

Lycopersicon esculentum Mill. Fideciklerine Selenyum Etkilerinin Analitik ve Mikro Analitik Yöntemler ile İncelenmesi

Güler ÇOLAK¹
Necmettin CANER¹

M. Celalettin BAYKUL²
Ercan ÇATAK¹

Remzi GÜRLER³
Süleyman TOKUR⁴

¹Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir

²Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Eskişehir

³Osmangazi Üniversitesi, Metalurji Enstitüsü, Eskişehir

⁴Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Eskişehir

Özet: Bu çalışmada Murashige-Skoog temel besi ortamlarında yetiştirilen 17 gün yaşlı *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin besin çözeltilerinden bazı makro ve mikro besin elementleri alım düzeyleri ile söz konusu bitki besin elementlerinin kökçük, hipokotil ve kotiledonlardaki mobilizasyonu üzerine artan selenyum konsantrasyonlarının etkileri analitik ve mikro analitik yöntemler ile incelendi. Çalışmamızda besin çözeltilerine artan konsantrasyonlarda selenyum uygulanması fideciklerin toplam azot, potasyum, kalsiyum ve demir alımlarında düşümlere neden olurken, selenyum uygulanan serilerde molibden alımının tümüyle inhibe edildiği görüldü. 1, 10 ve 50 ppm selenyum konsantrasyonlarında fideciklerin fosfor ve kobalt içerikleri, 1 ve 10 ppm selenyum konsantrasyonlarında magnezyum içerikleri ve 1 ppm selenyum konsantrasyonunda da sodyum içerikleri kontrol grup değerinden yüksek iken, daha yüksek selenyum konsantrasyonlarında fideciklerin söz konusu element içeriklerinde düşüşler kaydedildi. Kökçük, hipokotil ve kotiledon epidermal hücrelerinin bazı makro ve mikro besin elementleri içeriklerinin de selenyum uygulamalarına bağlı olarak değiştiği saptandı.

Anahtar Kelimeler: *Lycopersicon esculentum*, Selenyum, Bitki Besin Elementleri

Investigation of Selenium Effects to the *Lycopersicon esculentum* Mill. Seedlings by Analytic and Micro Analytic Methods

Abstract: In that study, effects of the selenium concentrations to the seventeen days old *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. H-2277 (tomato) seedlings which were grown in Murashige-Skoog basal nutrient medium to the absorption levels of some macro and micro nutrient elements and the mobilization in the root, the hypocotyl and the cotyledons, have been investigated by analytic and micro analytic methods. As the amount of added selenium to the nutrient solutions was increased, the absorption of iron, calcium, potassium and nitrogen for the seedlings was decreased the selenium was added to the series. It was observed that the absorption of molibden entirely was inhibited. As the contents of phosphorus and cobalt in the selenium concentrations of seedlings for 1, 10 and 50 ppm, the contents of magnesium in the selenium concentrations of 1 and 10 ppm and the selenium concentration of 1 ppm were higher than the control groups, the contents of elements which were defined above in the higher concentrations of selenium decreased the contents of some macro and micro nutrient elements of the root, the hypocotyl and cotyledon epidermal cells were determined that they vary according to the application of selenium.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, Selenium, Plant Nutrient Elements

Giriş

Toprakta selenyumun kimyasal şekli çoğunlukla redoks potansiyeli ve toprak pH'sı ile kontrol edilir (Mayland ve ark. 1990). Alkalin toprak pH'larının bitkilerin özellikle molibden ve selenyum alımlarını arttırdığı bilinmektedir (Chaney ve ark. 1994). Bir çalışmada bitkilerin selenyum konsantrasyonlarının, bitkilerin kükürt içerikleri, toprakların toplam ve yarıyıllı selenyum, CaCO₃, mil ve kil içerikleri ile ilişkili olduğu, toprakların toplam ve yarıyıllı selenyum içeriklerinin ise

tuzluluk, CaCO₃, kum ve mil içeriklerine önemli ölçüde bağlı olduğu bildirilmektedir (Dhillon ve ark. 1992). *Lotus corniculatus*, *Trifolium subterraneum*, *Taraxacum densleonis*, *Helminthia echioides* ve *Trifolium repens* ile yapılan bir başka çalışmada bitkilerin selenyum konsantrasyonlarının kaolinit tekstürlü topraklarda 6 ppm kadar yüksek olabildiği, buna karşın kumlu ve killi topraklarda 0.05 ppm ve kireçli topraklarda ise 1.18 ile 0.01 ppm arasında değiştiği saptanmıştır (Arvy, 1992).

Selenyum bitkiler için genellikle toksik bir element olarak tanımlanmaktadır (Semiz, 1984). Bir görüşe göre bitkilerde selenyum çoğunlukla azot, fosfor, kükürt, mangan, çinko, bakır, demir, kadmiyum ve amino asitlere antagonisttir, keza aynı görüşe göre arttırılmış selenyum konsantrasyonlarının bitkilerde ağır metal alımını da arttırması muhtemeldir (Aller ve ark. 1990). *Phaseolus vulgaris* fidecikleri ile yapılan bir çalışmada selenyum uygulaması lipoksigenaz aktivitesini ve lipit peroksidaz seviyelerini arttırırken, katalaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidant enzim sistemlerini inhibe etmiş, aynı çalışmada selenyum uygulamalarına bağlı olarak klorofil (a+b) içeriği azalırken, sitokrom P-450 seviyeleri ise artış göstermiştir. Araştırmacıların bu çalışmalarında selenyumun klorofil sentezi üzerindeki inhibe edici etkisi; antioksidant savunma sistemi unsurlarının inhibisyonu ve lipoksigenaz vasıtasıyla olan lipit peroksidaz seviyeleri ile biosentetik enzim unsurları üzerindeki etkilerinin bir sonucu olarak açıklanmaktadır (Padmaja, 1995). *Hydrilla verticillata* ile yapılan benzer bir çalışmada da 0.1 mg/l selenyum uygulaması ile birlikte peroksidaz aktivitesinde önemli bir artışa işaret edilmektedir (Byl ve ark. 1994). Wu ve ark., *Melilotus indica*'da simbiyotik azot fiksasyonu aktivitesi üzerine artan selenyum konsantrasyonlarının etkilerini inceledikleri çalışmalarında, bitkilerin büyüme oranlarında azalma göstermeksizin 500 µg/g selenyum biriktirebildiklerini, nodül oluşturmeyen bitkilerin ise daha büyük miktarlarda selenyum alabildiklerini ve selenyum toksisitesine çok daha hassas olduklarını, keza simbiyotik azot fiksasyonu aktivitesinin de artan selenyum konsantrasyonlarına konukçu bitkiden çok daha hassas olduğunu belirlemişlerdir (Wu ve ark. 1994). *Daucus carota* ile yapılan bir çalışmada toprağa selenyum ilavelerinin kök verimini azalttığı belirlenmiş, selenyum ve çinko ile ıslah edilmiş toprak alfa karoten ve lutein sentezinde bir artış ile beta karoten içeriğinde bir azalışı teşvik ederken, köklerin toplam

karotenoid içeriklerinde ise hafif bir artışa tanık olunmuştur (Biacs ve ark. 1995). Munshi ve ark., selenyuma maruz kalan *Solanum tuberosum* bitkilerinin tuberlerinde protein içeriğinin kontrollerden önemli ölçüde yüksek olduğunu (5.6 kg/ha selenyum ilavesi ile %6.7 artış), 11.2 kg/ha'dan daha fazla selenyum ilave edilmesi durumunda ise protein içeriğinin artış göstermediğini, buna karşın tuberlerdeki protein olmayan azot içeriğinin selenyum uygulamaları ile önemli ölçüde azaldığını belirlemişlerdir (Munshi ve ark. 1990).

Biz ise bu çalışmada 17 gün yaşlı *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin besin çözeltilerinden bazı makro ve mikro besin elementleri alım düzeyleri ile söz konusu bitki besin elementlerinin kökçük, hipokotil ve kotiledonlardaki mobilizasyonu üzerine artan selenyum konsantrasyonlarının etkilerini analitik ve mikro analitik yöntemler ile incelemeyi amaçladık. Böylelikle bitki fizyolojisi ve bitki biyoteknolojisi çalışmalarında sıklıkla tercih edilen ve bir model bitki olarak tanımlanan *L. esculentum* ile elde ettiğimiz bulguların selenyum-bitki besin elementi etkileşimleri ve bitkilerde selenyum kaynaklı büyüme azalmalarının fizyolojik mekanizmalarının açıklanmasında önemli bir katkısı olacağı inancındayız.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada materyal olarak *Solanaceae* familyasına ait *L. esculentum*'un bir kültür varyetesi kullanıldı. Araştırma materyalini teşkil eden *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) tohumları Eskişehir Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edildi.

Çalışmanın başlangıcında araştırma materyalini teşkil eden *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) tohumları bir seri yüzeysel sterilizasyon işlemine tabi tutuldular. Bunun için bitki tohumları öncelikle %96'lık etil alkolde 1 dakika ve %5'lik sodyum hipokloritte 35 dakika süreyle bekletildiler. Daha sonra steril saf su banyolarından geçirilmek

suretiyle sodyum hipokloritten arındırıldılar. Sterilizasyon işlemi tamamlanan bitki tohumları içlerinde filtre kağıtları bulunan steril petri kaplarına steril bir ortamda ve steril pensler yardımıyla 100'er adet olmak üzere ekildiler.

Çalışmada besin çözeltisi olarak Murashige-Skoog temel besi ortamının makro ve mikro elementleri tercih edildi (Murashige ve Skoog, 1962). Bu besin elementleri konsantrasyonları: CaCl_2 , 332.02 mg/l; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0.025 mg/l; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.025 mg/l; FeNaEDTA , 36.70 mg/l; H_3BO_3 , 6.20 mg/l; KH_2PO_4 , 170.00 mg/l; KI , 0.83 mg/l; KNO_3 , 1900 mg/l; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 370.00 mg/l; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 16.90 mg/l; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.25 mg/l; NH_4NO_3 , 1650 mg/l; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 8.60 mg/l şeklinde idi. Selenyum uygulamaları ise SeO_2 formunda selenyum içeren ve toplam 7 ayrı konsantrasyonda hazırlanan (1, 10, 50, 100, 200, 500 ve 1000 ppm) çözeltiler kullanılmak suretiyle gerçekleştirildi.

Çalışma Spektrofotometre, Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi, Alev Fotometresi ve Kjeltec Azot Cihazı ile Scanning Elektron Mikroskobu kullanılarak iki ayrı aşamada tamamlandı. Spektrofotometre, Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi, Alev Fotometresi ve Kjeltec Azot Cihazı ile yapılan ilk seri uygulamalarda her bir deneme için ayrı ayrı petri kutularına 100'erli gruplar halinde toplam 400'er adet tohumun ekimi yapıldı. İlk gruptaki 400 adet tohum kontrol grup olarak bırakıldı ve bu gruptaki tohumlara araştırma süresince yalnızca Murashige-Skoog temel besi ortamının makro ve mikro besin elementleri uygulandı. Böylelikle 17 gün yaşlı *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin inceleme kapsamına alınan makro ve mikro besin elementleri açısından genotipik alım potansiyeli belirlendi. Geri kalan 400'erli gruplar halindeki toplam 7 ayrı seriye Murashige-Skoog temel besi ortamının makro ve mikro besin elementleri ile birlikte toplam 7 ayrı konsantrasyonda hazırlanan (1, 10, 50, 100, 200, 500 ve 1000 ppm) SeO_2 çözeltileri uygulandı. Bu uygulama esnasında Murashige-Skoog besin çözeltisi miktarları uygulanan selenyum çözeltilerine eşit miktarlarda olacak şekilde ayarlandı. Spektrofotometre, Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi, Alev Fotometresi ve Kjeltec

Azot Cihazı ile yapılan analitik ölçümlerde 1, 10, 50 ve 100 ppm SeO_2 çözeltileri kullanılırken, düşük vakumlu Scanning Elektron Mikroskobu ile yapılan EDX analizlerinde ise 1, 100, 200, 500 ve 1000 ppm selenyum konsantrasyonları tercih edildi.

Sterilizasyon ve ekim işlemleri tamamlanan bitki tohumları $25 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklığı olan ve 16 saat ışık, 8 saat karanlık şeklinde fotoperiyot düzeni uygulanan bir kültür odasında 17 gün süreyle inkübasyona alındılar. İnkübasyon süreleri sonunda fidiciklerde besin elementi analizleri her bir deneme için değerlendirmeye alınan 400'er adet tohumun çimlenmesiyle elde edilen 15 gün yaşlı genç fidiciklerde birbirlerinden izole edilen kökçük, hipokotil ve kotiledon eksplantlarda yaş yakma yöntemi ile elde edilen kuru madde üzerinden gerçekleştirildi. Örneklerin potasyum ve sodyum içerikleri PFP7 Model Alev Fotometresinde, fosfor içerikleri Milton Roy Serisi Spektrofotometrede, kalsiyum, magnezyum, demir, kobalt, molibden ve alüminyum içerikleri Perkin Elmer 3110 Model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde, azot içerikleri ise Kjeltec Azot Cihazı'nda okundu. Fidiciklerin kökçük, hipokotil, kotiledon üst ve alt epidermal hücrelerinin karbon, azot, oksijen, kükürt, fosfor, sodyum, magnezyum, potasyum, kalsiyum, mangan, demir, kobalt, bakır, çinko, klor, alüminyum ve selenyum içerikleri ise düşük vakumlu (~24 paskal) Scanning Elektron Mikroskobu kullanılarak, yaklaşık olarak $450 \mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$ 'lik bölgelerden gerçekleştirilen genel EDX analizleri (Energy Dispersive X-Ray Microanalysis) ile belirlendi.

Bulgular

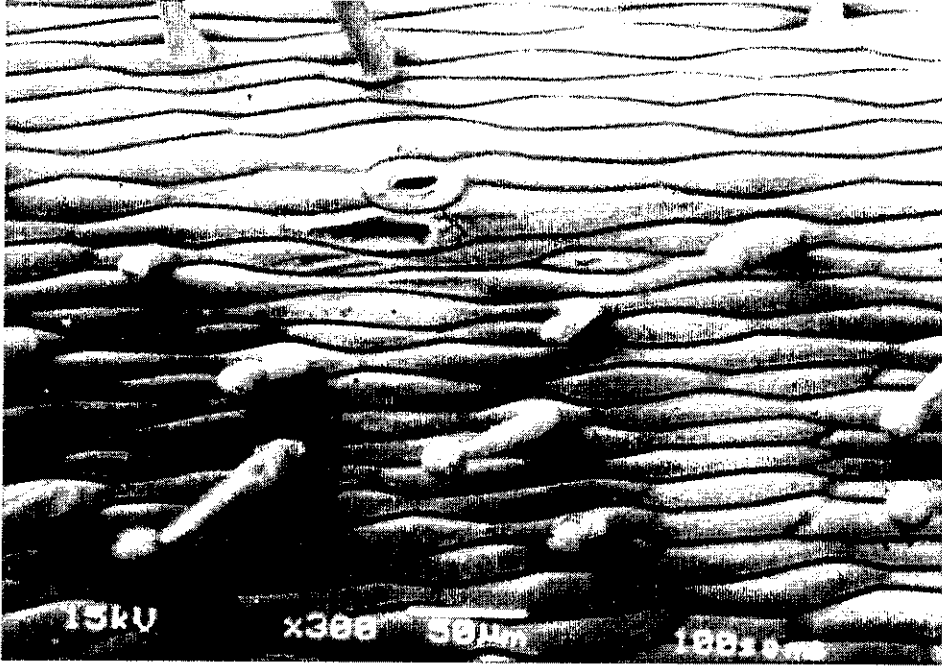
Çalışmamızda özellikle 50 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren fidiciklerde uzama büyümesinin önemli ölçüde indirildiği görüldü. Büyüme inhibisyonları özellikle 200 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren dikkat çekici idi. 1, 10 ve 50 ppm selenyum konsantrasyonlarında hipokotil epidermal hücrelerinde belirgin bir anatomik farklılık saptanamadı. Ancak 100 ppm'den itibaren hipokotil epidermal hücrelerinde büyüme inhibisyonları söz konusu idi. Hipokotil epidermal sisteminde salgı tüyleri gelişiminde de 200 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren inhibisyonlar kaydedildi (Şekil 1-5).



Şekil 1. 1 ppm selenyum içeren Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidelerinde hipokotil epidermal hücrelerinin genel görünüşleri



Şekil 2. 50 ppm selenyum içeren Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidelerinde hipokotil epidermal hücrelerinin genel görünüşleri.



Şekil 3. 100 ppm selenyum içeren Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinde hipokotil epidermal hücrelerinin genel görünüşleri



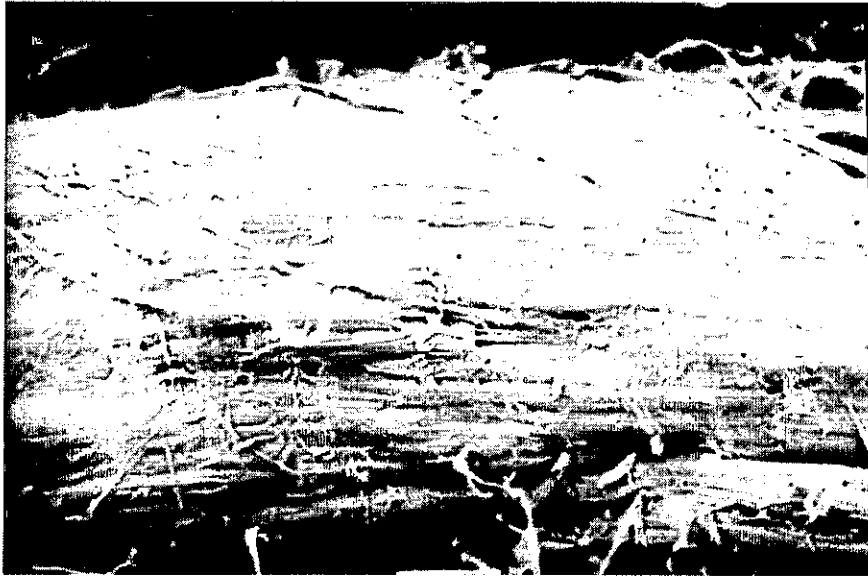
Şekil 4. 200 ppm selenyum içeren Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinde hipokotil epidermal hücrelerinin genel görünüşleri



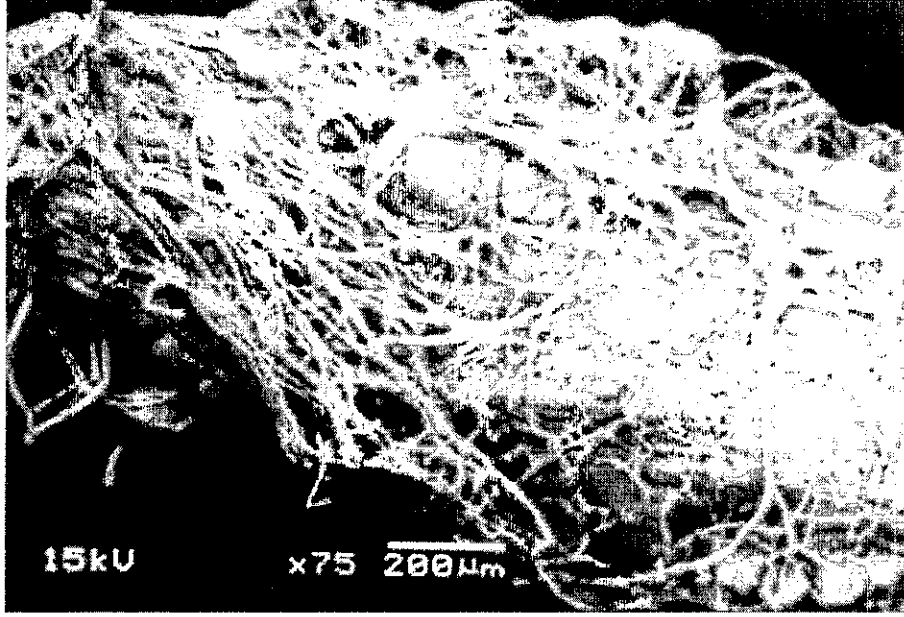
Şekil 5. 1000 ppm selenyum içeren Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinde hipokotil epidermal hücrelerinin genç görünüşleri

Çalışmamızda fidiciklerin gelişme ortamlarına besin çözeltileri yada selenyum yerine 17 gün boyunca sadece saf su uygulandığında, çok zayıf ve az sayıda emici tüy gelişimleri gözlemlendi. Fidicikler besin çözeltileri uygulanmadan, 17 gün boyunca sadece 1 ppm selenyum içeren ortamlarda

yetiştirildiklerinde, kök emici tüyleri gelişimlerinde artışlar saptandı. Ancak besin çözeltileri uygulanmadan sadece 1 ppm selenyum uygulanan ortamlarda geliştirilen fidiciklerin köklerinde nodül benzeri anormal şişkinlikler ile karşılaşıldı (Şekil 6,7).



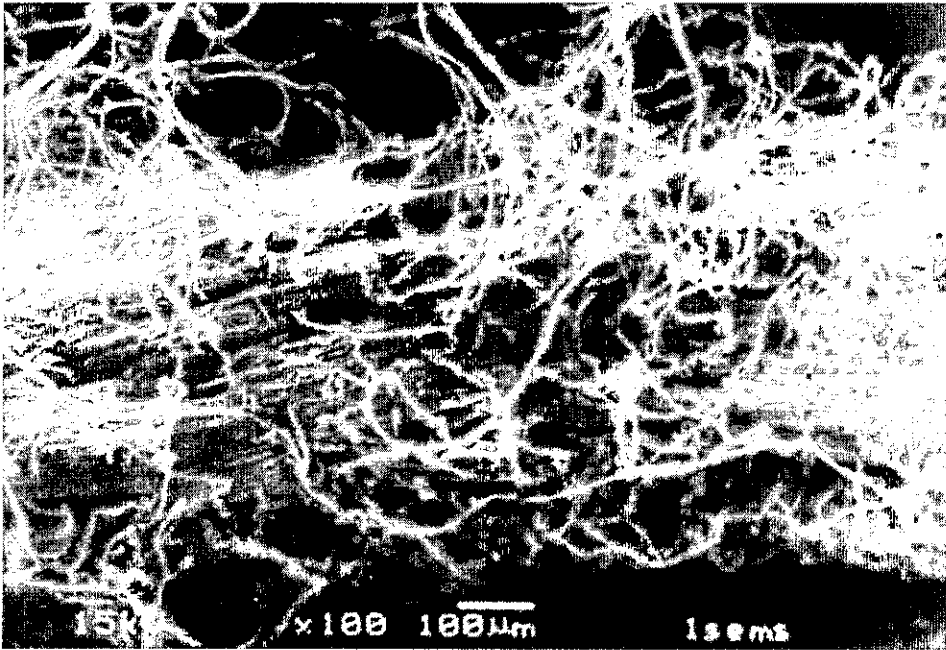
Şekil 6. Saf su ortamında geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinde kök emici tüyleri gelişimi.



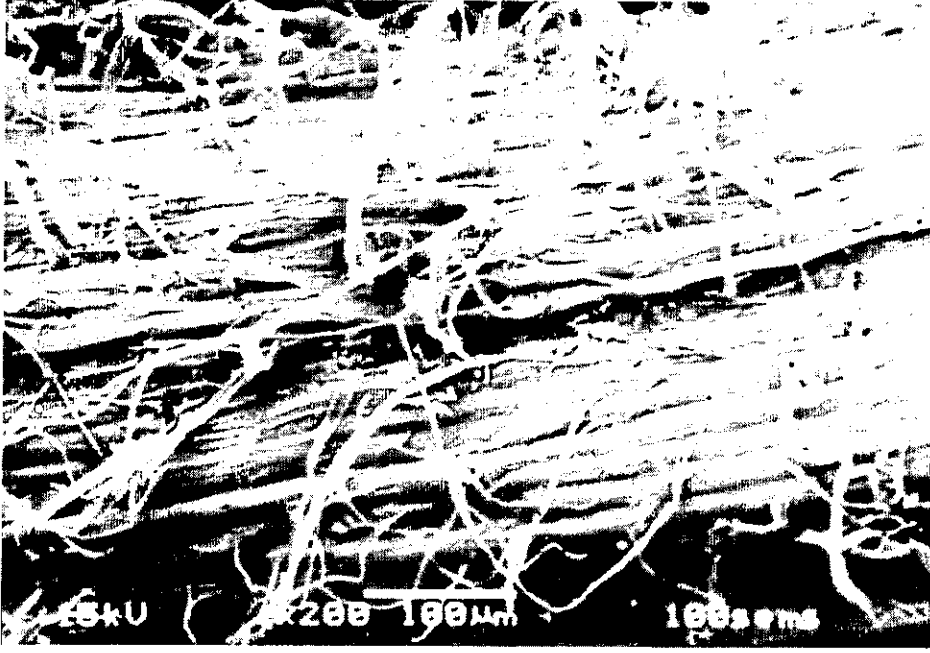
Şekil 7. 1 ppm selenyum içeren ortamlarda geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinde kök emici tüyleri gelişimi.

Murashige-Skoog besin çözeltileri uygulanan fidiciklerde yoğun olarak kök emici tüyleri gelişimine tanık olundu. Besin çözeltilerine 1 ppm selenyum uygulanması ile birlikte kök emici tüyleri gelişiminde düşüşler saptandı. 500 ve özellikle 1000

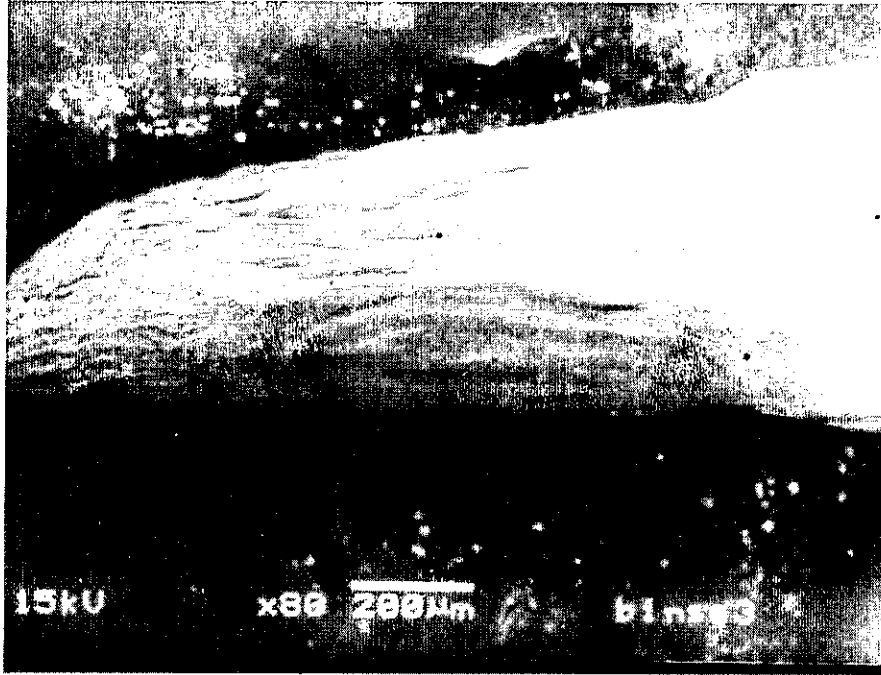
ppm selenyum konsantrasyonlarından itibaren de fidiciklerde kök gelişimi çoğunlukla radikula gelişimi ile sınırlı kaldığından, bu tip köklerde emici tüy gelişimine rastlanmadı (Şekil 8-10).



Şekil 8. 1 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinde kök emici tüyleri gelişimi.



Şekil 9. 100 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidelerinde kök emici tüyleri gelişimi.



Şekil 10. 1000 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidelerinde kök gelişimi.

Çalışmamızda 200 ppm selenyum konsantrasyonu ile birlikte fideciklerde kotiledon gelişiminin önemli ölçüde indirgendği görüldü. 1-

Çalışmamızda Murashige-Skoog besin çözeltilerine 1, 10, 50 ve 100 ppm selenyum uygulanması *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin toplam azot, potasyum, alımlarında besin çözeltilerindeki selenyum konsantrasyonları artışlarına bağlı olarak çok belirgin ve düzenli düşüşler saptandı. Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen fideciklerde molibden alımı söz konusu iken, selenyum uygulanan serilerde molibden alımı gözlenmedi. 100 ppm dışındaki inceleme kapsamına alınan tüm selenyum konsantrasyonlarında fideciklerin fosfor ve kobalt içerikleri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen ortalama değerden yüksek iken, 100 ppm'de fideciklerin fosfor içeriklerinde düşüşler söz konusu idi. Buna karşın 100 ppm selenyum uygulanan fideciklerde kobalt elementine rastlanmadı. Murashige-Skoog besin çözeltilerine 1 ppm selenyum uygulanması fideciklerin toplam sodyum alımlarında hafif bir artışa neden olurken, 10 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren fideciklerin sodyum içeriklerinde belirgin ve düzenli düşüşler saptandı. Besin çözeltilerine 1 ve 10 ppm selenyum uygulanması fideciklerin magnezyum içeriklerinde de artışlara neden olurken, 50 ppm'den itibaren fideciklerin magnezyum içeriklerinde düzenli düşüşlere tanık olundu. Ancak 50 ppm değeri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen ortalama değerden yüksekti (Çizelge 1).

Çalışmamızda köklerin azot içeriklerinde besin çözeltilerindeki selenyum konsantrasyonu artışlarına bağlı olarak çok belirgin ve dikkat çekici bir farklılık saptanamazken, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum ve alüminyum içeriklerinde ise düşüşler gözlemlendi. Köklerin demir içeriklerinde de selenyum uygulamalarına bağlı olarak düşüşler gözlenmekle birlikte, bu durum özellikle 1 ppm değeri için düzenli bir düşüş değildi. 100 ppm selenyum konsantrasyonu dışında inceleme kapsamına alınan diğer tüm serilerde köklerin fosfor içerikleri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen değerden yüksekti. 100 ppm selenyum konsantrasyonunda ise köklerin fosfor içeriklerinde belirgin bir düşüş saptandı. 1 ve 10 ppm selenyum

200 ppm selenyum konsantrasyonları arasında kotiledon üst ve alt epidermal hücrelerinde çok belirgin bir anatomik farklılık saptanamadı.

kalsiyum ve demir alımlarında düşüşlere neden oldu. Ancak bunun azot ve özellikle demir elementleri için konsantrasyon artışlarına bağlı lineer bir düşüş olmadığı görüldü. Buna karşın fideciklerin özellikle potasyum ve kalsiyum uygulanması köklerin kobalt içeriklerinde düzenli düşüşlere neden olurken, 50 ppm değeri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen değerden yüksekti. 100 ppm selenyum konsantrasyonunda ise köklerde kobalt elementine rastlanmadı. Çalışmamızda inceleme kapsamına alınan serilerde köklerde molibden birikimi gözlenmedi (Çizelge 1).

Çalışmamızda hipokotillerin potasyum içerikleri selenyum uygulamalarına bağlı olarak düzenli düşüşler gösterirken, 1 ppm selenyum uygulaması hipokotillerin kalsiyum içeriklerinde hafif bir yükselişe neden oldu. 10 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren de hipokotillerin kalsiyum içeriklerinde belirgin ve düzenli düşüşler söz konusu idi. 1, 10 ve 50 ppm selenyum uygulanan serilerde hipokotillerin magnezyum içerikleri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen değerden çok belirgin farklılıklar göstermezken, 100 ppm'de hipokotillerin magnezyum içeriklerinde dikkat çekici bir düşüş saptandı. Murashige-Skoog besin çözeltilerine 1 ve 10 ppm selenyum uygulanması hipokotillerin sodyum içeriklerinde artışlara neden olurken, 50 ppm'den itibaren hipokotillerin sodyum içeriklerinde düşüşler kaydedildi. Molibden elementi sadece Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen fideciklerin hipokotillerinde saptanırken, selenyum uygulanan serilerde hipokotillerde molibden elementine rastlanmadı. 1 ve 10 ppm selenyum uygulanan serilerde hipokotillerin kobalt içeriklerinde artışlar gözlenirken, 50 ppm'de hipokotillerin kobalt içeriklerinde düşüş kaydedildi. Ancak 50 ppm değeri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen değerden yüksekti. 100 ppm selenyum konsantrasyonunda ise hipokotillerde kobalt birikimi gözlenmedi. Murashige-Skoog besin çözeltilerine 1 ve 10 ppm selenyum uygulanması hipokotillerin fosfor içeriklerinde de artışlara neden olurken 50 ppm'den itibaren ise hipokotillerin fosfor içeriklerinde düşüş gözlemlendi. Ancak 50 ve 100 ppm

değerleri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen değerden yüksekti (Çizelge 1).

Murashige-Skoog besin çözeltilerine artan konsantrasyonlarda selenyum uygulanması durumunda kotiledonların potasyum, kalsiyum ve alüminyum içeriklerinde düzenli düşümlere tanık olunurken 1, 10 ve 50 ppm selenyum konsantrasyonlarında kotiledonların sodyum içerikleri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen değerden çok belirgin farklılıklar göstermedi. Buna karşın besin çözeltilerine 100 ppm selenyum uygulanması kotiledonların sodyum içeriklerinde önemli bir düşüme neden oldu. 1, 10 ve 50 ppm selenyum uygulanan serilerde kotiledonların fosfor içerikleri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde

edilen değerden yüksek iken, 100 ppm selenyum uygulanması kotiledonların fosfor içeriklerinde önemli bir düşüme neden oldu. Molibden elementi ise hipokotillerde gözlemlendiği şekilde sadece Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen serilerde saptandı. Selenyum uygulanan serilerde kotiledonlarda molibden elementine rastlanmadı, buna karşın selenyum uygulanan tüm serilerde kotiledonların magnezyum içerikleri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen değerden belirgin olarak yüksekti. Kotiledonların azot ve demir içeriklerinde ise selenyum uygulamalarına bağlı olarak düşüşler saptanırken, bunların her iki element içinde selenyum konsantrasyonları artışlarına bağlı lineer düşüşler olmadığı gözlemlendi (Çizelge 1).

Çizelge 1. Besin çözeltilerindeki artan selenyum ilavelerine bağlı olarak *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin kökçük, hipokotil ve kotiledonlarının bazı makro ve mikro besin elementleri içerikleri

Konsantrasyon	Bitki Organı	ELEMENTLER									
		N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mo	Co
KONTROL	Kök	4.688	0.414	16.552	38897	46731	8.276	22497	4.966	0	0.138
	Hipokotil	7.118	0.524	18.615	13037	55340	1.745	11751	3.549	0.18	0.058
	Kotiledon	8.137	0.533	9.327	15909	5903	0.666	11093	2.199	1.2	0.133
	Toplam fide	19.943	1.471	44.494	67843	107974	10.687	45341	10.714	1.37	0.329
1PPM	Kök	3.965	0.513	11.294	25062	23522	8.214	4415	4.107	0	0.103
	Hipokotil	6.93	0.642	18.086	13250	52771	2.334	3285	0.875	0	0.117
	Kotiledon	7.959	0.685	6.849	10486	54278	0.623	3232	1.059	0	0.125
	Toplam fide	18.854	1.84	36.229	48798	130571	11.171	10932	6.041	0	0.345
10 PPM	Kök	4.585	0.515	9.434	19434	16467	6.003	12599	3.859	0	0.086
	Hipokotil	6.849	0.739	16.615	11114	58339	2.462	1612	0.431	0	0.185
	Kotiledon	3.965	0.748	6.803	8388	57136	0.68	4327	0.816	0	0.136
	Toplam fide	15.399	2.002	32.852	38936	131942	9.145	18538	5.106	0	0.407
50 PPM	Kök	4.697	0.618	10.591	20777	19426	4.413	8297	3.177	0	0.177
	Hipokotil	1.151	0.632	8.850	4842	51030	1.896	3331	1.454	0	0.063
	Kotiledon	7.561	0.648	5.185	4161	43416	0.648	4051	0.648	0	0.648
	Toplam fide	13.409	1.898	24.626	29780	113872	6.957	15679	5.279	0	0.888
100 PPM	Kök	4.352	0.183	3.045	9921	14424	1.219	1432	0	0	0
	Hipokotil	5.069	0.526	1.618	2330	29062	0.809	1477	0.647	0	0
	Kotiledon	6.837	0.459	2.752	1459	37583	0.459	1074	0.505	0	0
	Toplam fide	16.258	1.168	7.415	13710	81069	2.487	3983	1.152	0	0

Çalışmamızda *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin kök epidermal hücrelerinin karbon içeriklerinde 200 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren artışlar gözlemlendi. Ancak 200 ve 500 ppm selenyum konsantrasyonlarında birbirine çok yakın ortalama değerler elde edilirken, özellikle 1000 ppm selenyum konsantrasyonunda kök epidermal hücrelerinin karbon içeriklerindeki artış dikkat çekici idi. Kök epidermal hücrelerinin azot

içeriklerinde 1000 ppm selenyum konsantrasyonuna kadar çok belirgin bir farklılık saptanamazken, 1000 ppm'de hücrelerin azot içeriklerinde belirgin bir düşüş gözlemlendi. Kök epidermal hücrelerinin fosfor içerikleri 1 ve 100 ppm selenyum konsantrasyonlarında çok belirgin bir farklılık göstermezken, 200 ve 500 ppm selenyum konsantrasyonlarında kök epidermal hücrelerinin fosfor içeriklerinde düzenli artışlar söz konusu idi. 1000 ppm'de ise kök epidermal hücrelerinin fosfor

içeriklerinde düşüş saptandı. 1 ve 100 ppm selenyum konsantrasyonlarında kök epidermal hücrelerinin kalsiyum içeriklerinde birbirine çok yakın ortalama değerler elde edilirken, 200 ppm'de hücrelerin kalsiyum içeriklerinde belirgin bir artış gözlemlendi. 500 ppm'den itibaren ise kök epidermal hücrelerinin kalsiyum içeriklerinde düşüşler söz konusu idi. 1 ve 100 ppm selenyum konsantrasyonlarında kök epidermal hücrelerinde mangan elementine rastlanmazken, 200 ppm'de mangan elementi belirlendi. 500 ppm'den itibaren ise kök epidermal hücrelerinin mangan içeriklerinde düzenli düşüşler kaydedildi. 1, 100 ve 200 ppm selenyum konsantrasyonlarında kök epidermal hücrelerinde kobalt elementine de rastlanmazken, 500 ve 1000 ppm'de kök epidermal hücrelerinde elde edilen kobalt içerikleri benzer değerlerdi. 500 ppm'e kadar olan selenyum konsantrasyonlarında kök epidermal hücrelerinin magnezyum içeriklerinde düzenli artışlar söz konusu iken, 500 ppm'den itibaren de hücrelerin magnezyum içeriklerinde düşüşler gözlemlendi. 100 ppm selenyum konsantrasyonunda kök epidermal hücrelerinin bakır içeriklerinde belirgin bir artış söz konusu iken, 200 ppm'de 100 ppm değerine yakın bir ortalama

değer elde edildi. 500 ppm'de kök epidermal hücrelerinde bakır elementine rastlanmazken, 1000 ppm'de kök epidermal hücrelerinin bakır içerikleri çok düşüktü. 500 ppm'de kök epidermal hücrelerinde çinko elementine de rastlanmazken, 1000 ppm değerinin 1 ppm değerine çok yakın bir ortalama değer olduğu görüldü. 1 ve 100 ppm selenyum konsantrasyonlarında kök epidermal hücrelerinin kalsiyum içeriklerinde birbirine çok yakın ortalama değerler elde edilirken 200 ppm'de kök epidermal hücrelerinin kalsiyum içeriklerinde çok belirgin bir artış gözlemlendi. 500 ppm'den itibaren de hücrelerin kalsiyum içeriklerinde düşüşler söz konusu idi. 1 ve 100 ppm selenyum konsantrasyonlarında kök epidermal hücrelerinde mangan elementine de rastlanmazken, 200 ppm'de kök epidermal hücrelerinde mangan elementi saptandı. 500 ppm'den itibaren de hücrelerin mangan içeriklerinde düşüşler gözlemlendi. 1, 100 ve 200 ppm selenyum konsantrasyonlarında kök epidermal hücrelerinde kobalt elementine de rastlanmazken, 500 ve 1000 ppm'de kök epidermal hücrelerinde elde edilen kobalt içerikleri benzer değerlerdi.

Çizelge 2. 1 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin kök epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C-K	0.3237	1.506	55.08	48.76	+/-0.55	2.125
N-K	0.0270	7.012	18.31	18.90	+/-2.41	0.706
O-K	0.0527	5.800	25.92	30.57	+/-0.53	----
Se-L	0.0000	1.511	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
S-K	0.0019	1.186	0.10	0.23	+/-0.03	0.004
P-K	0.0005	1.259	0.03	0.06	+/-0.02	0.001
Na-K	0.0008	2.255	0.11	0.18	+/-0.09	0.004
Mg-K	0.0005	1.691	0.04	0.08	+/-0.02	0.002
K-K	0.0037	1.196	0.15	0.44	+/-0.06	0.006
Ca-K	0.0029	1.173	0.11	0.34	+/-0.03	0.001
Mn-K	0.0000	1.363	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Fe-K	0.0002	1.331	0.01	0.02	+/-0.07	0.000
Co-K	0.0000	1.382	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Cu-L	0.0002	2.495	0.01	0.06	+/-0.15	0.000
Zn-L	0.0006	2.192	0.03	0.12	+/-0.16	0.001
Cl-K	0.0012	1.218	0.05	0.14	+/-0.03	0.002
Al-K	0.0006	1.474	0.05	0.09	+/-0.02	0.002
Total			100.00	100.00		2.857

Çizelge 3. 100 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin kök epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.3024	1.540	52.83	46.57	+/-0.50	1.990
N -K	0.0309	6.657	20.03	20.59	+/-2.04	0.755
O-K	0.0539	5.784	26.54	31.17	+/-0.49	---
Se-L	0.0003	1.622	0.01	0.05	+/-0.04	0.000
S -K	0.0027	1.188	0.14	0.32	+/-0.02	0.005
P -K	0.0004	1.261	0.02	0.05	+/-0.02	0.001
Na-K	0.0002	2.275	0.02	0.04	+/-0.09	0.001
Mg-K	0.0007	1.700	0.07	0.12	+/-0.02	0.002
K -K	0.0009	1.196	0.04	0.11	+/-0.02	0.001
Ca-K	0.0030	1.172	0.12	0.35	+/-0.06	0.004
Mn-K	0.0000	1.361	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Fe-K	0.0008	1.328	0.02	0.10	+/-0.06	0.001
Co-K	0.0000	1.377	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Cu-L	0.0006	2.514	0.03	0.15	+/-0.12	0.001
Zn-L	0.0008	2.211	0.03	0.17	+/-0.15	0.001
Cl-K	0.0013	1.219	0.06	0.15	+/-0.02	0.002
Al-K	0.0004	1.481	0.03	0.07	+/-0.02	0.001
Total			100.00	100.00		2.768

Çizelge 4. 200 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin kök epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.3573	1.537	61.43	54.91	+/-0.51	3.139
N -K	0.0228	8.071	17.69	18.44	+/-2.16	0.904
O-K	0.0366	6.358	19.57	23.30	+/-0.50	---
Se-L	0.0002	1.583	0.01	0.04	+/-0.05	0.000
S -K	0.0043	1.184	0.21	0.51	+/-0.06	0.011
P -K	0.0016	1.252	0.09	0.20	+/-0.03	0.004
Na-K	0.0010	2.167	0.13	0.22	+/-0.10	0.007
Mg-K	0.0013	1.647	0.12	0.22	+/-0.03	0.006
K -K	0.0048	1.196	0.20	0.58	+/-0.03	0.010
Ca-K	0.0065	1.175	0.26	0.77	+/-0.04	0.013
Mn-K	0.0007	1.347	0.02	0.09	+/-0.06	0.001
Fe-K	0.0000	1.344	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Co-K	0.0000	1.380	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Cu-L	0.0006	2.388	0.03	0.13	+/-0.14	0.001
Zn-L	0.0004	2.111	0.02	0.07	+/-0.17	0.001
Cl-K	0.0017	1.218	0.08	0.20	+/-0.03	0.004
Al-K	0.0023	1.451	0.17	0.33	+/-0.02	0.009
Total			100.00	100.00		4.110

Çizelge 5. 500 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin kök epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.3446	1.593	61.39	54.89	+/-0.93	3.473
N -K	0.0254	8.051	19.61	20.44	+/-3.65	1.109
O-K	0.0320	6.570	17.67	21.05	+/-0.63	----
Se-L	0.0041	1.569	0.11	0.64	+/-0.09	0.006
S -K	0.0035	1.188	0.17	0.42	+/-0.06	0.010
P -K	0.0053	1.253	0.29	0.66	+/-0.10	0.016
Na-K	0.0013	2.146	0.17	0.29	+/-0.07	0.009
Mg-K	0.0008	1.631	0.07	0.14	+/-0.06	0.004
K -K	0.0036	1.199	0.15	0.43	+/-0.06	0.009
Ca-K	0.0045	1.175	0.18	0.52	+/-0.06	0.010
Mn-K	0.0005	1.346	0.02	0.07	+/-0.13	0.001
Fe-K	0.0004	1.333	0.01	0.05	+/-0.15	0.001
Co-K	0.0002	1.369	0.01	0.03	+/-0.19	0.000
Cu-L	0.0000	2.085	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Zn-L	0.0000	1.969	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Cl-K	0.0020	1.221	0.09	0.24	+/-0.05	0.005
Al-K	0.0009	1.453	0.07	0.14	+/-0.04	0.004
Total			100.00	100.00		4.658

Çizelge 6. 1000 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin kök epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.3987	1.525	67.24	60.85	+/-0.41	3.350
N -K	0.0141	8.793	11.77	12.42	+/-2.11	0.586
O-K	0.0399	6.066	20.07	24.19	+/-0.39	
Se-L	0.0029	1.567	0.08	0.46	+/-0.04	0.004
S -K	0.0036	1.187	0.18	0.42	+/-0.05	0.009
P -K	0.0022	1.255	0.12	0.27	+/-0.04	0.006
Na-K	0.0007	2.138	0.08	0.14	+/-0.08	0.004
Mg-K	0.0011	1.630	0.09	0.17	+/-0.02	0.005
K -K	0.0025	1.201	0.10	0.29	+/-0.02	0.005
Ca-K	0.0012	1.177	0.05	0.15	+/-0.02	0.002
Mn-K	0.0001	1.348	0.00	0.01	+/-0.05	0.000
Fe-K	0.0000	1.346	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Co-K	0.0003	1.369	0.01	0.03	+/-0.07	0.000
Cu-L	0.0002	2.354	0.01	0.04	+/-0.10	0.000
Zn-L	0.0005	2.079	0.02	0.11	+/- 0.13	0.001
Cl-K	0.0016	1.222	0.07	0.19	+/-0.02	0.004
Al-K	0.0017	1.451	0.12	0.24	+/- 0.02	0.006
Total			100.00	100.00		3.983

Kök epidermal hücrelerinin klor içerikleri 1000 ppm selenyum konsantrasyonuna kadar olan serilerde düzenli artışlar gösterirken, 1000 ppm'de hücrelerin klor içeriklerinde düşüşler söz konusu idi. 1 ppm'de kök epidermal hücrelerinde selenyum elementine rastlanmazken, 100 ve 200 değerlerinin birbirine çok yakın ortalama değerler olduğu görüldü. 500 ppm'de hücrelerin selenyum içeriklerinde çok belirgin bir artış söz konusu iken, 1000 ppm'de hücrelerin selenyum içeriklerinde düşüşler kaydedildi. Besin çözeltilerindeki selenyum konsantrasyonları artışlarına bağlı olarak kök epidermal hücrelerinin sodyum ve potasyum

içeriklerinde ise düzensiz artış ve azalışlara tanık olundu (Çizelge 2-6).

Çalışmamızda 500 ve özellikle 1000 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde gelişmeye terk edilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) tohumlarının bazılarında çimlenmenin yalnızca radikula gelişimi düzeyinde kaldığı görüldü. 1000 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde gelişmeye terk edilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) embriyolarının radikularında gerçekleştirilen EDX analizleri sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. 1000 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) embriyolarının radikula epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.2641	1.551	46.69	40.96	+/- 0.39	1.856
N -K	0.0483	5.835	27.57	28.20	+/- 1.20	1.096
O -K	0.0478	6.155	25.16	29.40	+/- 0.48	---
Se-L	0.0008	1.621	0.02	0.12	+/- 0.03	0.001
S -K	0.0017	1.191	0.08	0.20	+/- 0.02	0.003
P -K	0.0028	1.262	0.16	0.35	+/- 0.02	0.006
Na-K	0.0004	2.278	0.05	0.09	+/- 0.03	0.002
Mg-K	0.0007	1.700	0.07	0.12	+/- 0.02	0.003
K -K	0.0012	1.197	0.05	0.14	+/- 0.02	0.002
Ca-K	0.0012	1.172	0.05	0.14	+/- 0.02	0.002
Mn-K	0.0000	1.343	0.00	0.00	+/- 0.04	0.000
Fe-K	0.0000	1.343	0.00	0.00	+/- 0.00	0.000
Co-K	0.0000	1.378	0.00	0.00	+/- 0.00	0.000
Cu-L	0.0006	2.527	0.03	0.15	+/- 0.09	0.001
Zn-L	0.0000	1.962	0.00	0.00	+/- 0.00	0.0*0
Cl-K	0.0001	1.221	0.01	0.01	+/- 0.02	0.000
Al-K	0.0007	1.482	0.05	0.10	+/- 0.02	0.002
Total			100.00	100.00		2.975

Murashige-Skoog besin çözeltilerine 1,100, 200 ve 500 ppm selenyum uygulanması hipokotil epidermal hücrelerinin karbon içeriklerinde artışlara neden olurken, 1000 ppm'de hipokotil epidermal hücrelerinin karbon içeriklerinde dikkat çekici bir düşüş saptandı. Buna karşın hücrelerin azot ve bakır içeriklerinde selenyum uygulamalarına bağlı olarak düzenli olmayan artış ve azalışlar gözlemlendi. Hipokotil epidermal hücrelerinin oksijen içeriklerinde ise 200 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren düşüşler saptandı.

1000 ppm selenyum konsantrasyonuna kadar olan serilerde hipokotil epidermal hücrelerinin kükürt içeriklerinde artışlar söz konusu iken, 100 ve 200 ppm değerlerinin birbirine çok yakın ortalama değerler olduğu görüldü. 1000 ppm'de ise hücrelerin kükürt içeriklerinde önemli bir düşüş saptandı. 500 ppm'e kadar olan selenyum konsantrasyonları hücrelerin fosfor içeriklerinde düzenli artışlara neden olurken, 500 ppm'den itibaren ise düşüşler söz konusu idi. Keza potasyum elementi içinde benzer bir durumla karşılaşıldı. Hipokotil epidermal

hücrelerinin sodyum içeriklerinde 1000 ppm selenyum konsantrasyonuna kadar olan serilerde düzenli artışlar gözlenirken, 1000 ppm'de hipokotil epidermal hücrelerinin sodyum içeriklerinde dikkat çekici bir düşüş söz konusu idi. 1 ppm selenyum konsantrasyonunda hipokotil epidermal hücrelerinin magnezyum içerikleri çok düşüktü. 100 ppm'de hipokotil epidermal hücrelerinde magnezyum elementine rastlanmadı. 200 ppm'de hücrelerin magnezyum içeriklerinde belirgin bir artış söz konusu iken, 500 ppm'den itibaren de düşüşler kaydedildi. 1 ve 100 ppm selenyum konsantrasyonlarında hücrelerin mangan içeriklerinde benzer ortalama değerler elde edilirken, 200 ppm'den itibaren hipokotil epidermal hücrelerinde mangan elementine rastlanmadı. 100, 500 ve 1000 ppm selenyum konsantrasyonlarında hipokotil epidermal hücrelerinde demir elementine de rastlanmazken, 1 ve 200 ppm değerlerinin birbirine çok yakın ortalama değerler oldukları görüldü. Besin çözeltilerine 1 ppm selenyum uygulanması durumunda hipokotil epidermal hücrelerinde çinko elementi belirlenemezken, 100 ppm selenyum uygulanması hücrelerin çinko içeriklerinde önemli bir artışa neden oldu. 200

ppm'den itibaren de hücrelerin çinko içeriklerinde düşüşler gözlemlendi. 1 ppm selenyum konsantrasyonunda hücrelerin klor içerikleri oldukça düşük bir ortalama değeri verirken, 100 ppm'de hipokotil epidermal hücrelerinde klor elementine rastlanmadı. 200 ve 500 ppm'de benzer ortalama değerler elde edilirken, 1000 ppm selenyum konsantrasyonunda hücrelerin klor içeriklerinde tekrar belirgin bir düşüş saptandı. 1 ve 100 ppm selenyum uygulamalarında hipokotil epidermal hücrelerinde selenyum elementine rastlanmadı. 200 ppm'de hipokotil epidermal hücrelerinin selenyum içeriklerinde çok belirgin bir artış gözlemlendi. 500 ppm'den itibaren de hipokotil epidermal hücrelerinin selenyum içeriklerinde düzenli düşüşler kaydedildi. Çalışmamızda 1000 ppm selenyum konsantrasyonu fide gelişimi üzerinde çok şiddetli bir inhibisyona neden olduğu için, 1000 ppm'de çok indirgenmiş bir hipokotil gelişimi ile karşılaşıldı. Bu yüzden 1000 ppm selenyum konsantrasyonunda hipokotillerde EDX analizleri köklere çok yakın bir epidermal bölgeden alınmak zorunda idi. Bu EDX analizleri değerlendirilirken dikkate alınması gereken bir husustur (Çizelge 8-12).

Çizelge 8. 1 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin hipokotil epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C-K	0.1489	1.655	29.30	24.64	+/-0.58	0.713
N-K	0.0790	3.643	29.36	28.79	+/-1.37	0.714
O-K	0.0943	4.884	41.12	46.05	+/-0.45	
Se-L	0.0000	1.609	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
S-K	0.0004	1.193	0.02	0.04	+/-0.02	0.000
P-K	0.0006	1.276	0.03	0.07	+/-0.02	0.001
Na-K	0.0003	2.451	0.05	0.07	+/-0.06	0.001
Mg-K	0.0001	1.787	0.01	0.01	+/-0.01	0.000
K-K	0.0006	1.193	0.03	0.07	+/-0.02	0.001
Ca-K	0.0007	1.166	0.03	0.08	+/-0.03	0.001
Mn-K	0.0002	1.338	0.01	0.03	+/-0.06	0.000
Fe-K	0.0002	1.324	0.01	0.03	+/-0.06	0.000
Co-K	0.0000	1.370	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Cu-L	0.0001	2.753	0.01	0.03	+/-0.10	0.000
Zn-L	0.0000	2.366	0.00	0.00	+/-0.10	0.000
Cl-K	0.0004	1.220	0.02	0.04	+/-0.02	0.000
Al-K	0.0002	1.529	0.02	0.04	+/-0.01	0.000
Total			100.00	100.00		1.432

Çizelge 9. 100 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin hipokotil epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.1361	1.860	31.10	25.32	+/-0.63	0.524
N -K	0.0219	3.841	8.81	8.37	+/-1.64	0.148
O -K	0.2161	2.980	59.39	64.41	+/-0.38	---
Se-L	0.0000	1.705	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
S -K	0.0007	1.202	0.04	0.08	+/-0.02	0.001
P -K	0.0018	1.290	0.11	0.23	+/-0.02	0.002
Na-K	0.0005	2.565	0.08	0.13	+/-0.06	0.001
Mg-K	0.0000	1.811	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
K -K	0.0017	1.191	0.08	0.20	+/-0.02	0.001
Ca-K	0.0011	1.163	0.05	0.13	+/-0.03	0.001
Mn-K	0.0002	1.324	0.01	0.03	+/-0.06	0.000
Fe-K	0.0000	1.311	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Co-K	0.0005	1.336	0.02	0.07	+/-0.09	0.000
Cu-L	0.0011	2.875	0.07	0.31	+/-0.10	0.001
Zn-L	0.0019	2.502	0.11	0.47	+/-0.11	0.002
Cl-K	0.0000	1.224	0.00	0.00	+/-0.02	0.000
Al-K	0.0017	1.571	0.14	0.26	+/-0.02	0.002
Total			100.00	100.00		0.684

Çizelge 10. 200 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin hipokotil epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.3110	1.596	56.05	49.65	+/-0.43	2.644
N -K	0.0312	7.182	21.71	22.42	+/-1.64	1.024
O -K	0.0398	6.288	21.19	25.01	+/-0.44	---
Se-L	0.0043	1.594	0.12	0.69	+/-0.04	0.006
S -K	0.0023	1.192	0.12	0.28	+/-0.02	0.006
P -K	0.0046	1.261	0.25	0.58	+/-0.04	0.012
Na-K	0.0009	2.200	0.12	0.20	+/-0.09	0.006
Mg-K	0.0016	1.660	0.15	0.26	+/-0.03	0.007
K -K	0.0027	1.198	0.11	0.32	+/-0.02	0.005
Ca-K	0.0018	1.173	0.07	0.22	+/-0.02	0.003
Mn-K	0.0000	1.357	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Fe-K	0.0003	1.329	0.01	0.04	+/-0.04	0.000
Co-K	0.0000	1.373	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Cu-L	0.0004	2.423	0.02	0.10	+/-0.12	0.001
Zn-L	0.0004	2.137	0.02	0.10	+/-0.15	0.001
Cl-K	0.0006	1.222	0.03	0.08	+/-0.02	0.001
Al-K	0.0005	1.474	0.04	0.07	+/-0.02	0.002
Total			100.00	100.00		3.718

Çizelge 11. 500 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin hipokotil epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.3343	1.529	57.16	51.11	+/-0.50	3.083
N -K	0.0333	7.329	23.39	24.39	+/-2.02	1.262
O-K	0.0335	6.597	18.54	22.09	+/-0.55	----
Se-L	0.0022	1.588	0.06	0.36	+/-0.04	0.003
S -K	0.0022	1.189	0.11	0.27	+/-0.02	0.006
P -K	0.0038	1.257	0.20	0.47	+/-0.04	0.011
Na-K	0.0012	2.186	0.15	0.26	+/-0.04	0.008
Mg-K	0.0011	1.655	0.10	0.18	+/-0.03	0.005
K -K	0.0019	1.199	0.08	0.23	+/-0.05	0.004
Ca-K	0.0012	1.174	0.05	0.14	+/-0.02	0.003
Mn-K	0.0000	1.360	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Fe-K	0.0000	1.341	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Co-K	0.0001	1.362	0.00	0.02	+/-0.06	0.000
Cu-L	0.0014	2.387	0.07	0.33	+/-0.11	0.004
Zn-L	0.0000	1.887	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Cl-K	0.0006	1.221	0.03	0.08	+/-0.02	0.002
Al-K	0.0005	1.463	0.04	0.08	+/-0.02	0.002
Total			100.00	100.00		4.393

Çizelge 12. 1000 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin hipokotil epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.1456	1.728	30.21	25.16	+/-0.50	0.639
N -K	0.0578	3.731	22.21	21.57	+/-1.24	0.410
O-K	0.1253	4.186	47.28	52.45	+/-0.37	---
Se-L	0.0005	1.705	0.02	0.09	+/-0.03	0.000
S -K	0.0010	1.196	0.05	0.12	+/-0.01	0.001
P -K	0.0009	1.281	0.05	0.11	+/-0.01	0.001
Na-K	0.0002	2.484	0.04	0.06	+/-0.05	0.001
Mg-K	0.0002	1.806	0.02	0.04	+/-0.02	0.000
K -K	0.0005	1.193	0.02	0.06	+/-0.01	0.000
Ca-K	0.0002	1.166	0.01	0.02	+/-0.02	0.000
Mn-K	0.0000	1.341	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Fe-K	0.0000	1.326	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Co-K	0.0000	1.360	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Cu-L	0.0004	2.793	0.03	0.12	+/-0.08	0.001
Zn-L	0.0005	2.427	0.03	0.12	+/-0.09	0.001
Cl-K	0.0002	1.222	0.01	0.02	+/-0.01	0.000
Al-K	0.0003	1.543	0.02	0.04	+/-0.01	0.000
Total			100.00	100.00		1.115

Çalışmamızda 200 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren fideciklerde kotiledon gelişimi önemli ölçüde indirildiği için, kotiledon alt ve üst epidermal hücrelerinde EDX analizleri sadece 1 ve 100 ppm selenyum konsantrasyonlarında gerçekleştirilebildi. Murashige-Skoog besin çözeltilerine 1 ve 100 ppm selenyum uygulanması durumunda *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin kotiledon alt epidermal hücrelerinin karbon, oksijen, kükürt, fosfor, sodyum, magnezyum, potasyum, kalsiyum,

çinko, klor ve alüminyum içeriklerinde artışlara tanık olundu. Buna karşın 100 ppm selenyum konsantrasyonunda kotiledon alt epidermal hücrelerinde azot ve demir elementine rastlanmadı. 100 ppm selenyum konsantrasyonunda hücrelerin mangan ve bakır içeriklerinde ise düşüşler söz konusu idi. 1 ppm selenyum konsantrasyonunda kotiledon alt epidermal hücrelerinde selenyum elementine rastlanmazken, 100 ppm'de kotiledon alt epidermal hücrelerinin selenyum içeriklerinde artışlar gözlemlendi (Çizelge 13,16).

Çizelge 13. 1 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin kotiledon alt epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.0960	1.856	22.06	17.83	+/-0.36	0.377
N -K	0.0614	2.916	18.99	17.90	+/-0.86	0.325
O-K	0.1884	3.340	58.44	62.91	+/-0.36	---
Se-I	0.0000	1.712	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
S -K	0.0004	1.200	0.02	0.05	+/-0.02	0.000
P -K	0.0016	1.289	0.10	0.21	+/-0.02	0.002
Na-K	0.0003	2.584	0.05	0.08	+/-0.06	0.001
Mg-K	0.0004	1.865	0.05	0.08	+/-0.01	0.001
K -K	0.0008	1.190	0.04	0.10	+/-0.02	0.001
Ca-K	0.0010	1.162	0.04	0.12	+/-0.02	0.001
Mn-K	0.0005	1.327	0.02	0.06	+/-0.04	0.000
Fe-K	0.0004	1.309	0.01	0.05	+/-0.05	0.000
Co-K	0.0000	1.344	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Cu-I	0.0010	2.917	0.07	0.29	+/-0.09	0.001
Zn-I	0.0008	2.532	0.04	0.19	+/-0.10	0.001
Cl-K	0.0005	1.222	0.03	0.07	+/-0.02	0.000
Al-K	0.0004	1.561	0.04	0.07	+/-0.01	0.001
Total			100.00	100.00		0.711

Çalışmamızda besin çözeltilerindeki selenyum konsantrasyonları artışlarına bağlı olarak, *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin kotiledon üst epidermal hücrelerinin karbon, oksijen, kükürt, sodyum, potasyum, kalsiyum, bakır, klor ve alüminyum içeriklerinde artışlar gözlemlendi. Buna karşın hücrelerin azot, fosfor, magnezyum ve çinko içeriklerinde ise düşüşler söz konusu idi. İnceleme kapsamına alınan her iki seride de kotiledon üst epidermal hücrelerinde mangan elementine rastlanmazken,

100 ppm'de kotiledon üst epidermal hücrelerinde demir elementi de saptanamadı. Buna karşın hücrelerin kobalt içerikleri selenyum konsantrasyonları artışlarına bağlı olarak değişim göstermedi. Besin çözeltilerine 1 ppm selenyum uygulanması durumunda kotiledon üst epidermal hücrelerinde alt epidermal hücrelerde gözlemlendiği şekilde selenyum elementi saptanamazken, 100 ppm'de kotiledon üst epidermal hücrelerinin selenyum içeriklerinde artış gözlemlendi (Çizelge 14,15).

Çizelge 14. 100 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin kotiledon üst epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.0943	1.928	22.71	18.17	+/-0.50	0.360
N -K	0.0419	2.998	13.44	12.55	+/-0.98	0.213
O -K	0.2320	2.897	63.05	67.21	+/-0.40	---
Se-L	0.0004	1.747	0.01	0.06	+/-0.04	0.000
S -K	0.0003	1.204	0.02	0.04	+/-0.03	0.000
P -K	0.0015	1.292	0.10	0.20	+/-0.02	0.002
Na-K	0.0008	2.616	0.14	0.21	+/-0.10	0.002
Mg-K	0.0004	1.863	0.05	0.08	+/-0.03	0.001
K-K	0.0014	1.190	0.06	0.17	+/-0.03	0.001
Ca-K	0.0009	1.161	0.04	0.11	+/-0.03	0.001
Mn-K	0.0000	1.322	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Fe-K	0.0000	1.304	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Co-K	0.0003	1.329	0.01	0.04	+/-0.08	0.000
Cu-L	0.0022	2.938	0.15	0.64	+/-0.14	0.002
Zn-L	0.0007	2.560	0.04	0.18	+/-0.18	0.001
Cl-K	0.0007	1.224	0.04	0.09	+/-0.02	0.001
Al-K	0.0015	1.588	0.13	0.24	+/-0.02	0.002
Total			100.00	100.00		0.586

Çizelge 15. 1 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinin kotiledon üst epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.0911	1.801	20.13	16.41	+/-0.46	0.391
N -K	0.0977	2.720	27.96	26.58	+/-0.83	0.543
O -K	0.1378	4.060	51.51	55.93	+/-0.36	
Se-L	0.0000	1.718	0.00	0.00	+/-0.03	0.000
S -K	0.0002	1.199	0.01	0.02	+/-0.01	0.000
P -K	0.0018	1.286	0.11	0.23	+/-0.01	0.002
Na-K	0.0001	2.539	0.01	0.02	+/-0.05	0.000
Mg-K	0.0007	1.845	0.08	0.14	+/-0.02	0.002
K -K	0.0002	1.191	0.01	0.02	+/-0.01	0.000
Ca-K	0.0007	1.162	0.03	0.08	+/-0.02	0.001
Mn-K	0.0000	1.331	0.00	0.00	+/-0.03	0.000
Fe-K	0.0001	1.312	0.00	0.01	+/-0.04	0.000
Co-K	0.0003	1.344	0.01	0.04	+/-0.04	0.000
Cu-L	0.0007	2.874	0.05	0.21	+/-0.08	0.001
Zn-L	0.0009	2.495	0.05	0.23	+/-0.09	0.001
Cl-K	0.0001	1.222	0.01	0.02	+/-0.01	0.000
Al-K	0.0003	1.561	0.02	0.04	+/-0.01	0.000
Total			100.00	100.00		0.941

Çizelge 16. 100 ppm selenyum uygulanan Murashige-Skoog besin çözeltilerinde geliştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin kotiledon alt epidermal hücrelerinin EDX analizleri sonuçları

Element	k-oranı	ZAF	% Atom	% Element Ağırlığı	% Ağırlık Hata	Katyonların Sayısı
C -K	0.1669	1.892	38.52	31.57	+/-0.44	0.636
N -K	0.0000	5.828	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
O -K	0.2473	2.676	60.60	66.17	+/-0.34	
Sc-L	0.0002	1.728	0.01	0.04	+/-0.04	0.000
S -K	0.0013	1.201	0.07	0.16	+/-0.02	0.001
P -K	0.0020	1.287	0.12	0.26	+/-0.02	0.002
Na-K	0.0007	2.537	0.11	0.17	+/-0.08	0.002
Mg-K	0.0007	1.842	0.08	0.13	+/-0.02	0.001
K -K	0.0027	1.192	0.12	0.32	+/-0.02	0.002
Ca-K	0.0017	1.165	0.07	0.20	+/-0.03	0.001
Mn-K	0.0001	1.327	0.00	0.01	+/-0.05	0.000
Fe-K	0.0000	1.314	0.00	0.00	+/-0.00	0.000
Co-K	0.0001	1.341	0.00	0.01	+/-0.07	0.000
Cu-L	0.0006	2.844	0.04	0.16	+/-0.12	0.001
Zn-L	0.0019	2.471	0.10	0.46	+/-0.13	0.002
Cl-K	0.0021	1.224	0.10	0.25	+/-0.04	0.002
Al-K	0.0007	1.564	0.06	0.10	+/-0.02	0.001
Total			100.00	100.00		0.650

Tartışma ve Sonuç

Bitkilerin en yüksek selenyum içerikleri büyüme uçları ve köklerde mevcuttur, bu elementin bitkinin farklı organlarındaki dağılımı ve konsantrasyonu ise bitki türleri, büyüme evresi ve toprağa ilave edilen selenyum miktarları ile değişebilmektedir (Aller ve ark. 1990). Selenyum içerikleri yüksek topraklarda yetişen ve indikatör türler olarak adlandırılan kimi bitki türlerinin diğer türlerden 10 kat daha fazla selenyum biriktirebildikleri bilinmektedir (Poole ve ark. 1989). Örneğin bazı *Astragalus* türleri ile *Stanleya pinnata*'nın tohumları kuru ağırlıklarının %10'nuna varan oranlarda selenyum biriktirebilirler (Peterson, 1993). *Astragalus bisulcatus* ve *Pascopyrum smithii*'nin organik selenyum alımlarını inceleyen bir çalışmada bitkiler 1 yada 2 mg/l sodyum selenit, 0.3 yada 0.6 mg/l selenomethionin yada selenosistin ile zenginleştirilmiş besin çözeltilerinde gelişmeye terk edildiklerinde, büyümenin selenyum uygulamalarından etkilenmediği, sodyum selenit ve selenosistinde geliştirilen her iki bitki türünde ve keza *Pascopyrum smithii* selenomethioninde geliştirildiği zaman, sürgünlerdeki selenyum konsantrasyonlarının besin çözeltilerinin selenyum konsantrasyonları ile orantılı olduğu, düşük selenyum uygulamalarında geliştirilen *Astragalus*

bisulcatus sürgünlerinin sodyum selenit, selenomethionin ve selenosistin uygulamaları için sırasıyla 243, 283 ve 47 µg/g selenyum içerdikleri buna karşın *Pascopyrum smithii*'de aynı konsantrasyonlarda sürgünlerin selenyum içeriklerinin 20, 32 ve 17 µg/g selenyuma karşılık geldiği gözlenmiş, sodyum selenit, selenomethionin ve selenosistin için sürgün:kök selenyum oranları ise *Astragalus bisulcatus*'da 1.2, 0.7 ve 0.4; *Pascopyrum smithii*'de 0.1, 0.5 ve 0.1 olarak saptanmıştır (Williams ve Mayland, 1992). *Populus tremula* x *Populus alba* hibriti ile yapılan bir çalışmada X-ışını absorpsiyon spektroskopisi analizleri bitkide selenatın yavaş yavaş, fakat selenitin süratle metabolize edilerek organik selenyuma dönüştürüldüğünü göstermiştir (Pilon-Smits ve ark. 1998). *Hordeum vulgare* danelerinde selenyum dağılımı, çimlenmekte olan 8-16 gün yaşlı genç fideciklerde selenyum alımı ve döngüsünü araştıran bir çalışmada kuru danelerde en yüksek selenyum konsantrasyonunun yaklaşık 0.6 ppm selenyum ile dış kabukta ve perikarpıda gözlemlendiği, skutellumun 0.4 ppm, embriyonun 0.3 ppm, alevron tabakası, embriyonik yapraklar ve kök primordiası gibi diğer dokuların yaklaşık 0.2 ppm selenyum içerdikleri ve fide gelişiminin 8 nci ve 16 ncı günleri arasında selenyum alımının lineer olduğu belirlenmiştir (Huang ve Clausen, 1994).

Aynı çalışmada 0.34 mM selenyum uygulanması durumunda konsantrasyon danede 6.87 ppm'e, köklerde 8.13 ppm'e yükselmiş, alım ve katabolizma oranları ise köklerde danelerden yaklaşık 10 kat daha yüksek olarak saptanmıştır (Huang ve Clausen, 1994).

Bizim çalışmamızda besin çözeltilerine 1 ppm selenyum uygulanması durumunda, *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin kök epidermal hücrelerinde selenyum elementine rastlanmadı. 100 ve 200 ppm selenyum konsantrasyonlarında hücrelerin selenyum içeriklerinde artışlar gözlenmekle birlikte, 100 ve 200 ppm değerlerinin birbirine çok yakın ortalama değerler oldukları saptandı. Besin çözeltilerine 500 ppm selenyum uygulanması durumunda, kök epidermal hücrelerinin selenyum içeriklerinde çok belirgin bir artış kaydedildi. 1000 ppm'den itibaren ise hücrelerin selenyum içeriklerinde düşüşler söz konusu idi. 1000 ppm'de radikula epidermal hücrelerinin de önemli ölçüde selenyum biriktirebildikleri gözlemlendi. Çalışmamızda besin çözeltilerine 1 ve 100 ppm selenyum uygulanması durumunda hipokotil epidermal hücrelerinde selenyum elementine rastlanmazken, 200 ppm'de hücrelerin selenyum içeriklerinde çok dikkat çekici bir artış saptandı ve 200 ppm'de hipokotil epidermal hücrelerinde belirlenen selenyum içeriğinin aynı konsantrasyonda kök epidermal hücrelerinde belirlenen değerden yüksek olduğu görüldü. 500 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren de hipokotil epidermal hücrelerinin selenyum içeriklerinde düşüşler belirlendi. Besin çözeltilerine 1 ppm selenyum uygulanması durumunda kotiledon üst ve alt epidermal hücrelerinde selenyum elementine rastlanmazken, 100 ppm'de her iki epidermal hücrenin de selenyum içeriklerinde artışlar kaydedildi. Ancak kotiledon üst epidermal hücrelerinin selenyum içerikleri daha yüksekti.

Bitkilerin mineral besin elementi alımlarına toksik konsantrasyonlarda uygulanan selenyumun etkilerini inceleyen çalışmalarda çoğunlukla selenyum-kükürt ilişkilerine dikkat çekildiğini görmekteyiz. Bir çalışmada yüksek konsantrasyonlarda toprak selenyumu içeren ortamlarda yetiştirilen *Melilotus indica*'nın bitki ve nodül dokularının selenyum konsantrasyonlarının toprak sülfat konsantrasyonu ile negatif

korelasyonlar gösterdiği bildirilmektedir (Wu ve ark. 1994). *Ruppia maritima*'da selenyum alımı üzerine sülfat etkilerini araştıran bir başka çalışmada ise yüksek ve düşük sülfat şartları altında selenomethionin için ve düşük sülfat şartları altında selenat için biokonsantrasyon faktörlerinin çok yüksek olduğu belirlenmiştir (Bailey ve ark. 1995). *Allium cepa*'nın 4 kültür varyetesi ile yapılan bir çalışmada, bitkiler modifiye edilmiş besin çözeltilerinde $2 \text{ mgL}^{-1} \text{ Na}_2\text{SeO}_4$ ($1.51 \text{ mgL}^{-1} \text{ SeO}_4$) ilavesi ile olgunluk devresine kadar geliştirildiklerinde, inceleme kapsamına alınan tüm genotiplerde selenyumun bulbların toplam kükürt içeriğini azaltırken, 3 genotipte sülfat olarak biriktirilen toplam kükürt yüzdesini arttırdığı saptanmıştır (Kopsell ve Randle, 1999). *Brassica juncea*, *Brassica oleracea*, *Beta vulgaris* ve *Oryza sativa* bitkilerine su kültürü uygulamalarında 20 mM selenyum, Na_2SeO_4 , Na_2SeO_3 yada L-selenomethionin formunda ve artan sülfat konsantrasyonları ile beraber uygulandığında, SeO_4 ilave edilen bitkilerin sürgünlerinin en fazla miktarda selenyum biriktirdiği, bunu L-selenomethionin ve daha sonra SeO_3 ile elde edilen sonuçların izlediği, köklerde ise en yüksek selenyum konsantrasyonlarına L-selenomethionin ilave edildiği zaman ulaşıldığı, bu sonuçları SeO_3 ve daha sonra SeO_4 'ın izlediği belirlenmiştir (Zayed ve ark. 1998). Keza X-ışını absorpsiyon spektroskopisi analizleri bu bitkilerde SeO_4 formunda alınan selenyumun büyük çoğunluğunun değişmeden kaldığını, oysa SeO_3 yada L-selenomethionin formunda selenyum ilave edilen bitkilerin yalnızca selenomethionin benzerleri içerdikleri saptanmıştır (20). Aynı çalışmada sülfat seviyelerinin 0.25'den 10 mM'a artışı SeO_3 ve L-selenomethionin alımını %33 ve %15-22 oranında inhibe ederken, SeO_4 alımının %90'nının inhibisyonu ile karşılaşmıştır (Zayed ve ark. 1998). Severson ve Gough tarla şartlarında, topraklarda ve *Medicago sativa* dokularında toplam selenyum ve kükürt yada çözünür selenat ve sülfat konsantrasyonları arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışmalarında, *Medicago sativa*'da selenyum akümülyasyon oranının yüksek selenyum ve kükürt konsantrasyonları ölçülen topraklarda azaltılabileceğini, keza *Medicago sativa*'nın selenyum alımı üzerinde topraktaki karbonat ve sülfat mineralleri arasındaki dengenin toprak çözeltisinin selenat ve sülfat dengesinden daha

büyük etkisi olabileceğini belirtmektedirler (Severson ve Gough, 1992). Bir diğer görüşe göre besin çözeltilerindeki sülfat konsantrasyonu artışı ile birlikte bitki dokularının da sülfat konsantrasyonu gittikçe artarak selenat ile kükürt asimilasyon yolu enzimleri için rekabete girer; bu iç rekabette çoğunlukla selenoamino asitlerinde özellikle selenomethionin üretiminde azalmaya neden olur (Zayed ve Terry, 1992).

Bizim çalışmamızda besin çözeltilerine 1, 100 ve 200 ppm selenyum uygulanması durumunda kök epidermal hücrelerinin kükürt içeriklerinde düzenli artışlar gözlemlendi. 500 ve 1000 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren de kök epidermal hücrelerinin kükürt içeriklerinde düşük, ancak birbirine benzer değerler elde edildi. 1000 ppm selenyum konsantrasyonunda özellikle radikula epidermal hücrelerinin kükürt içeriklerindeki düşüş dikkat çekici idi. Radikula epidermal hücrelerinin kükürt içeriklerinde aynı serilerin kök epidermal hücrelerinde gözlenen değerler ile karşılaştırıldığında yaklaşık %50'ye varan oranlarda bir kayıp söz konusu idi. Hipokotil epidermal hücrelerinin kükürt içeriklerinde 200 ppm selenyum konsantrasyonuna kadar düzenli artışlar gözlenirken, 500 ppm'de 200 ppm değerine çok yakın bir ortalama değer elde edildi. 1000 ppm'de ise hipokotil epidermal hücrelerinin kükürt içeriklerinde önemli bir düşüş söz konusu idi. Selenyum 1 ve 100 ppm konsantrasyonlarında uygulandığında, kotiledon epidermal hücrelerinin kükürt içeriklerinde artışlar kaydedildi. Hücrelerin kükürt içeriklerindeki artışların özellikle kotiledon alt epidermal hücreleri için daha önemli olduğu görüldü. Bu yüzden literatürde L-selenomethionin, SeO_3 , ve özellikle bir sülfat antagonisti olarak tanımlanan SeO_4 uygulamalarında işaret edilen durumların bizim çalışmamızda kökçük, hipokotil ve kotiledon epidermal hücrelerinde 500 ve 1000 ppm serileri dikkate alınmazsa, SeO_2 uygulamaları için çok geçerli olduğunu söylememiz mümkün değildir. Ancak radikula epidermal hücrelerinin kükürt içeriklerinde SeO_2 uygulamalarına bağlı olarak gözlenen düşüşün derecesi dikkat çekicidir.

Festuca arundinacea'de selenyum akümülyasyonunun fizyolojik mekanizmasını belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada selenyum ve tuz toleransının genetik varyasyonlar

gösterdiği saptanmış, aynı zamanda selenyum toleransı ve tuz toleransının birbirinden bağımsız olduğu, doku selenyum ve tuz konsantrasyonları ile negatif korelasyonlar gösterdiği belirlenmiştir (Wu ve Huang, 1991). Aynı araştırmacı grubunun yaptığı benzer bir çalışmada *Festuca arundinacea* ve *Trifolium repens* bitkileri selenyum asimilasyonu ve besin elementi alımları açısından incelendiklerinde, iki bitki türü arasında selenyum toleransı açısından önemli farklar bulunduğu gözlenmiş, selenyum uygulaması altında bitkilerin kalsiyum konsantrasyonları artarken, fosfor konsantrasyonlarının azaldığı saptanmış, *Trifolium repens*'te doku selenyum konsantrasyonu artışı ile birlikte demir miktarı da artış gösterirken, şiddetli büyüme inhibisyonu şartları altında yine *Trifolium repens*'te bakır, mangan ve çinko konsantrasyonlarının da arttığı belirlenmiştir (Wu ve Huang, 1992). Bir çalışmada *Helminthia echinoides* selenyumunu 2.05'den 7.9 ppm'e değişen oranlarda akümüle ederken, doku selenyum konsantrasyonlarının fosfor, mangan, çinko, nikel, kobalt ve kadmiyum ile pozitif korelasyonlar gösterdiği saptanmış, *Trifolium repens*'te ise 2'den 32.5 ppm'e değişen oranlarda selenyum, potasyum, kobalt ve molibden seviyeleri ile pozitif korelasyonlar gösterirken, selenyum absorpsiyonunun demir, alüminyum, nikel ve arsenik ile inhibe edildiği saptanmıştır (Arvy, 1992). *Triticum aestivum* ve *Pisum sativum*'da bakır ve kadmiyum alımı ve toksisitesi üzerine selenyumun etkilerini inceleyen bir çalışmada, besin çözeltilerine kadmiyum, bakır, selenit ve selenat yalnız olarak yada selenit veya selenat, bakır veya kadmiyum ile kombine edilerek uygulandığında, selenit bezelye köklerinin kadmiyum konsantrasyonunu %300'e varan oranlarda arttırırken, selenat ise buğday sürgünlerinin kadmiyum içeriklerinde %50'ye varan oranlarda artışlara neden olmuştur (Landberg ve Greger, 1994). Buna karşın *Zea mays*'da kadmiyum alımı üzerine selenit ve selenat etkilerini araştıran bir başka çalışmada 0-6 µg/ml selenit yada selenat 2 yada 5 µg/ml kadmiyum ile kombine edilerek uygulandığında, inceleme kapsamına alınan her iki kadmiyum konsantrasyonunda da kök ve sürgünlerdeki kadmiyum içeriklerinin selenit ve selenat yoluyla azaltıldığı belirlenmiş, azalmaların genellikle köklerde sürgünlerden daha dikkat çekici olduğu görülmüş, fakat iki selenyum kaynağı

arasında ise önemli bir farklılığın olmadığı saptanmıştır (Shanker ve ark. 1996).

Bizim çalışmamızda besin çözeltilerine 1 ppm selenyum uygulanması *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin toplam sodyum alımlarında hafif bir artışa neden olurken, 10 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren fideciklerin sodyum içeriklerinde düşüslere tanık olundu. Fideciklerin sodyum içeriklerinde gözlenen düşüş özellikle 50 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren dikkat çekici idi. Besin çözeltilerine 1 ve 10 ppm selenyum uygulanması fideciklerin toplam magnezyum içeriklerinde de artışlara neden olurken, 50 ppm selenyum konsantrasyonundan itibaren magnezyum içeriklerinde düzenli düşüşler saptandı. Ancak 50 ppm değerinin Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen değerden

yüksek olduğu görüldü. 100 ppm selenyum konsantrasyonu dışındaki inceleme kapsamına alınan tüm serilerde fideciklerin toplam fosfor ve kobalt içerikleri Murashige-Skoog besin çözeltileri ile elde edilen değerden yüksek iken, besin çözeltilerine artan konsantrasyonlarda selenyum uygulanması *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin toplam potasyum ve kalsiyum alımlarında çok belirgin ve düzenli düşüslere neden oldu. Artan selenyum konsantrasyonlarına bağlı olarak fideciklerin toplam azot ve demir alımlarında da düşüşler gözlemlendi. Ancak bunun azot ve özellikle demir elementleri için selenyum konsantrasyonları artışlarına bağlı lineer bir düşüş olmadığı saptandı. Buna karşın selenyum uygulamalarının fideciklerde molibden alımını tümüyle inhibe ettiği görüldü.

Kaynaklar

- Aller, A.J., Bernal, J.L., Nozal, M.J., Deban, L., 1990. Effects of selected trace elements on plant growth. *J. Sci. Food Agric.*, 51: 447-479.
- Arvy, M.P., 1992. Some aspects of selenium relationships in soils and plants. *Communucations in Soil Science and Plant Analysis*, 23: 13-14, 1397-1407.
- Bailey, F.C., Knight, A.W., Ogle, R.S., Klaine, S.J., 1995. Effect of sulfate level on selenium uptake by *Ruppia maritima*. *Chemosphere*, 30: 3, 579-591.
- Biacs, P.A., Daood, H.G., Kadar, I., 1995. Effect of Mo, Se, Zn and Cr treatments on the yield, element concentration and carotenoid content of carrot. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43: 3, 589-591.
- Byl, T.D., Sutton, H.D., Klaine, S., 1994. Evaluation of peroxidase as a biochemical indicator of toxic chemical exposure in the aquatic plant *Hydrilla verticillata*, Royle. *Environmental Toxicity and Chemistry*, 13: 3, 509-515.
- Chaney, R.L., Clapp, C.E., Larson, W.E., Dowdy, R.H., 1994. Trace metal movement: soil plant systems and bioavailability of biosolids applied metals. *Sewage sludge: Land utilization and the environment*: Sheraton Airport Inn., Bloomington, MN., USA, 11-13 August, 1993, 27-31.
- Dhillon, K.S., Bawa, S.S., Dhillon, S.K., 1992. Selenium toxicity in some plants and soil of Punjab. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 40: 1, 132-136.
- Huang, K.X., Clausen, J., 1994. Uptake distribution and turnover rates of selenium in barley. *Biological Trace Element Research*, 40: 3, 213-235.
- Kopsell, D.A., Randle, W.M., 1999. Selenium Affects the S-alk(en)yl Cysteine Sulfoxides among Short-day Onion Cultivars. *The J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 124: 3, 307-311
- Landberg, T., Greger, M., 1994. Influence of selenium on uptake and toxicity of copper and cadmium in pea (*Pisum sativum*) and wheat (*Triticum aestivum*). *Physiologia Plantarum*, 90: 4, 637-644.
- Mayland, H.F., Gough, L.P., Steward, K.C., 1990. Selenium mobility in soils and its absorption, translocation and metabolism in plants. *Proceedings of the 1990 Billings Land Reclamation Symposium on selenium in arid and semiarid environments*, Western United States, March 25-30, Billings, Montana, 55-64.
- Munshi, C.B., Combs, G.F., Mondy, N.I., 1990. Effect of selenium on the nitrogenous constituents of the potato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 11, 2000-2002.
- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15: 473-497.
- Padmaja, K., Somasekharaiah, B.V., Prasad, A.R.K., 1995. Inhibition of chlorophyll synthesis by selenium: involvement of lipooxygenase mediated lipid peroxidation and antioxidant enzymes. *Photosynthetica*, 31: 1,1-7.

- Peterson, P. J., 1993. *Plant adaptation to environmental stress: Metal pollution tolerance*. Ed. Fowden, L., Mansfield, T., Stoddart, J. Chapman&Hall, 171-188.
- Pilon-Smits, E.A.H., Souza, M.P., Lytle, C.M., Shang, C., Lugo, T., Terry, N., 1998. Short communication. Selenium volatilization and assimilation by hybrid poplar *Populus tremula x alba*. *The Journal of Experimental Botany*, 49: 328, 1889-1892.
- Poole, S.C., Bohman, V.R., Young J.A., 1989. Review of selenium in soils, plants and animals in Nevada. *Great Basin Naturalist*, 49: 2, 201-213.
- Semiz, B. D. 1984. Bitki beslenmesinde mineraller. *Doğa Bilim Dergisi*, 8: 2, 282-291.
- Severson, R.C., Gough, L.P., 1992. Selenium and sulfur relationships in alfalfa and soil under field conditions, San Joaquin Valley, California. *Journal of Environmental Quality*, 21: 3, 353-358.
- Shanker, K., Mishra, S., Srivastava, S., Srivastava, R., Dass, S., Prakash, S., Srivastava, M.M., 1996. Effect of selenite and selenate on plant uptake of cadmium by maize (*Zea mays* L.). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 56: 3, 419-424.
- Williams, M.C., Mayland, H.F., 1992. Selenium absorption by two grooved milkvetch and western wheatgrass from selenomethionine, selenocystine and selenite. *Journal of Range Management*, 45: 4, 374-378.
- Wu, L., Emberg, A., Biggar, J.A., 1994. Effects of elevated selenium concentration on selenium accumulation and nitrogen fixation symbiotic activity of *Melilotus indica* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 27: 1, 50-63.
- Wu, L., Huang, Z.Z., 1991. Selenium tolerance, salt tolerance and selenium accumulation in tall fescue lines. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 21: 1, 47-56.
- Wu, L., Huang, Z.Z., 1992. Selenium assimilation and nutrient element uptake in white clover and tall fescue under the influence of sulphate concentration and selenium tolerance of the plants. *Journal of Experimental Botany*, 43: 249, 549-555.
- Zayed, A., Lytle, C.M., Terry, N., 1998. Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants, *Planta*, 206, 2, 284-292.
- Zayed, A.M., Terry, N., 1992. Selenium volatilization in broccoli as influenced by sulfate supply. *Journal of Plant Physiology*, 140: 6, 646-652.

Teşekkür

Bu çalışmada Spektrofotometre, Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi, Alev Fotometresi ve Kjeltec Azot Cihazı ile yapılan analitik ölçümler Sayın Salim TÜRKEL'in çok değerli katkılarıyla gerçekleşmiştir. Kendilerine sonsuz teşekkür ederiz.