları Bölümü, İzmir

² GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa

³ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Konya

Özet

Bu çalışmada sodyum selenit ve sodyum selenat uygulamalarının mısır bitkisinde bitkisel özellikler ile tanenin selenyum, protein ve yağ içeriği üzerine etkileri incelenmiştir. Sekiz farklı selenyum seviyesi (0-5-10-15-25-50-75-100 g Se ha⁻¹) uygulanmıştır. Selenit topraktan, selenat ise yapraktan uygulanmıştır. Selenyum uygulamaları istatistiksel olarak bitki boyu, koçan yüksekliği, koçan sayısı, tane /koçan oranı, dekara verim ve tanenin yağ içeriği değerlerini etkilememiştir, 1000 dane ağırlığı ile tanenin protein içeriğini ise etkilemiştir. Topraktan uygulanan selenit tanenin selenyum içeriğini istatistiksel olarak etkilememiştir. Ancak yapraktan uygulanan selenat tanenin selenyum içeriğini istatistiksel olarak etkilemiştir. 15 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 115 µg Se kg⁻¹ tanede birikirken, 25 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 125 µg Se kg⁻¹, 50 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 214 µg Se kg⁻¹, 75 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 420 µg Se kg⁻¹, 100 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 523 µg Se kg⁻¹ tanede birikmiştir. İnsan ve hayvan beslenmesi için gıdalardaki selenyum konsantrasyonunun 100-1000 µg kg⁻¹ olması gerektiği düşünüldüğünde araştırmada elde edilen bu sonucun insan ve hayvan beslenmesi açısından yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mısır, selenyum, toprak uygulaması, yaprak uygulaması, verim

The effect of selenium application on yield parameters, selenium, protein and oil contents of grain maize

Abstract

In this study, the effect of sodium selenite and sodium selenate application on the accumulation of Se, protein and oil in grain maize and herbal properties were investigated. Eight selenium levels (0-5-10-15-25-50-75-100 g Se ha⁻¹) were used. Selenite was applied from the soil and selenate was applied from foliar. Selenium application to soil didn't affect plant height, cob height, number of cobs, grain/cob ratio, yield and oil content of grain, it affected weight of 1000 piece and protein content of grain, statistically. Sodium selenite application from soil didn't affect the total Se content of grain, statistically. But foliar application of sodium selenate statistically affected the contents of total Se in the grain. Selenate application from foliar to the maize plant was effective for the selenium accumulation. Also it was found that 115 µg Se kg⁻¹ accumulated in the grain with 15 g Se ha⁻¹ application; 125 µg Se kg⁻¹ with 25 g Se ha⁻¹ application; 214 µg Se kg⁻¹ with 50 g Se ha⁻¹ application; 420 µg Se kg⁻¹ with 75 g ha⁻¹ application; 523 µg Se kg⁻¹ with 100 g Se ha⁻¹. Concentration of selenium in the food for both human and animal is desired between 100 and 1000 µg kg⁻¹, selenium levels seem to be appropriate for both human and animal feeding.

Keywords: Maize, selenium, soil application, foliar application, yield.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

İnsan sağlığında ve beslenmesinde önemli yere sahip bitkisel ve hayvansal besin kaynaklarının tüketimi nüfus artışı ile orantılı olarak artmaktadır. Çünkü canlıların en önemli ihtiyacı beslenmedir. İnsan beslenmesinde bitkisel ve hayvansal besin maddeleri önemli iken, hayvan beslenmesinde de bitkisel besin

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0530 886 49 47

E-posta : aise.deliboran@tarim.gov.tr

Geliş Tarihi : 2 Ekim 2017

Kabul Tarihi : 12 Haziran 2018

e-ISSN : 2146-8141

maddeleri büyük önem taşımaktadır. Mısır, insan gıdası ve hayvan yemi olarak çok yönlü kullanıma sahiptir, dane ürünü olarak üretimi ve tüketimi artan bir potansiyele sahiptir. İnsan beslenmesinde buğday ve çeltikten sonra en fazla kullanılan bitkilerin başında gelirken, hayvan beslenmesinde tane olarak kullanımının yanı sıra özellikle silaj yapımında kullanılan en popüler bitkidir. Yapılan araştırmalar mısırın çok sayıda kullanım alanına sahip olduğunu, bitkinin her parçasının ayrı bir ekonomik değere sahip olduğunu göstermektedir. Özcan (2009)'a göre mısır üretiminin %60'ı hayvan yemi, %20'si insan gıdası (doğrudan tüketim), %10'u işlenmiş gıda ve %10'nu diğer tüketimleri ile tohumluk olarak kullanılmaktadır. Emeklier (2002)'ye göre insan beslenmesi açısından mısır danesi yüksek oranda karbonhidrat (nişasta), protein, farklı şeker türevleri, lif ve yağ içeriği yanında demir (Fe), magnezyum (Mg), potasyum (K), A, B1, B3, B9 ve C vitamini içeriğine sahiptir, yüksek protein ve A vitamini içeriğinden dolayı mısır daneleri hayvan beslemede vazgeçilmez hale gelmiştir ve yem rasyonlarına %15-65 oranında katılmaktadır.

Son yıllarda beslenmede yeni bir kavram olan nitelikli gıda kavramı yaygınlaşmakta ve önem kazanmaktadır. Bu bağlamda özellikle mikro elementler bakımından zengin besin maddeleri ön plana çıkmakta, bu yönde birçok araştırma yapılmaktadır. Selenyum (Se) dünyada üzerinde en çok araştırma yapılan, insan ve hayvan sağlığı açısından önemli olan mikro besin elementlerinden birisidir. Hem insanlar hem de hayvanlar için zorunlu bir maddedir ve besin maddeleriyle birlikte yeterli miktarda alınması gerekmektedir (David ve ark., 1995; Surai, 2000; Deliboran, 2016). Araştırmalar, insanların Se beslenmesinde buğdayın en önemli gıda kaynağı olduğunu göstermektedir (Çakmak ve ark., 2009). Hayvanların başlıca Se alımları ise yemle birlikte gerçekleşmektedir, ancak yemle birlikte alınan kimyasal selenyum sindirimle dışarı atılmaktadır. Yeme bağlı organik Se ise vücut proteinlerinde depolanmaktadır (Shamberger, 1984).

Bitkisel kökenli gıdalarda Se'un en önemli kaynağı topraktır. Çok az oranda da olsa atmosferik yolla bitkiler Se alabilmektedir. Selenyumun topraktan alınabilmesi için mutlaka kimyasal olarak çözünür ve alınabilir bir formda olması gerekmektedir. Bitkiler selenyumunu daha çok oksitlenmiş selenat (Se^{+6}) formunda almaktadır. Selenyum topraklarda çoğunlukla selenate (SeO_4^{2-}), selenite (SeO_3^{2-}) ve selenid (Se^{2-}) formlarında bulunmaktadır (Mikkelsen ve ark., 1989; Marchner, 1995; Çakmak ve ark., 2009). Selenyum kuraklık, düşük sıcaklık gibi çevresel stres etmenlerine karşı dayanıklılıkta önemli bir role sahiptir. Toksik O_2 türevlerinden biri olan hidrojen peroksit (H_2O_2) detoksifikasyonunu sağlayan glutatyon peroksidaz enzimi için gerekli olan selenyum, bu enzimin aktivitesinin yüksek düzeyde kalmasını sağlayarak bitkileri düşük sıcaklık, yüksek ışık intensitesi ve UV ışık stresinden korumaktadır (Xue ve Hartikainen, 2000; Seppanen ve ark., 2003; Çakmak ve ark., 2009). Emiliminden sonra amino asitlerin ve proteinlerin yapısına katılmasıyla bitkiler için önem arz etmektedir (Eriksson, 2001).

Selenyum uygulamaları bitkilerde, örneğin buğdayda (Çakmak ve ark., 2009) ve mısırdaki (Chilimbia ve ark., 2012) tane, silaj verimi ve diğer bitkisel özellikleri etkilememekte, tanenin Se konsantrasyonunu ise etkileyerek arttırmaktadır. Chilimbia ve ark. (2012) Se uygulamalarının tane ve silajlık mısırdaki verimi etkilemediğini, çeşitlere göre tane mısır veriminin $2764-7009 \text{ kg ha}^{-1}$, silaj mısır veriminin de $4758-15792 \text{ kg ha}^{-1}$ arasında değiştiğini, Se uygulamaları ile tane ve silaj selenyum içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir. Wang ve ark. (2013) topraktan ve yapraklardan Na_2SeO_3 formunda Se uygulamalarının mısır tane ve silaj verimini etkilemediğini, topraktan ve yapraklardan uygulamada sırasıyla 2009 yılında $5.41-9.13 \text{ t ha}^{-1}$ ve $6.15-9.91 \text{ t ha}^{-1}$, 2010 yılında ise $7.93-12.25 \text{ t ha}^{-1}$ ve $9.58-17.05 \text{ t ha}^{-1}$ verim aldıklarını bildirmektedir. Hidroponik sulama suyuna Se eklenmesi ile mısır bitkisinde (Longchamp ve ark., 2013) ve marulda (Duma ve ark., 2011) verimin artmadığı, 60 g Se ha^{-1} oranına kadar selenyum ile tohum muamelesinin üç çim çeşidinde de verimi etkilemediği (Cartes ve ark., 2005) görülmüş, buğdayda (Broadley ve ark., 2010), sarımsakta (Poldma ve ark., 2011) ve mısırdaki tane ve silaj (Chilimbia ve ark., 2012) veriminin artmadığı tespit edilmiştir. Ancak birkaç çalışma Se uygulamasının bitkiyi olumlu etkilediğini göstermektedir. Saksıda yapılan bir çalışmada, Se uygulamaları ile kontrol grubuna göre patates bitkisinden yüksek yumru verimi aldıkları, bunda selenyumun yaşlanmayı geciktiren antioksidatif etkisiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Turakaina, 2007). Benzer şekilde hidroponik denemelerde Se uygulamaları Brassica tohum üretiminde %43 oranında artışa neden olmuştur ki bunun da yapraklarda ve çiçeklerdeki yüksek solunum aktivitesi ile ilgili olduğu ifade edilmiştir (Lyons ve ark., 2009). Hindibada yapılan bir denemede, Se uygulamaları genç hindibalarda solunum oranını arttırmıştır (Germ ve ark., 2007). Kuraklık stresi düzeyinin arttığı dönemde Se uygulamaları antioksidan aktivitesini, antioksidan düzeyini ve mısır tane verimi arttırmıştır (Sajedi ve ark., 2011). Sonuç olarak bitkilerde Se uygulamaları antioksidan aktivitesinin ve solunum potansiyelinin artması nedeniyle pozitif etkili olabilmektedir. Bitkilerde birçok faktör Se etkinliğini artırarak etkilemektedir. Bu faktörler toprak ve iklim koşullarının yanı sıra Se uygulama zamanı, oranı, metodu, Se formu ve bitki türü olarak sıralanabilir (Rengel ve ark., 1999).

Bu çalışma ile insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan tane mısırdaki sodyum selenit (Na_2SeO_3) ve sodyum selenat (Na_2SeO_4) uygulamalarının (1) yatma, bitki görünümü, koçan ucu kapallığı, koçan görünümü, rastıklı bitki sayısı, bitki boyu, koçan yüksekliği, koçan sayısı, tane/koçan oranı gibi bitkisel özellikler ile (2) dekara verim ve 1000 dane ağırlığı ve (3) tanenin selenyum, protein ve yağ içeriği üzerine etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma lokasyonu

Araştırma, 2013 ve 2014 yıllarında GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün Talatdemirören Araştırma İstasyonu'nda selenyum noksanlığı görülen arazilerde yürütülmüştür. Şanlıurfa Güneydoğu Anadolu iklim bölgesine dahil olmakla birlikte, Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık olan bir iklim özelliği göstermektedir. Güneyden kuzeye ve batıdan doğuya gittikçe yağış miktarı artmaktadır.

Araştırmada kullanılan mısır çeşidi ve selenyum kaynakları

Tane mısır çeşidi olarak DKC 5783 F₁ çeşidi, selenyum kaynağı olarak ise sodyum selenit (Na_2SeO_3) ve sodyum selenat (Na_2SeO_4) kullanılmıştır. Katı halde bulunan sodyum selenit suda çözünme özelliğine sahiptir (20 °C ta 85 g/100 g su) ve moleküler ağırlığı 172.9 g olan bir bileşiktir. Selenatın moleküler ağırlığı 188.94 g'dır ve suda çözünme özelliğine sahiptir (20 °C ta 83 g/200 g su) (Sangbom ve ark., 2005).

Deneme deseni

Denemeler, 2013 ve 2014 yıllarında II. ürün tane mısır denemesi olacak şekilde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür, 8 selenyum seviyesi (0-5-10-15-25-50-75-100 g Se ha⁻¹) kullanılmıştır. Selenit tohum ekiminden önce toprağa sıvı halde, selenat ise bitkiler 50-70 cm boyuna geldiğinde yapraklardan uygulanmıştır. Ekim işlemi; sıra arası ve üzeri 70x16 cm olacak şekilde ilk yıl 24 Haziran 2013, ikinci yıl 17 Haziran 2014, hasatlar ise ilk yıl 12.11.2013, ikinci yıl 06.11.2014 tarihinde yapılmıştır. Her iki yıl deneme kurulacak arazide deneme öncesi alınan toprak örneğinin analiz sonuçları dikkate alınarak verilecek gübre miktarları belirlenmiştir (Tablo 1). Vejetasyon süresi boyunca verilecek gübre miktarları saf olarak 25 kg azot (N) da⁻¹ ve 10 kg fosfor (P) da⁻¹ tamamlanmıştır. Toprakta alınabilir potasyum (K) miktarı yeterli olduğundan potasyum uygulanmamıştır. Son toprak işleme uygulamasından önce fosforun tamamı ve azotun bir kısmı taban gübresi olarak toprağa karıştırılarak verilmiştir. Azotlu gübrenin geri kalan kısmı ise üst gübre olarak bitkiler 30-40 cm boylandığında banda verilmiştir.

Tablo 1. Araştırma yerine ait deneme öncesi toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinden bazıları

Yıl	EC, ds m ⁻¹	pH	Kireç, %	P ₂ O ₅ , kgda ⁻¹	K ₂ O, kgda ⁻¹	N, %	S, ppm	Mg, ppm	B, ppm	Se, ppb	Kum, %	Silt, %	Kil, %
2013	0.98	7.9	31.2	7.6	138	0.06	18.5	1678	0.32	3.9	28.5	19.6	51.9
2014	1.06	7.5	29.2	4.2	151	0.07	16.6	840	1.27	3.5	27.5	19.3	53.2

Ekimden hemen sonra çıkış suyu verilmiştir. Diğer sulamalar, parsellere mümkün olduğunca eşit su verilecek şekilde karık usulü yapılmıştır. Yüzey akışını engellemek için parseller arasına set yapılmıştır. Uygun zamanlarda çapa ve bir defa boğaz doldurma işlemi yapılmıştır. Çıkıştan sonra gerektiğinde yabancı otlara karşı yabancı ot ilaçları kullanılmış, ayrıca sap kurdu ve koçan kurduna vb. zararlılara karşı ilaçlı mücadele yapılmıştır. Denemenin yürütüldüğü her iki yılda, deneme öncesi denemenin kurulacağı arazideki su kaynağından su örneği alınarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Araştırmada kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları

Yıllar	EC µSm ⁻¹	Kasyonlar (me L ⁻¹)			Anyonlar (me L ⁻¹)						pH	SAR	B Sınıf	
		Na	K	Ca+Mg	Top. kation	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Top. Anyon				
2013	354	0.08	0.02	3.2	3.3	-	1.9	1.1	0.3	3.3	7.45	0.06	-	T ₂ A ₁
2014	356	0.8	0.02	3.3	3.4	-	2.8	1.2	0.4	3.3	7.49	0.06	-	T ₂ A ₁

Bitkisel Ölçümler

Yatma (adet), fizyolojik olum döneminden sonra bitkinin dik duruşuna göre 30°'lik açıdan fazla yatan parseldeki bitki sayısı sayılmıştır. Bitki görünümü (1-5), çeşide ait bitki formu homojen bir şekilde zayıf ya da kuvvetli görünüm oluşturulmasına göre; koçan ucu kapallığı (1-5), koçan ucunun koçan kavuzları tarafından örtülme durumuna göre; koçan görünümü (1-5), koçan yapısına bakılarak kuvvetli, düzgün ve homojen bir yapı oluşturan koçana göre 1-5 arasında değerlendirme yapılmıştır. Rastıklı bitki sayısı (adet

parşel⁻¹), hasattan önce ortadaki 2 sırada bulunan rastıklı koçan sayısı tespit edilmiştir. Bitki boyu (cm), dölleme sonrası toprak seviyesinden tepe püskülünün en uçtaki noktasına kadar olan yükseklik ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Koçan yüksekliği (cm), toprak seviyesinden bitki üzerindeki en üst koçanın bağı olduğu boğuma kadar olan dikey mesafe cm olarak ölçülmüştür. Koçan sayısı (adet parşel⁻¹), hasattan önce ortadaki 2 sırada bulunan koçan sayısı tespit edilmiştir. Tane koçan oranı (%), her tekerrürden çeşidi temsil eden 10 adet koçan seçilerek bunlar tartılmış, sonra koçanlar tanelenerek tartılmış ve tane koçan oranı bulunmuştur. Parşel verimi (kg parşel⁻¹), her parşelde orta iki sırada hasat edilen toplam koçanların tartılması ile belirlenmiştir. Orta iki sırada bitki sayısı olması gerekenden %15 daha düşük olduğunda ise eksik parşel formülü dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. 1000 tane ağırlığı (g) ise parşel tane veriminin belirlendiği üründen rastgele dört defa 100 tane sayılıp tartılmış ve buda oranlanarak gram cinsinden hesap edilmiştir. Birim alan tane verimi (kg da⁻¹), parşel verimleri (kg parşel⁻¹) aşağıdaki formüle göre %15 tane nemi esas alınarak birim alan verimine çevrilmiştir (kg da⁻¹).

%15 tane nemi göre parşel verimi=parşel verimi x $\frac{(100-\text{hasat tane nemi})}{100}$ x tane/koçan oranı

85

Kimyasal Analizler

Ham yağ (%), hekzan çözeltisi ile ekstraksiyon yöntemi kullanılmış, okumalar tam otomatik soxhelet cihazında yapılmıştır. Ham protein oranı (%), tanelerde gerekli kurutma ve öğütme işlemleri yapıldıktan sonra Kjeldahl metodu ile %N miktarı tespit edilmiş, bulunan değer 6.25 ile çarpılarak protein oranı belirlenmiştir. Selenyum analizi için tane örnekleri hava sirkülasyonlu kurutma dolabında yaklaşık 40 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, bu örneklerden yaklaşık 0.3-0.4 g tartılarak üzerine 5 ml konsantre HNO₃ ve 2 ml H₂O₂ ilave edilmiş ve mikro dalga cihazında (Cem MARSX) yüksek ısı (210 °C) ve basınç altında (200 PSI) çözüldürülmüştür. Analizin güvenilirliğini sağlamak için 40 hücrelik mikrodalga seti içerisine 1 blank ve 1 sertifikalı referans materyal (1547 Peach Leaves, NIST) ilave edilmiştir. Çözüldürülen numunelerin hacimleri deiyonize su ile 20 ml'ye tamamlanmıştır. Numunelerdeki Se konsantrasyonu, Elektro Termal Temperature Controller (ETC-60) ve Vapor Generator Aparatus (VGA 77) aparatlarının bağlandığı Atomic Absorpsiyon Spectrofotometre Cihazı (ASS) ile ölçülmüştür. Öncelikle numunelerdeki Se (+VI), hidroklorik asit ile muamele edilerek Se (+IV) formuna indirgenmiştir. Daha sonra Se (+IV) AAS cihazının numune giriş sistemi önüne monte edilen bir hidrür oluşturuç modülün (VGA-77 Hydride Generator, Varian Inc.-Australia) hidrür oluşturma ünitesinde asidik ortamda sodyum tetraborat (NaBH₄) redüktantı ile reaksiyona sokularak uçucu hidrojen selenüre (SeH₂) indirgenmiş ve SeH₂'nin ETC-60 cihazı ile yüksek ısıda (850-950°C) atomize edilerek absorpsiyon şiddeti ölçülmüştür. Analizlerde her 10 örnekte bir NIST (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg-ABD) standart referans materyali kullanılarak analiz değerlerinin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği kontrol altında tutulmuştur.

Toprak örneklerinde, tekstür hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1955); pH 1:2.5 toprak:su karışımında, elektriksel iletkenlik (EC-Electrical Conductivity) saturasyon çamurunda elektriksel iletkenlik aleti ile, kireç (CaCO₃) Scheibler kalsimetresi ile (Tüzüner, 1990); organik madde modifiye Walkley-Black (Black, 1965); toplam azot (N) modifiye Kjeldahl yöntemiyle, değışebilir K, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) ve sodyum (Na) 1N Amonyum Asetat (pH=7) ekstraksiyonu ile (Kacar, 1995); alınabilir P, NaHCO₃ ekstraksiyonu ile (Olsen ve Sommers, 1982); alınabilir demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn) ve bakır (Cu) diethylene tetramine penta acetic acid-triethanolamine (DTPA-TEA) ekstraksiyonu ile (Lindsay ve Norvell, 1978), alınabilir bor (B) ise topraktan sıcak su ile ekstrakte edilen B miktarının azometin-H ile oluşturulan kompleksin renk yoğunluğuna dayanılarak (Kacar, 1995), alınabilir Se ise KH₂PO₄ ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen süzüğün (Çakmak ve ark., 2009) ETC-60 ve VGA-77 aparatlarının bağlandığı Atomik Absorpsiyon Spectrofotometre Cihazı (ASS) ile okunması sonucu belirlenmiştir.

İstatistik Analizler

Denemelerden elde edilen veriler her yıl varyans analizi ile değerlendirilmiş, homojenlik testleri yapılmış, deneme konuları arasındaki farklılıklar ise LSD testleri ile kontrol edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Uygulamalarının yatma, bitki görünümü, koçan ucu kapallığı, koçan görünümü ve rastıklı bitki sayısı üzerine etkileri

Kontrol grubuna göre kıyaslama yapıldığında, selenit ve selenat uygulamalarının yatma, bitki görünümü, koçan ucu kapallığı, koçan görünümü ve rastıklı bitki sayısı üzerine herhangi bir etkisi gözlenmemiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Selenyum uygulamalarının yatma, bitki görünümü, koçan ucu kapalılığı, koçan görünümü ve rastıklı bitki sayısı üzerine etkileri

Selenyum kaynağı	Uygulama seviyeleri	Yatma (adet parsel ⁻¹)		Bitki görünümü (1-5 skalası)		Koçan ucu kapalılığı (1-5 skalası)		Koçan görünümü (1-5 skalası)		Rastıklı bitki sayısı (adet parsel ⁻¹)	
		2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Sodium selenit	0 g ha ⁻¹	0	0	2	1	1	1	1	1	1	0
	5 g ha ⁻¹	0	0	1	2	2	2	1	1	0	0
	10 g ha ⁻¹	0	0	2	1	2	1	1	2	0	0
	15 g ha ⁻¹	0	0	1	1	2	1	2	1	1	0
	25 g ha ⁻¹	0	0	1	1	1	2	1	2	0	0
	50 g ha ⁻¹	0	0	1	1	1	1	2	1	0	0
	75 g ha ⁻¹	0	0	1	1	1	2	1	1	0	0
	100 g ha ⁻¹	0	0	2	1	2	2	2	1	0	0
Sodium selenat	0 g ha ⁻¹	0	0	2	1	1	1	2	2	1	0
	5 g ha ⁻¹	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
	10 g ha ⁻¹	0	0	2	1	2	1	2	2	1	0
	15 g ha ⁻¹	0	0	2	1	2	1	1	1	0	0
	25 g ha ⁻¹	0	0	2	1	1	1	1	2	0	0
	50 g ha ⁻¹	0	0	1	1	2	1	2	1	0	0
	75 g ha ⁻¹	0	0	1	2	1	2	2	1	0	0
	100 g ha ⁻¹	0	0	1	2	2	2	1	1	1	0

Uygulamalarının bitki boyu, koçan yüksekliği, koçan sayısı ve tane koçan oranı üzerine etkileri

Selenit ve selenat uygulamalarında bitki boyu değerleri sırasıyla 2013 yılında 218-230 cm ve 213-223, 2014 yılında ise 244-249 cm ve 244-251 cm, koçan yükseklikleri ise sırasıyla 2013 yılında 89-94 cm ve 86-91 cm, 2014 yılında ise 101-107 cm ve 100-106 cm arasında değişmiştir (Tablo 4). Selenyum uygulamaları istatistiksel açıdan bitki boyu ve koçan yüksekliği değerlerini etkilememiştir. Selenyum uygulamaları bitkilerde, örneğin buğdayda (Çakmak ve ark., 2009) ve mısırdaki (Chilimbia ve ark., 2012) tane verimi ve diğer bitkisel özellikleri etkilememekte, tanenin Se konsantrasyonunu ise etkileyerek arttırmaktadır. Tüsüz (1995) bitki boyu ve koçan yüksekliği değerlerinin sırasıyla 150-260 cm ve 85-170 cm; Konak ve ark. (1998) 264.5-308.5 cm ve 103.5-127.0 cm; Kabakçı ve Tanrıverdi (1999) 197.3- 233.3 cm ve 89.6-117.9 cm; Tanrıverdi (1999) 179.6-202.1 cm ve 86.8-96.5 cm ve Coşkun ve ark. (2014) 245.5-297.7 cm ve 83.75-134.25 cm arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

Selenit ve selenat uygulamalarında koçan sayısı değerleri sırasıyla 2013 yılında 62-70 adet parsel⁻¹ ve 64-72 adet parsel⁻¹, 2014 yılında ise 72-79 adet parsel⁻¹ ve 76-82 adet parsel⁻¹ arasında değişmiştir (Tablo 4). Selenyum uygulamaları istatistiksel açıdan koçan sayısı değerlerini etkilememiştir. Koçan sayısı değerleri parsellerin ortasındaki iki sıradan alınmış olup ekim mesafesine ve bitki sayısına göre hesap edildiğinde bitki başına koçan sayısı değerinin selenit uygulamalarında 1.16-1.27, selenat uygulamalarında ise 1.09-1.21 arasında değiştiği, bu değerlerinde Konak ve ark. (1998) ile uyum içerisinde olduğu anlaşılmaktadır.

Tane/koçan oranı değerleri selenit ve selenat uygulamalarında sırasıyla 2013 yılında %78.81-81.58 ve %80.01-91.97, 2014 yılında ise %84.54-91.96 ve %86.13-90.36 arasında değişmiştir (Tablo 4). Selenyum seviyeleri istatistiksel açıdan tane/koçan oranı değerlerini etkilememiştir. Tüsüz (1995) tane/koçan oranı değerlerinin %67-84; Konak ve ark. (1998) %77.78- 85.68; Coşkun ve ark. (2014) %78.75-87.75 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Selenit uygulamalarında dekara verim değerleri 2013 yılında 690-769 kg da⁻¹, 2014 yılında ise 993-1153 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Selenat uygulamalarında ise 2013 yılında 570-713 kg da⁻¹, 2014 yılında ise 1042-1202 kg da⁻¹ arasında değişmiştir (Tablo 4). Her iki uygulamada da selenyum istatistiksel açıdan verim değerlerini etkilememiştir. Araştırmadan elde edilen bu bulgu birçok araştırma ile uyum içerisinde (Çakmak ve ark., 2009; Chilimbia ve ark., 2012). Chilimbia ve ark. (2012) selenyum uygulamalarının tane ve silajlık mısırdaki verimi etkilemediğini, çeşitlere göre tane mısır veriminin 2764-7009 kg ha⁻¹, silaj mısır veriminin de 4758-15792 kg ha⁻¹ arasında değiştiğini, selenyum uygulamaları ile tane ve silaj selenyum içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir. Wang ve ark. (2013) topraktan ve yapraktan Na₂SeO₃ formunda Se uygulamalarının mısır tane ve silaj verimini etkilemediğini, topraktan ve yapraktan uygulamada sırasıyla 2009 yılında 5.41-9.13 t ha⁻¹ ve 6.15-9.91 t ha⁻¹, 2010 yılında ise 7.93-12.25 t ha⁻¹ ve 9.58-17.05 t ha⁻¹ verim aldıklarını bildirmektedir.

Tablo 4. Selenyum uygulamalarının bitki boyu, koçan yüksekliği, koçan sayısı ve tane/koçan oranı üzerine etkileri

Selenyum kaynağı	Uygulama seviyeleri	Bitki boyu (cm)			Koçan yüksekliği (cm)			Koçan sayısı (adet parsel ⁻¹)			Tane/koçan oranı (%)			Dekara verim (kg da ⁻¹)			1000 dane ağırlığı (g)		
		2013	2014	ORT	2013	2014	ORT	2013	2014	ORT	2013	2014	ORT	2013	2014	ORT	2013	2014	ORT
Sodium selenit	0 g ha ⁻¹	226	246	236	93	103	98	65	79	72	81.58	87.98	84.78	751	1153	952	335	328	332
	5 g ha ⁻¹	220	248	234	92	107	100	70	76	73	80.84	91.96	86.40	759	1085	615	347	363	355
	10 g ha ⁻¹	230	249	240	91	105	98	69	75	72	80.26	87.14	83.70	769	1055	912	329	344	337
	15 g ha ⁻¹	225	244	235	91	101	96	67	72	70	78.81	89.97	84.39	720	993	857	328	328	328
	25 g ha ⁻¹	228	244	236	91	103	97	68	74	71	80.15	90.12	85.14	750	1085	918	328	334	331
	50 g ha ⁻¹	225	248	237	94	105	100	62	78	70	81.58	90.74	86.16	743	1092	918	333	341	337
	75 g ha ⁻¹	227	247	237	91	106	99	66	78	72	80.95	84.54	82.75	690	1130	910	360	317	339
	100 g ha ⁻¹	218	247	233	89	106	98	66	79	73	80.35	86.67	83.51	734	1140	937	330	330	330
Sodium selenat	0 g ha ⁻¹	218	244	231	87	106	96	64	78	71	80.80	87.55	84.18	595	1202	899	312 bc	356	334
	5 g ha ⁻¹	213	247	230	86	103	95	72	79	75	85.63	86.29	85.96	638	1150	894	337 a	345	341
	10 g ha ⁻¹	220	244	232	88	100	94	65	71	68	83.37	90.36	86.87	613	1042	828	332 ab	338	335
	15 g ha ⁻¹	223	247	235	89	104	96	68	82	75	83.31	86.13	84.72	593	1125	859	321 ab	328	325
	25 g ha ⁻¹	222	245	234	91	104	98	65	76	71	80.01	88.91	84.46	570	1106	838	335 ab	327	331
	50 g ha ⁻¹	223	247	235	88	101	95	67	77	72	91.97	86.53	89.25	713	1078	896	296 c	351	324
	75 g ha ⁻¹	216	251	234	89	104	97	66	82	74	86.00	88.93	87.47	625	1063	844	321 ab	325	323
	100 g ha ⁻¹	217	247	232	86	105	96	64	82	73	83.59	88.70	86.15	640	1131	885	321 ab	331	326

Hidroponik sulama suyuna Se eklenmesi ile mısır bitkisinde (Longchamp ve ark., 2013) ve marulda (Duma ve ark., 2011) verimin artmadığı, 60 g Se ha⁻¹ oranına kadar selenyum ile tohum muamelesinin üç çim çeşidinde de verimi etkilemediği (Cartes ve ark., 2005) görülmüş, buğdayda (Broadley ve ark., 2010), sarımsakta (Poldma ve ark., 2011) ve mısırdaki tane ve silaj (Chilimba ve ark., 2012) veriminin artmadığı tespit edilmiştir. Çetin (1996) Harran Ovasında tane veriminin 491-1015 kg da⁻¹; Kabakçı ve Tanrıverdi (1999) 534-1406 kg da⁻¹, Tanrıverdi (1999) 453-1093 kg da⁻¹; Dok (2005) ise 683-967 kg da⁻¹; Coşkun ve ark. (2014) 797-1429 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Selenit uygulamalarında istatistiksel açıdan 1000 tane ağırlığı değerlerini etkilememiştir. 1000 tane ağırlığı değerleri 2013 yılında 325-360 g, 2014 yılında ise 317-363 g arasında değişmiştir. Selenat uygulamalarında 1000 tane ağırlığı 2013 yılında 296-337 g, 2014 yılında 325-356 g arasında değişmiştir. 2013 yılında konular arasında istatistiki yönden fark oluşmuş, en yüksek değer 5 g Se ha⁻¹ uygulamasından, 2014 yılında ise 0 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 4). Araştırmalara göre selenyum uygulamaları bitkilerde verimi ve diğer bitkisel özellikleri etkilememekte, tanenin Se konsantrasyonunu ise etkileyerek arttırmaktadır (Çakmak ve ark., 2009; Chilimbia ve ark., 2012). Ancak birkaç çalışma Se uygulamasının bitkiyi olumlu etkilediğini göstermektedir (Rengel ve ark., 1999; Germ ve ark., 2007; Turakaina, 2007; Lyons ve ark., 2009; Sajedi ve ark., 2011). Bu çalışmalara göre bitkilerde Se uygulamaları antioksidan aktivitesinin ve solunum potansiyelinin artması nedeniyle pozitif etkili olabilmektedir. Bitkilerde bir çok faktör Se etkinliğini artırarak etkilemektedir. Bu faktörler toprak ve iklim koşullarının yanısıra Se uygulama zamanı, oranı, metodu, Se formu ve bitki türü olarak sıralanabilir. Çetin (1996) bin tane ağırlığının 229-307g; Konak ve ark. (1998) 360-471 g; Tanrıverdi (1999) 289-370 g arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

Uygulamalarının tanenin selenyum, protein ve yağ içeriği üzerine etkileri

Topraktan yapılan sodyum selenit uygulamaları tanedeki selenyum değerlerini istatistiki olarak etkilememiştir. Farklı selenyum seviyelerinde tanedeki toplam selenyum değerleri 19-22 µg kg⁻¹ arasında değişmiş olup en yüksek değer 100 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 5).

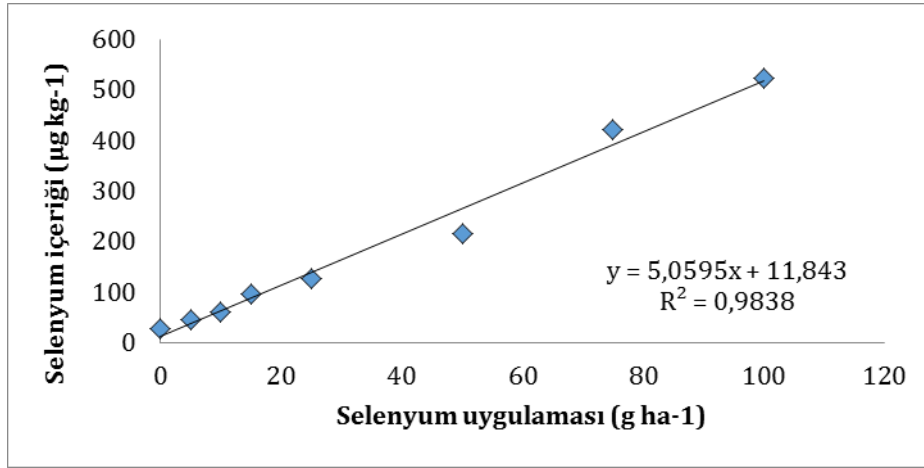
Tablo 5. Selenyum uygulamalarının tanenin selenyum, protein ve yağ içeriği üzerine etkileri

Selenyum kaynağı	Uygulama seviyeleri	Tanenin protein İçeriği (%)			Tanenin yağ içeriği (%)			Tanenin selenyum içeriği (µg kg ⁻¹)		
		2013	2014	ORT	2013	2014	ORT	2013	2014	ORT
Sodium selenit	0 g ha ⁻¹	6.58 bc	6.90	6.74	5.76	3.32	4.54	20	18	19a
	5 g ha ⁻¹	6.72bc	7.99	7.36	5.51	3.44	4.48	21	21	21a
	10 g ha ⁻¹	7.68a	7.20	7.44	6.08	3.60	4.84	21	21	21a
	15 g ha ⁻¹	7.07ab	7.52	7.30	5.61	3.45	4.53	22	22	22a
	25 g ha ⁻¹	5.98c	7.65	6.82	4.69	3.37	4.03	21	22	22a
	50 g ha ⁻¹	6.13c	7.83	6.98	5.08	3.43	4.26	22	22	22a
	75 g ha ⁻¹	6.36bc	7.12	6.74	5.14	3.41	4.28	22	21	22a
	100 g ha ⁻¹	6.36bc	7.02	6.69	5.10	3.42	4.26	22	22	22a
Sodium selenat	0 g ha ⁻¹	6.14	7.77	6.96	5.23	3.95	4.59	30	23	27c
	5 g ha ⁻¹	6.64	7.93	7.29	5.28	4.13	4.71	44	47	46c
	10 g ha ⁻¹	7.07	8.13	7.60	5.26	4.01	4.64	57	53	55c
	15 g ha ⁻¹	6.29	8.12	7.21	4.78	3.71	4.25	57	173	115c
	25 g ha ⁻¹	5.93	8.19	7.06	4.43	3.88	4.16	86	165	125bc
	50 g ha ⁻¹	5.96	8.57	7.27	4.86	3.62	4.24	164	265	214b
	75 g ha ⁻¹	5.73	8.55	7.14	5.17	3.59	4.38	209	631	420a
	100 g ha ⁻¹	5.93	8.89	7.41	4.88	3.87	4.38	306	741	523a

Allloway (1968); Adams ve ark. (2002); Broadley ve ark. (2007)'a göre hem insan hem de hayvanların yeterli beslenmesi için tüketilen gıdalarda Se konsantrasyonunun 100-1000 µg kg⁻¹ arasında olması arzu edilmektedir. Miller ve ark. (1991) hayvan beslemede kullanılacak yemlerde en az 0.1-0.3 mg kg⁻¹ Se olması gerektiğini, 0.1-1 mg kg⁻¹ Se düzeyinin yeterli olduğunu, >5 mg kg⁻¹ toksik etki gösterdiğini belirtmektedir. Çalışmada tanedeki selenyum değerleri kontrol grubuna göre topraktan sodyum selenit uygulaması ile artmış, ancak selenyum birikimi insan ve hayvan beslenmesi açısından yeterli düzeyde olmamıştır, bunun da araştırmanın yapıldığı bölge topraklarının ağır bünyeli olması nedeniyle selenyumun toprakta tutunuyor olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Wang ve ark. (2013)'e göre kıyaslama yapılırsa araştırmamızda uygulanan seviyelerin tanenin Se içeriğini insan ve hayvan beslenmesi için uygun seviyede arttırmada düşük kaldığı düşünülmektedir. Wang ve ark. (2013)'e göre topraktan sodyum selenit

uygulamalarında 0 g Se ha⁻¹ ile 600 g Se ha⁻¹ seviyeleri arasındaki dozlarda yapılan uygulamalar sonucunda tanenin selenyum içeriğinin 3.7 µg kg⁻¹ dan 206 µg kg⁻¹ a kadar artmaktadır.

Yapraktan yapılan sodyum selenat uygulamaları tanedeki selenyum değerlerini istatistiki olarak etkilemiştir. Farklı selenyum seviyelerinde tanedeki toplam selenyum değerleri 27-523 µg Se kg⁻¹ arasında değişmiş, en yüksek değer 100 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 5 ve Şekil 1). Selenat uygulamaları tanede selenyum birikimi açısından etkili olmuştur. 15 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 96 µg kg⁻¹ selenyumun tanede biriktiği, 25 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 125 µg kg⁻¹, 50 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 214 µg kg⁻¹, 75 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 420 µg Se kg⁻¹ ve 100 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 523 µg kg⁻¹ selenyum birikiminin olduğu görülmektedir. Tanedeki selenyum düzeylerinin [Alloway \(1968\)](#); [Miller ve ark. \(1991\)](#); [Adams ve ark. \(2002\)](#) ve [Broadley ve ark. \(2007\)](#)'e göre hem insan hem de hayvan beslenmesi için uygun düzeyde olduğu görülmektedir. Ancak yetişkinler için 50-200 µg Se gün⁻¹ düzeyinde selenyum alımı güvenli ve yeterli kabul edilmekte, tolere edilebilir selenyum alım seviyesi ise 400 µg Se gün⁻¹ olarak belirtilmektedir ([Nas, 2000](#)). Bu nedenle hem insan hem de hayvanların selenyum beslenmesi bakımından mısır tanesinde selenyum birikimi açısından sodyum selenat uygulamalarından 15 g Se ha⁻¹, 25 g Se ha⁻¹ ve 50 g Se ha⁻¹ seviyelerinin uygulanması önerilebilir. Selenit ve selenat uygulamalarında tanedeki selenyum değerlerinin artması açısından elde edilen sonuçlar araştırmacılar ile uyum içerisindedir ([Curtin ve ark., 2006](#); [Eurola ve ark., 2006](#); [Zang ve ark., 2011](#); [Chilimbia ve ark., 2012](#); [Chilimbia ve ark., 2012a](#); [Wang ve ark., 2013](#)).



Şekil 1. Sodyum selenat uygulamalarında mısır tanesinin selenyum içeriği

Sodyum selenit uygulamalarında yıllar toplu olarak değerlendirildiğinde konular arasında istatistiki olarak fark oluşmazken yılkonu interaksyonu önemli çıktığından yıllar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tanenin protein içeriğinde en yüksek oran %7.68 ile 2013 yılında 10 g Se ha⁻¹ uygulamasından, 2014 yılında ise %7.99 ile 5 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir. Selenat uygulamalarında yıllar toplu olarak değerlendirildiğinde konular arasında istatistiki olarak fark oluşmazken tane mısırdaki protein oranı %6.96-7.60 arasında değişmiştir. En yüksek protein oranı 10 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 5). [White ve Johnson \(2003\)](#) mısır tanesinin %6-12 protein içerdiğini bildirmektedir.

Selenyum uygulamaları istatistiksel açıdan yağ oranı değerlerini etkilememiştir. Selenit ve selenat uygulamalarında sırasıyla değerler 2013 yılında %4.69-6.08 ve 4.43-5.28, 2014 yılında ise %3.32-3.60 ve 3.59-4.13 arasında değişmiştir. En yüksek yağ oranı selenit uygulamalarında 10 g Se ha⁻¹, selenat uygulamalarında ise 5 g Se ha⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 5). [Kün \(1985\)](#) mısır tanesindeki yağ oranının %4-7 arasında değiştiğini, [Anonim \(2001\)](#) ise mısır tanesinde genel olarak %4.0-4.5 oranında yağ bulunduğunu ifade etmektedir.

Sonuç

Tane mısırdaki topraktan uygulanan sodyum selenit ile yapraktan uygulanan sodyum selenat uygulamalarının bitkisel özellikler üzerine etkileri irdelenecek olursa; kontrol grubuna göre kıyaslama yapıldığında uygulamalarının tane mısırdaki yatma, bitki görünümü, koçan ucu kapallığı, koçan görünümü ve rastıklı bitki sayısı üzerine herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. Ayrıca selenyum uygulamaları istatistiksel açıdan bitki boyu, koçan yüksekliği, koçan sayısı ve tane/koçan oranı, dekara verim ve tanenin yağ içeriği değerlerini etkilememiştir. 1000 dane ağırlığı ile tanenin protein içeriği değerleri incelendiğinde uygulama konuları arasında istatistiki olarak fark oluşmazken, 1000 dane ağırlığı için selenat uygulamalarında, protein içeriği için ise selenit uygulamalarında yılkonu interaksyonu önemli çıkmıştır. Yapılan araştırmalara göre

selenyum uygulamaları bitkilerde verimi ve diğer bitkisel özellikleri etkilememekte, tanenin Se konsantrasyonunu ise etkileyerek arttırmaktadır (Çakmak ve ark., 2009; Chilimbia ve ark., 2012). Ancak birkaç çalışma Se uygulamasının bitkiyi olumlu etkilediğini göstermektedir (Germ ve ark., 2007; Turakaina, 2007; Lyons ve ark., 2009; Sajedi ve ark., 2011). Bu çalışmalarda bitkilerde Se uygulamalarının antioksidan aktivitesinin ve solunum potansiyelinin artması nedeniyle pozitif etkili olabileceği ileri sürülmektedir.

Topraktan yapılan sodyum selenit uygulaması ile tanedeki selenyum içeriğinin yeteri düzeyde artmadığı çalışma sonucunda elde edilen en önemli bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Allloway (1968); Adams ve ark. (2002); Broadley ve ark. (2007)'a göre hem insan hem de hayvanların yeterli beslenmesi için tüketilen gıdalarda Se konsantrasyonunun 100-1000 µg kg⁻¹ arasında olması arzu edilmektedir. Miller ve ark. (1991) hayvan beslemede kullanılacak yemlerde en az 0.1-0.3 mg kg⁻¹ Se olması gerektiğini, 0.1-1 mg kg⁻¹ Se düzeyinin yeterli olduğunu, >5 mg kg⁻¹ toksik etki gösterdiğini belirtmektedir. Tanedeki selenyum değerlerinin araştırmacılar ile karşılaştırıldığında, tanedeki selenyum değerlerinin insan ve hayvan beslenmesi için gerekli değerlerden düşük olduğu görülmektedir. Bunun da araştırmanın yapıldığı bölge topraklarının ağır bünyeli olması nedeniyle selenyumun toprakta tutunuyor olmasından kaynaklanabileceği ve ayrıca Wang ve ark. (2013)'e göre kıyaslama yapılırsa araştırmamızda uygulanan seviyelerin tanenin Se içeriğini arttırmada düşük kaldığı düşünülmektedir. Wang ve ark. (2013)'e göre topraktan sodyum selenit uygulamalarında 0 g ha⁻¹ ile 600 g Se ha⁻¹ seviyeleri arasındaki dozlarda yapılan uygulamalar sonucunda tanenin selenyum içeriğinin 3,7 µg kg⁻¹ dan 206 µg kg⁻¹'a kadar artmaktadır.

Yapraktan sodyum selenat uygulamasının ise tanenin Se içeriğini etkilediği, selenyum uygulamaları ile tanedeki Se içeriklerinin arttığı görülmektedir. Selenat uygulaması ile tanedeki selenyum içeriğinin gerek insan gerekse hayvanların selenyum beslenmesi açısından yeterli düzeyde (en yüksek değer: 100 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 523 µg Se kg⁻¹) artması çalışma sonucunda elde edilen en önemli bir diğer bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Selenat uygulamasının tanede selenyum birikimi açısından etkili olduğu, 15 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 96 µg kg⁻¹ selenyumun tanede biriktiği, 25 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 125 µg kg⁻¹, 50 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 214 µg kg⁻¹, 75 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 420 µg kg⁻¹ ve 100 g Se ha⁻¹ uygulaması ile 523 µg kg⁻¹ selenyum birikiminin olduğu, selenyum düzeylerinin hem insan hem de hayvan beslenmesi için uygun düzeyde olduğu görülmektedir. Ancak yetişkinler için 50-200 µg Se gün⁻¹ düzeyinde selenyum alımı güvenli ve yeterli kabul edilmekte, tolere edilebilir selenyum alım seviyesi ise 400 µg Se gün⁻¹ olarak belirtilmektedir (NAS, 2000). Bu nedenle hem insan hem de hayvanların selenyum beslenmesi açısından tane mısırdan tanede selenyum birikimi açısından sodyum selenat uygulamalarından 15 g Se ha⁻¹, 25 g Se ha⁻¹ ve 50 g Se ha⁻¹ seviyelerinin uygulanması önerilebilir.

Topraktan uygulanan sodyum selenit ile yapraktan uygulanan sodyum selenat uygulamalarının tane mısırın bazı bitkisel özellikleri ile tanenin selenyum, protein ve yağ içeriği üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma sonucunda; selenyum uygulamalarının bitkisel özellikleri ve dane verimini etkilemediği, uygulamaların özellikle tanenin selenyum içeriği açısından etkili olduğu ve bu konuda yapraktan sodyum selenat uygulamalarının daha etkin olduğu açıkça görülmektedir.

Kaynaklar

- Adams ML, Lonbi E, Zhao F J, Mcgrath SP, 2002. Evidence of low selenium concentrations in UK bread-making wheat grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 1160-1165.
- Anonim 2001. Ohio Agronomy Guide. Corn Production, Ohio State Univ., Extension Service, Bull., OH, USA., 472, 25 p.
- Black CA, 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wilconsin, USA, pp. 1372-1376.
- Bouyoucos GJ, 1951. Recalibration of the hydrometer for marking mechanical analysis of soil. *Argonomy Journal* 43: 433-437.
- Broadley MR, White PJ, Bryson RJ, Meacham MC, Bowen HC, Johnson SE, Hawkesford MJ, Mcgrath SP, Zhao FJ, Breward N, Harriman M, Tucker M, 2007. Biofortification of UK food crops with selenium. *Proc. Nutr. Soc.* 65: 169-181.
- Broadley MR, Alcock J, Alford J, Cartwright P, Foot I, Fairweather-Tait SJ, Hart DJ, Hurst R, Knott P, Mcgrath SP, Meacham MC, Norman K, Mowat H, Scott P, Stroud JL, Tovey M, Tucker M, White PJ, Young SD, Zhao FJ, 2010. Selenium biofortification of high-yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid on granular Se. *Plant and Soil* 332: 5-18.
- Cartes P, Gianfreda L, Mora ML, 2005. Uptake of Selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenite and selenite forms. *Plant and Soil* 276: 359-367.
- Chilimba ADC, Young SD, Black CR, Meacham MC, Lammel J, Broadley MR, 2012. Agronomic biofortification of maize with selenium (Se) in Malawi. *Field Crop Research* 125: 118-128.

- Curtin D, Hanson R, Lindley TN, Butler RC, 2006. Selenium concentration in wheat (*Triticum aestivum* L.) grain as influenced by method, rate and timing of sodium selenate application. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 34 (4): 329-339.
- Çakmak İ, Öztürk L, Başağa H, Çekiç C, Taner S, Irmak S, Geren H, Kılıç H, Aydın N, Avcı M, Gezgin S, 2009. Türkiye’de seçilmiş bölgelerde buğdayların ve toprakların selenyum konsantrasyonunun araştırılması, selenyum gübrelemesine buğdayın reaksiyonu ve selenyumca zengin genotiplerin fizyolojik olarak karakterizasyonu. Proje No: 105 0 637. Tübitak Sonuç Raporu.
- Çetin Ö, 1996. Harran Ovası koşullarında ikinci ürün mısır su gereksinimi. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araşt. Enst. Müd. Yayınları, Yayın No: 90, Rapor Serisi No: 63, s: 46.
- Coşkun Y, Coşkun A, Koşar İ, 2014. Bazı at dışı mısır çeşitlerinin Harran Ovası ikinci ürün koşullarına adaptasyonu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(4): 454-461.
- David JG, 1995. Diagnosing selenium toxicity, Colorado State University Cooperative Extension.
- Deliboran A, 2016. Selenyum, bitki, hayvan ve insan sağlığı. *Bilinçli Yaşam Dergisi*, Ocak 2016, Sayı: 12, ISSN 2149-147X.
- Dok M, 2005. Harran Ovasında ana ve ikinci ürün mısır yetiştiriciliğinde bazı mısır çeşitlerinin verim ve verim unsurları üzerine araştırmalar. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23 Eylül, Şanlıurfa, s. 861-866.
- Duma M, Alsina I, Dubova L, Stroksa L, Smiltina Z, 2011. The Effect of sodium selenite and selenite on the quality of lettuce. In: Conference proceedings of the 6th Baltic Conference on Food Science and Technology Foodbalt, Jelgava, Latvia.
- Eriksson J, 2001. Concentrations of 61 trace elements in sewage sludge, farmyard manure, mineral fertilizer, precipitation and in oil and crops. Report 5159, The Swedish Environmental Protection Agency.
- Eurola MH, Ekholm PI, Ylinen ME, Varo PT, Koivistoinen PE, 2006. Selenium in finnish foods after beginning the use of selenate-supplemented fertilisers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 56: 57-70.
- Emeklier Y, 2002. Altın tanesi mısırın kimyası ve endüstride kullanımı. Üretimden Tüketime Mısır Paneli Tebliği, 100-125. T.C. Sakarya Valiliği, 19 Aralık 2002, Sakarya.
- Germ M, Stibilj V, Osvald J, Kreft I, 2007. Effect of selenium foliar application on chicory (*Cichorium intybus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 795-798.
- Kabakçı Y, Tanrıverdi M, 1999. Harran Ovası koşullarında yetiştirilebilecek ikinci ürün mısır çeşitlerinin belirlenmesi. Harran Tarımsal Araşt. Enst. Müd. 1997-1998 Yılı Faaliyet Raporları, Akçakale, Şanlıurfa.
- Kacar B, 1995. Plant and soil chemical analysis, III. Soil analysis. University Faculty of Agriculture, Educational Research and Development Foundation Publication No: 3, Ankara.
- Konak C, Turgut İ, Serter E, 1998. Büyük Menderes Vadisi II. ürün koşullarında yetiştirilen melez mısır çeşitlerinin verim ve bazı agronomik özellikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 11(1): 11-20.
- Kün E, 1985. Sıcak iklim tahılları. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 953, Ders Kitabı No: 275, Ankara, s. 317.
- Lindsay WL, Norwell WA, 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society America Journal* 42: 422-428.
- Longchamp M, Angeli N, Castrec-Rouelle M, 2013. Selenium uptake in zea mays supplied with selenate or selenite under hydroponic conditions. *Plant and Soil* 362 (1-2): 107-117.
- Lyons GH, Genc Y, Soole K, Stangoulis J, Liu F, Graham RD, 2009. Selenium increases seed production in Brassica. *Plant and Soil* 318: 73-80.
- Marschner H, 1995. Mineral nutrition higher plants, Second Edition, ed: Academic Press, London.
- Miller E, Lei RX, Ullrey D E, 1991. Trace elements in animal nutrition. In: Micronutrients in Agriculture, 2 Ed, (J, Mortvedt, F, R, Cox, L, M, Shuman and R, M, Welch, Eds.). SSSA Book Series No: 4, Madison, WI, USA, pp: 593-662.
- Mikkelsen RL, Page AL, Bingham FT, 1989. Factors affecting selenium accumulation by agricultural crops. In: Selenium Agriculture and the Environment, ed: L,W, Jacobs, Spec, Publ., 23. Am. Soc. Agron., Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI, p: 65.
- NAS, 2000. Institute of medicine, food and nutrition board. “Dietary reference intakes, vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids”, National Academy Press, Washington D.C. ISBN-10: 0-309-06949-1, ISBN-10: 0-309-06935-1.
- Olsen SR, Sommers EL, 1982. Phosphorus soluble in sodium bicarbonate. Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, Edit: A, 1. page, R, H, Miller, D, R, Keeney, pp: 404-430.
- Özcan S, 2009. Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (Transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 2(2): 01-34.
- Poldma P, Tönutare T, Viitak A, Luik A, Moor U, 2011. Effect of selenium treatment on mineral nutrition, bulb size and antioxidant properties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 5498-5503.
- Rengel Z, Batten GD, Crowley DE, 1999. Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. *Field Crops Research* 60: 27-40.
- Sajedi N, Ardakani M, Madani H, Naderi A, Miransari M, 2011. The effects of selenium and other micronutrients on the antioxidant activities and yield of corn (*Zea Mays* L.) under drought stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 17: 215-222.
- Sangbom ML, Laurence IH, Michael R, Ross MW, Leon VK, Li L, 2005. Molecular and biochemical characterization of the selenocysteine Se-methyltransferase gene and Se-methylselenocysteine synthesis in broccoli. *Plant Physiology* 138 (1): 409-420.

- Seppanen M, Turakainen M, Hartikainen H, 2003. Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Science* 165 (2): 311-319.
- Shamberger RJ, 1984. Selenium. In: Friend, E, Editor, *Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements*, Plenum Press, 201-237, NewYork.
- Surai PF, 2000. Organic selenium: benefits to animals and humans, a biochemist's view. *Proceedings of the 15th Annual Biotechnology in the Feed Industry Symposium*, pp: 205-242.
- Tanrıverdi M, 1999. Harran Ovası şartlarında farklı ekim zamanlarının ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde verim, verim unsurları ve fizyolojik özelliklere etkisi. Yüksek Lisans Tezi, K.S.Ü. Fen Bil. Enst. Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Turakainen M, 2007. Selenium and its effects on growth, yield and tuber quality in potato. Doctoral Thesis, University of Helsinki, Finland.
- Tüzüner A, 1990. Soil and water analysis handbook. Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Affairs General Directorate of Rural Services, Ankara, p. 16.
- Tüsüz MA, 1995. Akdeniz Bölgesinde ikinci ürüne uygun hibrit beyaz mısır ıslahı. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 8(1): 44-51.
- Wang J, Wang Z, Mao H, Zhao H, Huang D, 2013. Increasing Se concentration in maize grain with soil-or foliar-applied selenate on the Loess Plateau in China. *Field Crops Research* 150: 83-90.
- White PJ, Johnson LA, 2003. Corn chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- Xue TL, Hartikainen H, 2000. Association of antioxidative enzymes with the synergistic effect of selenium and uv irradiation in enhancing plant growth. *Agricultural and Food Science* 9: 177-186.
- Zang L, Li Q, Yang X, Xia Z, 2011. Effects of sodium selenite and germination on the sprouting of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and its content of selenium, formononetin and biochanin in the sprouts. *Biological Trace Elements Research* 146: 376-380.