

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

BAZI DOMATES VE TÜTÜN GENOTİPLERİ ÜZERİNE FARKLI KONSANTRASYONLARDA UYGULANAN NİKELİN ETKİLERİ

Ercan ÇATAK¹, Güler ÇOLAK¹, Süleyman TOKUR¹, Orhan BİLGİÇ²

ÖZ

Fotoperyot uygulanan ve karanlık şartlarda yetiştirilen *Lycopersicon esculentum* Mill. (domates) ve *Nicotiana tabacum* L. (tütün) türlerinde NiCl₂.6H₂O formunda tercih edilen ve toplam 13 farklı konsantrasyonda uygulanan nikel elementinin etkisiyle bitkilerin morfolojik ve fizyolojik bazı özelliklerinde gözlenen değişimleri incelemeyi amaç edindik. Çalışmamızda tohumların çimlenme özelliklerinde 1000, 2000 ve özellikle 5000 ppm nikel konsantrasyonlarından itibaren önemli sayılabilecek düşümlere tanık olunurken, kökçük, hipokotil, kotiledon ve ek kök gelişimlerinin de yüksek konsantrasyonlarda uygulanan nikelin etkisi ile önemli ölçüde indirildiği belirlendi. *L. esculentum* Mill. (domates) fideciklerinin Ni⁺² katyonu analizleri açısından değerlendirme kapsamına alınan tüm serilerinde, kökçük, hipokotil, kotiledon ve testalarda nikel birikimleri tespit edilirken, *N. tabacum* L. (tütün) fideciklerinde birikimler 100 ve özellikle 200 ppm nikel konsantrasyonlarından itibaren belirlenebildi. Her iki bitki türünün kontrol gruplarında ise Ni⁺² katyonu saptanamadı.

Anahtar kelimeler: Nikel, *Nicotiana tabacum*, *Lycopersicon esculentum*.

EFFECTS OF NICKEL APPLICATION IN DIFFERENT CONCENTRATION ON SOME TOMATO AND TOBACCO GENOTYPES

ABSTRACT

In this study, we aimed to investigate some changes, observed in the morphological and physiological properties of *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomato) and *Nicotiana tabacum* L. (tobacco) plants related to nickel application in form of NiCl₂.6H₂O in 13 different concentration and being grown in dark conditions by using photoperiod. We observed significant decreases in the germination percentages of seed starting from 1000, 2000 and 5000 ppm concentrations of nickel and determined the essentially reduced growing of the root, hypocotyls, cotyledones and lateral root by the effect of nickel application in high concentrations. We determined nickel accumulation in the root, hypocotyl and cotyledones of the tomato seedlings in all of examined series but only since 100 especially 200 ppm nickel concentrations in *N. tabacum* L. seedlings. We were not able to determine Ni⁺² cation in the control groups of both plants.

Key Words: Nickel, *Nicotiana tabacum*, *Lycopersicon esculentum*.

1. GİRİŞ

Bitki büyüme ve gelişimi için mutlak gereksinim duyulan besinler inorganik niteliktedirler. Birçok bitki türü büyüme ve üreme için gerekli olan makro ve mikro elementlere ek olarak toprakta bulunan diğer ele-

mentleri de değişen derecelerde bünyelerinde biriktirebilmektedirler (Peterson,1993). Ağır metal kirliliğine yol açan elementler de bitkinin toprak altı ve toprak üstü organları vasıtasıyla, genotiplere göre farklılaşan oranlarda topraktan ve atmosferden alınabilirler. Metal alımında bitkinin yaşadığı ortamın ekolojik ve

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

2 Osmangazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Eskişehir-TÜRKİYE

Tel: 0 (222) 229 04 33 Faks: 0 (222) 239 47 14

Geliş: 31 Aralık 1999; Kabul: 15 Haziran 2000.

fizikokimyasal özellikleri de etkili olmaktadır. Bir çalışmada asidik toprakların bitkilerin çinko, kadmiyum, nikel, mangan ve kobalt alımlarını, alkalın toprak pH'sının ise molibden ve selenyum alımlarını arttırdığı ifade edilmektedir (Chaney vd, 1994).

Nikel bitki yaşamında daha çok toksik etkileri ile tanımlanan bir elementtir. Bir çalışmada *Dianthus caryophyllus*'un bir kültür varyetesinde 0,1 ve 0,01 mM'dan daha yüksek nikel konsantrasyonlarının kallus ve hücre süspansiyon kültürleri için çok toksik olduğu ifade edilmektedir (Gabbrielli vd. 1995). Kala ve ark. (1992) toprağa 40 mg/kg düzeyinde ve klorür formunda ilave ettikleri nikelin, inceleme kapsamına aldıkları üç farklı bitki türünün kuru madde verimlerinde %5-12 ve hatta 21'lere varan düzeylerde azalmalara neden olduğunu saptamışlardır. Artan konsantrasyonlarda nikel uygulanan (50, 100, 150 ve 200 mg/kg) topraklarda yetiştirilen *Vigna mungo*'nun 4 kültür varyetesi ile yapılan bir çalışmada, tohum ekiminden 45 gün sonra test edilen tüm seviyelerde nikelin kök ve sürgün uzunlukları ve kuru madde verimlerini, kök nodüllerinin sayısını ve yaprak alanını azalttığı bildirilmektedir (Lakshmanachary vd. 1995). *Phaseolus vulgaris*'in iki kültür varyetesi kullanılarak yapılan bir çalışmada ise; bitkiler 1, 2 yada 4 mg/l nikel içeren besin çözeltilerinde yetiştirildiklerinde, çözeltideki nikel konsantrasyonları artarken, bitkilerin tohum verimlerinin azaldığı ve 4 mg/l nikel uygulanması sonucunda her iki genotipte de tohum üretiminin olmadığı belirlenmiştir (Piccini ve Malavolta, 1992). Poulík (1997) 14, 28, 56, 84 yada 168 mg/kg nikel maruz bıraktığı yulaf bitkilerinde dane verimlerinin 14-56 mg nikel uygulanması durumunda önemli ölçüde arttığını, buna karşın 168 mg nikel uygulanmasının bitkilerde ölüm olayı ile sonuçlandığını gözlemiştir. Bazı bitkilerin de nikel elementine gereksinim gösterdikleri belirlenmiştir (Semiz, 1984). Watanabe ve ark. (1997) *L. esculentum* ile yaptıkları çalışmalarında 0,05 ppm nikel içeren bir ortamda yetiştirdikleri bitkilerin kuru ağırlık oranlarında artışlar gözlediklerini ifade etmektedirler. Krogmeier ve ark. (1991) ise soya fasulyesinde yaptıkları çalışmalarında nikelin üreaz enziminin gerekli bir bileşeni olduğunu, üre ile yaprak gübrelemesi yapılan bitkilerin farklı nikel konsantrasyonlarını içeren besin çözeltilerinde yetiştirilmeleri durumunda besin çözeltisindeki nikel içeriğinin azalışı ile birlikte yaprakların üreaz aktivitelerinin de azaldığını, buna karşın ürenin toksik miktarlarının birikimi nedeniyle yaprak ucu nekrozisi gözlemlendiğini, bu nedenle nikel noksanlığı görülen bitkilerde üre ile yaprak gübrelemesi yapıldığı zaman yaprakların yanmaya karşı daha hassas olabileceklerini belirlemiştir.

Solanaceae familyası 90 cins ve 2500 kadar tür içeren, ülkemizde de 12 cins ve 36 türü doğal yayılış gösteren kozmopolit bir familya olarak tanımlanmakta-

dır (Seçmen vd. 1995). Türlerinden birçoğu insanlar tarafından kültüre alınarak ilaç, besin ve süs bitkisi olarak değerlendirilebilmektedir (Yaltırık ve Efe, 1989). Bu familyadan *L. esculentum* Mill. (domates) ve *N. tabacum* L. (tütün) türleri ülkemiz ekonomisi açısından büyük öneme sahip kültür bitkileridir. Özellikle tütün bitkisinin başka kültür bitkilerinin yetişemediği meyilli, verimsiz ve marjinal alanların değerlendirilmesinde önemli bir rol oynayabileceği ifade edilmektedir (Elçi vd. 1987). Bu çalışmada *Solanaceae* familyasına ait *L. esculentum* Mill. (domates) ve *N. tabacum* L. (tütün) türlerinin ikişer farklı kültür varyetesini kullanarak, nikel uygulamalarına bağlı olarak bitkilerin morfolojik ve fizyolojik bazı özelliklerinde gözlenen değişimleri incelemeyi amaçladık. Çalışmada her iki türe ait ikişer farklı kültür varyetesinin kullanılma amacı ise, aynı familyadan iki farklı türün nikel uygulamalarına bağlı olarak morfolojik ve fizyolojik bazı parametrelerde gösterdikleri tepkilerin tür içinde de genotip düzeyinde incelenmek istenmesiydi. Bunun yanında nikel bir çevresel stresle (ışık noksanlığı) kombine edilerek de uygulanarak, fitotoksik etkilerindeki değişimler incelendi.

2. MATERYAL VE METODLAR

2.1 Materyal

Çalışmada materyal olarak *Solanaceae* familyasından *L. esculentum* Mill. (domates) ve *N. tabacum* L. (tütün) türlerine ait ikişer kültür varyetesi kullanıldı. *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) tohumları Eskişehir Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden, *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) tohumları ise Ege Üniversitesi'nden temin edildi.

2.2 Metodlar

2.2.1 Tohum sterilizasyonu ve ekim işlemleri

Çalışmanın başlangıcında araştırma materyalini teşkil eden *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) ile *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) tohumları bir seri yüzeysel sterilizasyon işlemine tabi tutuldular. Bunun için tohumlar öncelikle % 96'lık etil alkol içinde 1 dakika süre ile bekletildiler. Daha sonra domates tohumları için %5, tütün tohumları için %3 konsantrasyonunda hazırlanan sodyum hipoklorit çözeltileri içerisine alındılar. Sterilizasyon çözeltisi içerisinde bekletilme süresi domates tohumları için 30-35 dakika, tütün tohumları için 20-25 dakika arasında değişti. Bu sürelerin sonunda bitki tohumları steril saf su banyolarından geçirilmek suretiyle sodyum hipokloritten arındırıldılar.

Sterilizasyon işlemi tamamlanan bitki tohumları, içlerinde kurutma kağıtları bulunan steril petri kapları-

na steril bir ortamda ve steril pensler yardımı ile 100'er adet olmak üzere ekildiler. Her genotip ve her uygulama için 200'er adet tohum inceleme kapsamına alındı.

2.2.2 Çözelti uygulanması

Çalışmada $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ formunda nikel içeren ve toplam 13 farklı konsantrasyonda hazırlanan çözeltiler besi ortamı olarak kullanıldılar. Bu konsantrasyonlar 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 ve 10000 ppm şeklinde düzenlendi. Ayrıca bütün serilerde bir de kontrol grup bulunduruldu. Kontrol grubu oluşturan bitki tohumlarına ise araştırma süresince yalnızca saf su verildi. Böylelikle her bir seri için 14 farklı uygulama gerçekleştirilmiş oldu. Ancak yapılan ön hazırlık çalışmalarında *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) tohumlarının gerek kontrol gruplarında, gerekse nikel uygulanan serilerinde yeterli tohum çimlenme oranları ve fide gelişimlerine tanık olunamadığı için, tütün tohumlarına domates tohumlarından farklı olarak araştırma süresince KNOP besin çözeltisi de uygulandı. Bu uygulama esnasında KNOP çözeltisi miktarları uygulanan nikel çözeltilerine eşit miktarlarda olacak şekilde ayarlandı. Tütün tohumlarının kontrol gruplarına ise eşit miktarlarda saf su ve KNOP çözeltisi uygulamaları yapıldı.

2.2.3 İnkübasyon şartları

Sterilizasyon ve ekim işlemleri tamamlanan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) ile *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) tohumlarında iki farklı uygulama gerçekleştirildi. Bunun için aynı genotipe ait olan ve her bir seri için 100'erli gruplar halinde toplam 200'er adet olarak ekimi yapılan tohumların yarısı 16 saat ışık, 8 saat karanlık şeklinde bir fotoperyot düzeni uygulanan ve $25 \pm 2^\circ C$ sıcaklığı olan bir kültür odasında gelişmeye alındılar. Aynı genotipe ait olan ve aynı deneysel işlemlerden geçen diğer tohumlar ise, $25^\circ C$ sıcaklığı olan bir etüvde karanlık şartlarda gelişmeye terk edildiler.

2.2.4 Biyometrik ölçümler

L. esculentum Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) tohumları için 11-12 gün, *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) tohumları için 15-16 gün olarak tespit edilen inkübasyon süreleri sonunda tohumlarda öncelikle çimlenme yüzdeleri açısından bir değerlendirme yapıldı. Daha sonra fideciklerin kotiledon, hipokotil ve kökçükleri kesilerek birbirlerinden izole edildi. Milimetrik bir cetvel yardımıyla her bir serideki gelişme gösteren fideciklerin kök boyu, hipokotil boyu, kotiledon eni ve kotiledon boyu uzunlukları kaydedildi.

Fideciklerin köklerindeki ek kök sayıları belirlendi. Ancak tek bir petrideki işlemler uzun sürdüğü için, diğer çalışılacak petriyer ölçüm esnasında buzdolabında $+4^\circ C$ 'de muhafaza edildi.

2.2.5 Nikel analizi

Nikel analizleri 1, 10, 100 ve 200 ppm $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ çözeltilerinde ayrı ayrı yetiştirilen ve fotoperyot uygulanan 15 gün yaşlı *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) ile *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) fidelerinde gerçekleştirildi. Ayrıca her genotip için bir de kontrol grup bulunduruldu. İnkübasyon süreleri sonunda öncelikle fideciklerin kökçük, hipokotil, kotiledon ve testaları birbirlerinden izole edilerek ağırlıkları belirlendi. Daha sonra her bir örnek saf su ile yıkanarak laboratuvar şartlarında kurutuldu. Örnek objeler cam şişeler içerisine alınarak üzerlerine eşit miktarlarda nitrik ve hidroklorik asitler ilave edildi. Cam baget yardımıyla asitler içinde iyice ezilen materyal daha sonra filtre kağıtları yardımıyla süzüldü. Süzülen örneklerden eşit miktarlarda alınarak saf su ile belli bir optimuma kadar seyreltme işlemi yapıldı. Örneklerin nikel içerikleri Hitachi AA 180 model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde saptandı. Flame (Alevli) ortamda bu katyonlar litrede mg olarak belirlendi.

2.2.6 İstatistiksel değerlendirme

Verilerin değerlendirilmesi bilgisayarda SPSS paket programında yapıldı. Ortalamalar, standart hatalar ve yüzdelik değerler hesaplandı. Grupların karşılaştırılmasında, istatistiksel testlerden ANOVA tek yönlü varyans analizi veya Student's t testi yapıldı.

3. BULGULAR

3.1. Çimlenme

Fotoperyot uygulanan (16 saat ışık/8 saat karanlık) ve karanlık şartlarda yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) tohumlarının çimlenme özelliklerine 13 farklı konsantrasyonda uygulanan nikelin etkileri incelendiğinde, her iki seride de kontrol grup dahil 2000 ppm'e kadar olan nikel konsantrasyonlarında tohumların çimlenme özelliklerinde belirgin bir farklılık gözlenemezken, 2000 ppm ile başlayan hafif düşüşün, 5000 ve özellikle 10000 ppm nikel konsantrasyonlarında dikkat çekici boyutlara ulaştığı görüldü (Tablo 1).

Fotoperyot uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. İ-40 (domates) tohumlarında 200 ppm nikel konsantrasyonunda en yüksek çimlenme oranına ulaşılırken, 10, 20

ve 500 ppm nikel konsantrasyonlarında da çimlenme oranlarının yüksek olduğu belirlendi. 1000 ppm nikel konsantrasyonu ile başlayan hafif düşüş 2000 ve 5000 ppm nikel konsantrasyonlarında da benzer şekilde devam etti. 10000 ppm nikel konsantrasyonundaki azalma dikkati çekerken, kontrol grup dahil diğer serilerde birbirine benzer çimlenme oranları elde edildi. Aynı genotipin karanlık şartlarda yetiştirilen serilerinde 50 ppm'in en yüksek ortalama değeri verdiği görüldü. Kontrol grup dahil 5000 ppm'e kadar olan diğer nikel konsantrasyonlarında çimlenme oranlarının çok belirgin farklılıklar göstermediği saptandı. Çimlenme oranlarında önemli sayılabilecek düşüşler 5000 ppm nikel konsantrasyonu ile görülmeye başlandı (Tablo 1).

Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen her iki kültür varyetesinin artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme özellikleri karşılaştırıldığında, genel olarak H-2274 genotipinin çimlenme oranlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Her iki genotipinde fotoperyot ve karanlık uygulamalarında 2000 ppm gibi yüksek nikel konsantrasyonlarına dahi toleranslı davranması dikkat çekicidir. Her ne kadar H-2274 genotipinin çimlenme oranları genel bir değerlendirme yapıldığında daha yüksek bulunmakla birlikte, özellikle 5000 ve 10000 ppm gibi çok yüksek nikel konsantrasyonlarında bu tolerans mekanizmasının İ-40 genotipinde daha iyi çalıştığı söylenebilir (Tablo 1).

Fotoperyot şartlarında yetiştirilen *N. tabacum* L. cv. Karabağlar (tütün) tohumlarında en yüksek çimlenme oranına 10 ppm nikel konsantrasyonu ile ulaşıldı. Bunu kontrol grup ile elde edilen sonuçlar izledi. 5000 ppm'e kadar olan diğer nikel konsantrasyonları ile birbirine yakın çimlenme oranları elde edilirken, 5000 ppm nikel konsantrasyonu ile başlayan düşüşün 10000

ppm nikel konsantrasyonunda da belirginleşerek devam ettiği görüldü. Aynı genotipin karanlık şartlarda yetiştirilen serilerinde ise en yüksek çimlenme oranlarına 200 ve 1000 ppm nikel konsantrasyonları ile ulaşıldı. Bunları 2 ve 500 ppm nikel konsantrasyonları ile elde edilen sonuçlar izledi. Kontrol grup dahil 5000 ppm'e kadar olan diğer serilerde birbirine yakın çimlenme oranları elde edilirken, 5000 ve 10000 ppm nikel konsantrasyonlarında çimlenme oranları düşük bulundu (Tablo 1).

Fotoperyot uygulanan *N. tabacum* L. cv. Taşova (tütün) tohumlarının artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme özellikleri incelendiğinde, değerlendirme kapsamına alınan tüm nikel konsantrasyonlarında çimlenme oranlarının kontrol grup ile elde edilen değerden düşük olduğu görüldü. Çimlenme oranlarında özellikle 2000 ve 5000 ppm nikel konsantrasyonları ile başlayan düşüş 10000 ppm'de de belirginleşerek devam etti. Aynı genotipin karanlık şartlarda yetiştirilen serilerinde en yüksek çimlenme oranlarına 5 ve 100 ppm nikel konsantrasyonları ile ulaşıldı. Kontrol grup dahil 200 ppm'e kadar olan diğer nikel serileri ile birbirine yakın çimlenme oranları elde edilirken, 1000 ppm nikel konsantrasyonunda başlayan belirgin düşüşün daha yüksek konsantrasyonlarda da devam ettiği gözlemlendi (Tablo 1).

Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) tohumlarının çimlenme özellikleri artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak karşılaştırıldığında, uygulama kapsamına alınan tüm serilerde Karabağlar genotipinin çimlenme oranlarının Taşova genotipinden daha yüksek olduğu saptandı. Özellikle 1000 ppm ve daha yüksek nikel konsantrasyonlarına Karabağlar genotipinin daha toler-

Tablo 1. Artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak, fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) tohumları ile *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) tohumlarının çimlenme yüzdeleri (%).

| NiCl ₂ .6H ₂ O | H-2274 Fotoperyot | İ-40 Fotoperyot | H-2274 Karanlık | İ-40 Karanlık | Karabağlar Fotoperyot | Taşova Fotoperyot | Karabağlar Karanlık | Taşova Karanlık |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| Kontrol | 99 | 88 | 100 | 90 | 97 | 87 | 88 | 76 |
| 1 ppm | 96 | 86 | 99 | 81 | 92 | 86 | 88 | 71 |
| 2 ppm | 99 | 87 | 99 | 90 | 94 | 85 | 92 | 74 |
| 5 ppm | 100 | 88 | 96 | 90 | 91 | 78 | 81 | 79 |
| 10 ppm | 99 | 93 | 100 | 96 | 99 | 77 | 89 | 64 |
| 20 ppm | 99 | 93 | 97 | 89 | 94 | 79 | 88 | 70 |
| 50 ppm | 98 | 86 | 100 | 98 | 87 | 81 | 90 | 72 |
| 100 ppm | 100 | 88 | 98 | 95 | 90 | 78 | 91 | 79 |
| 200 ppm | 98 | 95 | 99 | 93 | 92 | 75 | 93 | 54 |
| 500 ppm | 99 | 90 | 99 | 93 | 91 | 78 | 92 | 69 |
| 1000 ppm | 97 | 80 | 99 | 89 | 95 | 74 | 93 | 35 |
| 2000 ppm | 92 | 84 | 91 | 94 | 87 | 68 | 79 | 14 |
| 5000 ppm | 82 | 80 | 62 | 72 | 73 | 63 | 75 | 11 |
| 10000 ppm | 24 | 50 | 36 | 53 | 69 | 43 | 60 | 7 |

anslı davrandığı, buna karşın Taşova genotipinin özellikle karanlık serisinde son derece duyarlı olduğu tespit edildi (Tablo 1).

3.2. Büyüme Üzerindeki Etkiler

Fotoperyot uygulanan ve karanlık şartlarda yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates)

ile *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) fidiciklerinde kökçük, hipokotil, kotiledon ve ek kök gelişimleri üzerine 13 farklı konsantrasyonda uygulanan nikelin etkileri kontrol grup sonuçları ile karşılaştırmalı olarak Tablo 2.1-2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.1. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fidiciklerinde artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak kök gelişimi (mm).

| NiCl ₂ ·6H ₂ O | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274 Fotoperyot Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | | | | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274 Karanlık Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | | | |
|--------------------------------------|--|----------------------------|---------------|---------------------------|--|----------------------------|---------------|---------------------------|
| | Konsantrasyon (ppm) | Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Kök Boyu Uzunluğu | Maksimum Kök Boyu Uzunluğu | Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Kök Boyu Uzunluğu |
| Kontrol | 55.0714 | 2.0409 | 8.0000 | 96.0000 | 29.6800 | 1.0832 | 6.0000 | 53.0000 |
| 1 ppm | 37.3158 | 1.7050 | 2.0000 | 84.0000 | 21.5051 | 1.0329 | 6.0000 | 56.0000 |
| 2 ppm | 45.5354 | 1.7744 | 4.0000 | 95.0000 | 20.1875 | 0.9557 | 2.0000 | 43.0000 |
| 5 ppm | 35.1100 | 1.6248 | 7.0000 | 88.0000 | 18.8542 | 0.8883 | 3.0000 | 40.0000 |
| 10 ppm | 44.9286 | 2.0154 | 9.0000 | 114.0000 | 25.3535 | 1.0915 | 3.0000 | 57.0000 |
| 20 ppm | 44.9479 | 1.9241 | 11.0000 | 92.0000 | 23.6563 | 1.3253 | 6.0000 | 60.0000 |
| 50 ppm | 36.8172 | 1.4773 | 12.0000 | 71.0000 | 22.7071 | 0.9747 | 2.0000 | 44.0000 |
| 100 ppm | 30.2424 | 1.1830 | 6.0000 | 68.0000 | 18.1633 | 0.8376 | 5.0000 | 43.0000 |
| 200 ppm | 21.5918 | 0.8967 | 6.0000 | 56.0000 | 15.1414 | 0.7482 | 2.0000 | 46.0000 |
| 500 ppm | 11.5532 | 0.4804 | 2.0000 | 25.0000 | 9.6753 | 0.3930 | 2.0000 | 21.0000 |
| 1000 ppm | 5.0260 | 0.2462 | 2.0000 | 11.0000 | 4.8177 | 0.2993 | 1.0000 | 14.0000 |
| 2000 ppm | 2.3243 | 0.1095 | 1.0000 | 5.0000 | 1.5604 | 0.0609 | 0.0000 | 3.0000 |
| 5000 ppm | 2.5122 | 0.0569 | 1.5000 | 4.0000 | 2.3871 | 0.0808 | 0.0000 | 3.0000 |
| 10000 ppm | 2.3125 | 0.0726 | 2.0000 | 3.0000 | 1.6944 | 0.1059 | 0.0000 | 3.0000 |
| Total | 29.0650 | 0.6285 | 1.0000 | 114.0000 | 16.5388 | 0.3409 | 0.0000 | 60.0000 |

F=150,06 ; P<0,001

F=104,96 ; P<0,001

Tablo 2.2. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. İ-40 (domates) fidiciklerinde artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak kök gelişimi (mm).

| NiCl ₂ ·6H ₂ O | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274 Fotoperyot Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | | | | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274 Karanlık Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | | | |
|--------------------------------------|--|----------------------------|---------------|---------------------------|--|----------------------------|---------------|---------------------------|
| | Konsantrasyon (ppm) | Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Kök Boyu Uzunluğu | Maksimum Kök Boyu Uzunluğu | Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Kök Boyu Uzunluğu |
| Kontrol | 21.5170 | 1.1271 | 0.5000 | 45.0000 | 34.4111 | 1.6708 | 1.0000 | 75.0000 |
| 1 ppm | 44.9529 | 2.1998 | 4.0000 | 91.0000 | 21.3813 | 1.6507 | 1.0000 | 80.0000 |
| 2 ppm | 27.5747 | 1.3845 | 4.0000 | 65.0000 | 19.8198 | 1.3256 | 1.0000 | 67.0000 |
| 5 ppm | 31.3851 | 2.2947 | 0.5000 | 99.0000 | 19.6591 | 1.4850 | 1.0000 | 70.0000 |
| 10 ppm | 36.3901 | 2.0420 | 2.0000 | 103.0000 | 18.6170 | 1.0844 | 2.5000 | 50.0000 |
| 20 ppm | 38.2278 | 1.7086 | 2.5000 | 86.0000 | 18.6517 | 1.0485 | 2.0000 | 57.0000 |
| 50 ppm | 27.4881 | 1.1122 | 11.0000 | 58.0000 | 19.0928 | 1.0384 | 4.0000 | 51.0000 |
| 100 ppm | 24.3140 | 1.1416 | 7.0000 | 57.0000 | 15.6277 | 0.6345 | 4.0000 | 35.0000 |
| 200 ppm | 18.9247 | 0.6378 | 6.0000 | 33.0000 | 13.8791 | 0.4857 | 3.0000 | 25.0000 |
| 500 ppm | 13.2556 | 0.6666 | 3.0000 | 33.0000 | 11.9402 | 0.5989 | 2.0000 | 28.0000 |
| 1000 ppm | 4.5541 | 0.2634 | 1.0000 | 10.0000 | 3.6573 | 0.2314 | 1.0000 | 12.0000 |
| 2000 ppm | 2.8810 | 0.1316 | 1.0000 | 7.5000 | 3.5057 | 0.3345 | 1.0000 | 22.0000 |
| 5000 ppm | 2.6875 | 0.0638 | 1.0000 | 3.5000 | 2.7986 | 0.0697 | 1.5000 | 5.0000 |
| 10000 ppm | 2.2800 | 0.0785 | 1.0000 | 3.0000 | 2.2115 | 0.0744 | 1.0000 | 3.0000 |
| Total | 22.1189 | 0.5359 | 0.5000 | 103.0000 | 15.2219 | 0.3690 | 1.0000 | 80.0000 |

F=103,42 ; P<0,001

F=74,61 ; P<0,001

Tablo 2.3. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *N. tabacum* L. cv. Karabağlar (tütün) fidiciklerinde artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak kök gelişimi (mm).

| NiCl ₂ ·6H ₂ O | <i>N. tabacum</i> L. cv. Karabağlar Fotoperyot Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | | | | <i>N. tabacum</i> L. cv. H-2274 Karabağlar Karanlık Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | | | |
|--------------------------------------|--|----------------------------|---------------|---------------------------|---|----------------------------|---------------|---------------------------|
| | Konsantrasyon (ppm) | Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Kök Boyu Uzunluğu | Maksimum Kök Boyu Uzunluğu | Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Kök Boyu Uzunluğu |
| Kontrol | 5.7579 | 0.2110 | 1.0000 | 10.0000 | 2.0966 | 0.0870 | 0.5000 | 5.0000 |
| 1 ppm | 7.2500 | 0.3611 | 2.0000 | 15.0000 | 2.4655 | 0.1030 | 0.5000 | 6.0000 |
| 2 ppm | 2.5484 | 0.0653 | 1.0000 | 5.5000 | 2.6552 | 0.1095 | 0.5000 | 5.0000 |
| 5 ppm | 7.6932 | 0.3520 | 1.0000 | 14.0000 | 2.1296 | 0.1012 | 0.5000 | 5.0000 |
| 10 ppm | 6.1398 | 0.2105 | 1.0000 | 11.0000 | 2.7557 | 0.0867 | 1.0000 | 4.5000 |
| 20 ppm | 5.3667 | 0.1756 | 1.0000 | 10.0000 | 2.2443 | 0.0605 | 0.5000 | 3.5000 |
| 50 ppm | 3.0575 | 0.1309 | 1.0000 | 7.0000 | 2.5966 | 0.0881 | 1.0000 | 5.0000 |
| 100 ppm | 1.6500 | 0.0567 | 1.0000 | 3.0000 | 2.2135 | 0.1069 | 0.5000 | 6.0000 |
| 200 ppm | 1.4611 | 0.0420 | 1.0000 | 2.5000 | 1.7500 | 0.0751 | 0.5000 | 3.5000 |
| 500 ppm | 1.3516 | 0.0854 | 0.5000 | 3.0000 | 1.5402 | 0.0624 | 0.5000 | 3.5000 |
| 1000 ppm | 1.1842 | 0.0485 | 0.5000 | 2.0000 | 1.3387 | 0.0578 | 0.5000 | 2.5000 |
| 2000 ppm | 0.8563 | 0.0282 | 0.5000 | 1.5000 | 0.9733 | 0.0341 | 0.5000 | 1.5000 |
| 5000 ppm | 0.5000 | | 0.5000 | 0.5000 | 0.7576 | 0.0328 | 0.5000 | 1.5000 |
| 10000 ppm | 0.5000 | | 0.5000 | 0.5000 | 0.6098 | 0.0327 | 0.5000 | 1.0000 |
| Total | 3.5777 | 0.0895 | 0.5000 | 15.0000 | 1.9443 | 0.0291 | 0.5000 | 6.0000 |

F=180,83 ; P<0,001

F=104,96 ; P<0,001

Tablo 2.4. Fotoperyot uygulanan ve karanhkta yetiştirilen *N. tabacum* L. cv. Taşova (tütün) fideciklerinde artan nikel konsantrasyonu onlarına bağı olarak kök gelişimi (mm).

| NiCl ₂ .6H ₂ O | <i>N. tabacum</i> L. cv. Taşova Fotoperyot Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | | | | <i>N. tabacum</i> L. cv. Taşova Karanlık Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | | | |
|--------------------------------------|---|----------------------------|---------------|---------------------------|---|----------------------------|---------------|---------------------------|
| | Konsantrasyon (ppm) | Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Kök Boyu Uzunluğu | Maksimum Kök Boyu Uzunluğu | Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Kök Boyu Uzunluğu |
| Kontrol | 6.5893 | 0.3787 | 1.0000 | 15.0000 | 1.9583 | 0.0900 | 0.5000 | 3.0000 |
| 1 ppm | 7.7381 | 0.4044 | 1.0000 | 16.0000 | 2.0588 | 0.0969 | 0.5000 | 4.0000 |
| 2 ppm | 8.0833 | 0.4599 | 0.5000 | 17.0000 | 1.9730 | 0.0886 | 0.5000 | 3.5000 |
| 5 ppm | 7.3462 | 0.4514 | 1.0000 | 15.0000 | 1.7671 | 0.0717 | 0.5000 | 3.5000 |
| 10 ppm | 6.4868 | 0.3430 | 1.0000 | 12.0000 | 1.5781 | 0.0920 | 0.5000 | 3.5000 |
| 20 ppm | 5.4620 | 0.2965 | 1.0000 | 13.0000 | 1.7786 | 0.0759 | 0.5000 | 3.5000 |
| 50 ppm | 5.8938 | 0.3332 | 1.0000 | 13.0000 | 1.7153 | 0.0820 | 0.5000 | 3.0000 |
| 100 ppm | 3.2597 | 0.2091 | 1.0000 | 12.0000 | 1.9013 | 0.0864 | 0.5000 | 3.5000 |
| 200 ppm | 1.6933 | 0.0697 | 0.5000 | 4.0000 | 1.3243 | 0.0827 | 0.5000 | 2.0000 |
| 500 ppm | 0.9744 | 0.0473 | 0.5000 | 2.5000 | 1.1231 | 0.0768 | 0.5000 | 2.5000 |
| 1000 ppm | 1.1824 | 0.0664 | 0.5000 | 2.0000 | 0.5625 | 0.0625 | 0.5000 | 1.0000 |
| 2000 ppm | 0.8833 | 0.0300 | 0.5000 | 1.5000 | | | | |
| 5000 ppm | 0.6525 | 0.0302 | 0.5000 | 1.0000 | | | | |
| 10000 ppm | 0.5455 | 0.0314 | 0.5000 | 1.0000 | | | | |
| Total | 4.4520 | 0.1216 | 0.5000 | 17.0000 | 1.7320 | 0.0290 | 0.5000 | 4.0000 |

F=86.36 ; P<0.001

F=12.36 ; P<0.001

Tablo 2.5. Fotoperyot uygulanan ve karanhkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinde artan nikel konsantrasyonlarına bağı olarak hipokotil gelişimi (mm).

| NiCl ₂ .6H ₂ O | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274 Fotoperyot Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | | | | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274 Karanlık Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | | | |
|--------------------------------------|---|-----------------------------|---------------|----------------------------|---|-----------------------------|---------------|----------------------------|
| | Konsantrasyon (ppm) | Hip. Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Hip. Boyu Uzunluğu | Maksimum Hip. Boyu Uzunluğu | Hip. Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Hip. Boyu Uzunluğu |
| Kontrol | 6.5893 | 0.3787 | 1.0000 | 15.0000 | 1.9583 | 0.0900 | 0.5000 | 3.0000 |
| 1 ppm | 7.7381 | 0.4044 | 1.0000 | 16.0000 | 2.0588 | 0.0969 | 0.5000 | 4.0000 |
| 2 ppm | 8.0833 | 0.4599 | 0.5000 | 17.0000 | 1.9730 | 0.0886 | 0.5000 | 3.5000 |
| 5 ppm | 7.3462 | 0.4514 | 1.0000 | 15.0000 | 1.7671 | 0.0717 | 0.5000 | 3.5000 |
| 10 ppm | 6.4868 | 0.3430 | 1.0000 | 12.0000 | 1.5781 | 0.0920 | 0.5000 | 3.5000 |
| 20 ppm | 5.4620 | 0.2965 | 1.0000 | 13.0000 | 1.7786 | 0.0759 | 0.5000 | 3.5000 |
| 50 ppm | 5.8938 | 0.3332 | 1.0000 | 13.0000 | 1.7153 | 0.0820 | 0.5000 | 3.0000 |
| 100 ppm | 3.2597 | 0.2091 | 1.0000 | 12.0000 | 1.9013 | 0.0864 | 0.5000 | 3.5000 |
| 200 ppm | 1.6933 | 0.0697 | 0.5000 | 4.0000 | 1.3243 | 0.0827 | 0.5000 | 2.0000 |
| 500 ppm | 0.9744 | 0.0473 | 0.5000 | 2.5000 | 1.1231 | 0.0768 | 0.5000 | 2.5000 |
| 1000 ppm | 1.1824 | 0.0664 | 0.5000 | 2.0000 | 0.5625 | 0.0625 | 0.5000 | 1.0000 |
| 2000 ppm | 0.8833 | 0.0300 | 0.5000 | 1.5000 | | | | |
| 5000 ppm | 0.6525 | 0.0302 | 0.5000 | 1.0000 | | | | |
| 10000 ppm | 0.5455 | 0.0314 | 0.5000 | 1.0000 | | | | |
| Total | 4.4520 | 0.1216 | 0.5000 | 17.0000 | 1.7320 | 0.0290 | 0.5000 | 4.0000 |

F=140.66 ; P<0.001

F=129.41 ; P<0.001

Tablo 2.6. Fotoperyot uygulanan ve karanhkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. İ-40 (domates) fideciklerinde artan nikel konsantrasyonlarına bağı olarak hipokotil gelişimi (mm).

| NiCl ₂ .6H ₂ O | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. İ-40 Fotoperyot Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | | | | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. İ-40 Karanlık Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | | | |
|--------------------------------------|---|-----------------------------|---------------|----------------------------|---|-----------------------------|---------------|----------------------------|
| | Konsantrasyon (ppm) | Hip. Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Hip. Boyu Uzunluğu | Maksimum Hip. Boyu Uzunluğu | Hip. Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Hip. Boyu Uzunluğu |
| Kontrol | 21.5183 | 0.7640 | 1.0000 | 32.0000 | 52.3647 | 1.7074 | 12.0000 | 94.0000 |
| 1 ppm | 20.0349 | 0.5976 | 5.0000 | 31.0000 | 46.6456 | 1.7451 | 6.0000 | 94.0000 |
| 2 ppm | 19.6548 | 0.5531 | 8.0000 | 31.0000 | 43.7978 | 1.6937 | 6.0000 | 80.0000 |
| 5 ppm | 18.8621 | 0.6085 | 5.0000 | 30.0000 | 44.2558 | 1.7211 | 4.0000 | 74.0000 |
| 10 ppm | 18.8889 | 0.5672 | 5.0000 | 30.0000 | 41.7609 | 1.6776 | 5.0000 | 80.0000 |
| 20 ppm | 17.5667 | 0.5022 | 7.0000 | 28.0000 | 44.0805 | 1.3081 | 11.0000 | 75.0000 |
| 50 ppm | 19.1047 | 0.5301 | 8.0000 | 30.0000 | 50.3646 | 1.3832 | 12.0000 | 82.0000 |
| 100 ppm | 21.0581 | 0.6022 | 10.0000 | 34.0000 | 44.5426 | 1.4714 | 6.0000 | 72.0000 |
| 200 ppm | 20.3579 | 0.6012 | 7.0000 | 34.0000 | 42.5843 | 1.5131 | 8.0000 | 71.0000 |
| 500 ppm | 17.6333 | 0.5175 | 7.0000 | 31.0000 | 30.1839 | 1.2917 | 5.0000 | 58.0000 |
| 1000 ppm | 8.2179 | 0.5068 | 2.0000 | 20.0000 | 11.3988 | 0.8195 | 2.0000 | 35.0000 |
| 2000 ppm | 5.7206 | 0.2749 | 2.0000 | 11.0000 | 5.8446 | 0.6494 | 1.5000 | 29.0000 |
| 5000 ppm | | | | | | | | |
| 10000 ppm | | | | | | | | |
| Total | 17.6766 | 0.2162 | 1.0000 | 34.0000 | 38.7188 | 0.5992 | 1.5000 | 94.0000 |

F=68.37 ; P<0.001

F=94.51 ; P<0.001

Tablo 2.7. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *N. tabacum* L. cv. Karabağlar (tütün) fideciklerinde artan nikel kon santrasyonlarına bağlı olarak hipokotil gelişimi (mm).

| NiCl ₂ .6H ₂ O | <i>N. tabacum</i> L. cv. Karabağlar Fotoperyot Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | | | | <i>N. tabacum</i> L. cv. Karabağlar Karanlık Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | | | |
|--------------------------------------|---|---------------|----------------------------|-----------------------------|---|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Hip. Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Hip. Boyu Uzunluğu | Maksimum Hip. Boyu Uzunluğu | Hip. Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Hip. Boyu Uzunluğu | Maksimum Hip. Boyu Uzunluğu |
| Kontrol | 2.6146 | 0.0541 | 1.5000 | 5.0000 | 2.5486 | 0.1331 | 0.5000 | 6.0000 |
| 1 ppm | 2.5659 | 0.0611 | 1.5000 | 5.0000 | 8.2299 | 0.2817 | 2.5000 | 14.0000 |
| 2 ppm | 6.6593 | 0.3249 | 1.0000 | 14.0000 | 8.4560 | 0.3250 | 1.0000 | 14.0000 |
| 5 ppm | 2.6444 | 0.0577 | 1.5000 | 5.0000 | 6.7778 | 0.2859 | 1.0000 | 13.0000 |
| 10 ppm | 2.5202 | 0.0527 | 1.5000 | 4.0000 | 7.8764 | 0.2759 | 2.5000 | 13.0000 |
| 20 ppm | 2.7553 | 0.0452 | 1.5000 | 4.0000 | 7.7500 | 0.2744 | 2.0000 | 12.0000 |
| 50 ppm | 3.0756 | 0.0533 | 1.5000 | 4.0000 | 5.0568 | 0.1587 | 1.5000 | 9.0000 |
| 100 ppm | 3.0465 | 0.0600 | 2.0000 | 4.5000 | 3.6437 | 0.1377 | 1.5000 | 8.0000 |
| 200 ppm | 2.9253 | 0.0413 | 2.0000 | 4.0000 | 2.8235 | 0.1027 | 1.0000 | 6.0000 |
| 500 ppm | 2.1633 | 0.0674 | 1.5000 | 3.0000 | | | | |
| 1000 ppm | | | | | | | | |
| 2000 ppm | | | | | | | | |
| 5000 ppm | | | | | | | | |
| 10000 ppm | | | | | | | | |
| Total | 3.1346 | 0.0561 | 1.0000 | 14.0000 | 5.9935 | 0.1132 | 0.5000 | 14.0000 |

F=117.49 ; P<0.001

F=100.80 ; P<0.001

Tablo 2.8. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *N. tabacum* L. cv. Taşova (tütün) fideciklerinde artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak hipokotil gelişimi (mm).

| NiCl ₂ .6H ₂ O | <i>N. tabacum</i> L. cv. Taşova Fotoperyot Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | | | | <i>N. tabacum</i> L. cv. Taşova Karanlık Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | | | |
|--------------------------------------|---|---------------|----------------------------|-----------------------------|---|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Hip. Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Hip. Boyu Uzunluğu | Maksimum Hip. Boyu Uzunluğu | Hip. Boyu Ortalama Uzunluğu | Standart Hata | Minimum Hip. Boyu Uzunluğu | Maksimum Hip. Boyu Uzunluğu |
| Kontrol | 5.6310 | 0.1407 | 1.5000 | 9.0000 | 5.4789 | 0.2878 | 1.5000 | 11.0000 |
| 1 ppm | 5.2381 | 0.1398 | 2.5000 | 8.0000 | 4.8769 | 0.2741 | 1.5000 | 11.0000 |
| 2 ppm | 5.3176 | 0.1186 | 3.0000 | 8.0000 | 4.9063 | 0.2761 | 2.0000 | 9.0000 |
| 5 ppm | 4.9726 | 0.1319 | 1.5000 | 7.0000 | 4.1857 | 0.2190 | 1.0000 | 8.0000 |
| 10 ppm | 4.5200 | 0.1412 | 1.5000 | 7.0000 | 5.6635 | 0.5001 | 1.5000 | 13.0000 |
| 20 ppm | 5.3429 | 0.1390 | 2.5000 | 7.0000 | 4.4712 | 0.2835 | 1.0000 | 9.0000 |
| 50 ppm | 4.6400 | 0.1272 | 2.0000 | 7.0000 | 3.1383 | 0.2154 | 1.0000 | 7.0000 |
| 100 ppm | 4.3571 | 0.1435 | 1.5000 | 6.0000 | 4.4262 | 0.2024 | 1.5000 | 8.0000 |
| 200 ppm | 4.4085 | 0.1387 | 1.5000 | 7.0000 | 2.6538 | 0.2796 | 1.0000 | 5.0000 |
| 500 ppm | 2.4857 | 0.0927 | 0.5000 | 4.5000 | 2.4063 | 0.0882 | 1.5000 | 3.5000 |
| 1000 ppm | 1.7105 | 0.1680 | 0.5000 | 3.0000 | | | | |
| 2000 ppm | | | | | | | | |
| 5000 ppm | | | | | | | | |
| 10000 ppm | | | | | | | | |
| Total | 4.6539 | 0.0530 | 0.5000 | 9.0000 | 4.4953 | 0.1013 | 1.0000 | 13.0000 |

F=52.09 ; P<0.001

F=10.42 ; P<0.001

Tablo 2.9. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinde artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak ek kök gelişimi.

| NiCl ₂ .6H ₂ O | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274 Fotoperyot Ek Kök Sayısı | | | | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274 Karanlık Ek Kök Sayısı | | | |
|--------------------------------------|--|---------------|-----------------------|------------------------|--|---------------|-----------------------|------------------------|
| | Ek Kök Ortalama Sayısı | Standart Hata | Minimum Ek Kök Sayısı | Maksimum Ek Kök Sayısı | Ek Kök Ortalama Sayısı | Standart Hata | Minimum Ek Kök Sayısı | Maksimum Ek Kök Sayısı |
| Kontrol | 3.5155 | 0.1619 | 1.0000 | 9.0000 | 1.1667 | 0.0620 | 1.0000 | 3.0000 |
| 1 ppm | 3.6889 | 0.1496 | 1.0000 | 8.0000 | 1.3143 | 0.0796 | 1.0000 | 2.0000 |
| 2 ppm | 3.6354 | 0.1518 | 1.0000 | 7.0000 | 1.0588 | 0.0588 | 1.0000 | 2.0000 |
| 5 ppm | 3.7835 | 0.1600 | 1.0000 | 8.0000 | 1.2951 | 0.0715 | 1.0000 | 3.0000 |
| 10 ppm | 3.4796 | 0.1323 | 1.0000 | 7.0000 | 1.3115 | 0.0598 | 1.0000 | 2.0000 |
| 20 ppm | 3.2473 | 0.1534 | 1.0000 | 7.0000 | 1.4028 | 0.0704 | 1.0000 | 3.0000 |
| 50 ppm | 3.6064 | 0.1507 | 1.0000 | 8.0000 | 1.3077 | 0.0577 | 1.0000 | 2.0000 |
| 100 ppm | 3.2935 | 0.1806 | 1.0000 | 10.0000 | 1.3333 | 0.0723 | 1.0000 | 3.0000 |
| 200 ppm | 3.2000 | 0.1738 | 1.0000 | 7.0000 | 1.2041 | 0.0824 | 1.0000 | 4.0000 |
| 500 ppm | 1.7273 | 0.1950 | 1.0000 | 3.0000 | 1.1250 | 0.0854 | 1.0000 | 2.0000 |
| 1000 ppm | | | | | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 2000 ppm | | | | | | | | |
| 5000 ppm | | | | | | | | |
| 10000 ppm | | | | | | | | |
| Total | 3.4776 | 0.0524 | 1.0000 | 10.0000 | 1.2842 | 0.0233 | 1.0000 | 4.0000 |

F=3.18 ; P<0.001

F=1.38 ; P>0.05

Tablo 2.10. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. İ-40 (domates) fidiciklerinde artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak ek kök gelişimi.

| NiCl ₂ .6H ₂ O Konsantrasyon (ppm) | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. İ-40 Fotoperyot Ek Kök Sayısı | | | | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. İ-40 Karanlık Ek Kök Sayısı | | | |
|--|--|---------------|-----------------------|------------------------|--|---------------|-----------------------|------------------------|
| | Ek Kök Ortalama Sayısı | Standart Hata | Minimum Ek Kök Sayısı | Maksimum Ek Kök Sayısı | Ek Kök Ortalama Sayısı | Standart Hata | Minimum Ek Kök Sayısı | Maksimum Ek Kök Sayısı |
| Kontrol | 1.5250 | 0.1432 | 1.0000 | 5.0000 | 2.6301 | 0.1603 | 1.0000 | 7.0000 |
| 1 ppm | 3.2125 | 0.1558 | 1.0000 | 7.0000 | 2.2059 | 0.1351 | 1.0000 | 5.0000 |
| 2 ppm | 2.7179 | 0.1209 | 1.0000 | 5.0000 | 2.1970 | 0.1335 | 1.0000 | 5.0000 |
| 5 ppm | 3.2949 | 0.1495 | 1.0000 | 7.0000 | 1.6250 | 0.1058 | 1.0000 | 3.0000 |
| 10 ppm | 3.2989 | 0.1436 | 1.0000 | 7.0000 | 2.9359 | 0.1563 | 1.0000 | 7.0000 |
| 20 ppm | 2.6667 | 0.1263 | 1.0000 | 6.0000 | 1.7419 | 0.1001 | 1.0000 | 4.0000 |
| 50 ppm | 2.4390 | 0.1240 | 1.0000 | 6.0000 | 1.7143 | 0.1187 | 1.0000 | 4.0000 |
| 100 ppm | 2.6842 | 0.1188 | 1.0000 | 6.0000 | 1.6522 | 0.1172 | 1.0000 | 4.0000 |
| 200 ppm | 2.8194 | 0.1670 | 1.0000 | 6.0000 | 1.1304 | 0.0718 | 1.0000 | 2.0000 |
| 500 ppm | 1.7949 | 0.1880 | 1.0000 | 5.0000 | 1.6000 | 0.2211 | 1.0000 | 3.0000 |
| 1000 ppm | | | | | | | | |
| 2000 ppm | | | | | | | | |
| 5000 ppm | | | | | | | | |
| 10000 ppm | | | | | | | | |
| Total | 2.7580 | 0.0488 | 1.0000 | 7.0000 | 2.1057 | 0.0507 | 1.0000 | 7.0000 |

F=12.75 ; P<0.001

F=13.56 ; P<0.001

L. esculentum Mill. (domates) fidiciklerinde artan konsantrasyonlarda uygulanan nikelin etkileri ile kök boyu ortalama uzunluklarında gözlenen farklılıklar genotipler düzeyinde değerlendirildiğinde, hem fotoperyot hem de karanlık uygulamalarında H-2274 genotipinde daha fazla kök gelişimleri dikkati çekmektedir. Genotipler arasındaki farklılıklar her iki seride de istatistiksel açıdan anlamlıdır. *N. tabacum* L. (tütün) fidiciklerine nikel uygulanması durumunda elde edilen kök boyu ortalama uzunluklarının fotoperyot şartlarında Taşova genotipinde, karanlık şartlarda ise Karabağlar genotipinde daha fazla olduğu görülmektedir. Farklılıklar her iki seride de istatistiksel açıdan anlamlıdır (Tablo 2.11).

Fotoperyot uygulanan ve karanlık şartlarda yetiştirilen *L. esculentum* Mill. (domates) fidiciklerine nikel uygulanması durumunda elde edilen hipokotil boyu ortalama uzunlukları her iki seride de İ-40 genotipinde H-2274 genotipinden fazladır. Ancak farklılık fotoperyot serisinde anlamlı değildir. *N. tabacum* L. (tütün) fidiciklerine nikel uygulanması durumunda elde edilen hipokotil boyu ortalama uzunlukları fotoperyot şartlarında Taşova genotipinde, karanlık şartlarda ise Karabağlar genotipinde daha fazladır. Farklılıklar her iki seride de anlamlıdır (Tablo 2.11).

Fotoperyot ve karanlık şartlarında yetiştirilen *L. esculentum* Mill. (domates) fidiciklerinde nikel uygulamalarına bağlı olarak elde edilen kotiledon boyu ortalama uzunluklarının her iki seride de İ-40 genotipinde daha fazla olduğu görülmekle birlikte, farklılıklar karanlık serisinde anlamlı değildir. Fotoperyot şartlarında yetiştirilen *N. tabacum* L. (tütün) fidiciklerinde artan konsantrasyonlarda uygulanan nikelin kotiledon boyu ortalama uzunluklarında genotipler arasında anlamlı bir farklılık yaratmadığı görülmekle birlikte, karanlık şartlarda Karabağlar genotipi ile elde edilen üstünlük istatistiksel açıdan önemlidir (Tablo 2.11).

Fotoperyot şartlarında yetiştirilen *L. esculentum* Mill. (domates) fidiciklerinde uygulanan nikel konsantrasyonlarındaki artışlara bağlı olarak elde edilen kotiledon eni ortalama uzunluklarının İ-40 genotipinde daha fazla olduğu görülmektedir. Karanlık şartlarda ise H-2274 genotipi ile elde edilen üstünlük istatistiksel açıdan anlamlı değildir. *N. tabacum* L. (tütün) fidiciklerinde her iki seride de Taşova genotipinde Karabağlar genotipinden daha fazla kotiledon gelişimleri dikkati çekmektedir. Farklılıklar hem fotoperyot hem de karanlık uygulamalarında istatistiksel açıdan önemlidir. (Tablo 2.11).

L. esculentum Mill. (domates) fidiciklerinde nikel uygulamalarına bağlı olarak elde edilen ek kök sayıları açısından genotipler arasında bir değerlendirme yapıldığında, fotoperyot şartlarında H-2274 genotipinde, karanlık şartlarda ise İ-40 genotipinde ek kök gelişimlerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Farklılıklar her iki seride de istatistiksel açıdan anlamlıdır (Tablo 2.12). Buna karşın *N. tabacum* L. (tütün) tohumlarına nikel uygulandığı durumlarda fidiciklerde ek kök gelişimleri bakımından istatistiki anlamda yeterli veriler elde edilemediği için, tütün genotiplerinde ek kök sayıları açısından bir değerlendirme yapılamamıştır.

Fotoperyot uygulanan ve karanlık şartlarda yetiştirilen *L. esculentum* Mill. (domates) ve *N. tabacum* L. (tütün) türlerinin ikiyeşer kültür varyetesi ile kontrol grup ve artan bakır konsantrasyonlarına bağlı olarak elde edilen kök boyu, hipokotil boyu, kotiledon eni ve kotiledon boyu ortalama uzunluklarının türler düzeyinde genel bir değerlendirmesi yapıldığında gerek fotoperyot, gerekse karanlık uygulamalarında domates fidiciklerinde tütün fidiciklerinden çok daha belirgin kök, hipokotil ve kotiledon gelişimleri dikkati çekmektedir. Farklılıklar her durumda istatistiksel açıdan anlamlıdır (Tablo 2.13).

Tablo 2.11. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) fidicikleri ile *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) fidiciklerinin artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak kök, hipokotil ve kotiledon gelişimlerinin karşılaştırılması.

| NiCl ₂ .6H ₂ O | <i>L. esculentum</i> Fotoperyot | | <i>L. esculentum</i> Karanlık | | <i>N. tabacum</i> Fotoperyot | | <i>N. tabacum</i> Karanlık | |
|--------------------------------------|------------------------------------|----------|----------------------------------|---------|---------------------------------|---------|-------------------------------|---------|
| | H-2274 | İ-40 | H-2274 | İ-40 | Karabağlar | Taşova | Karabağlar | Taşova |
| Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | 29.0650 | 22.1189 | 16.5388 | 15.2219 | 3.5777 | 4.4520 | 1.9443 | 1.7320 |
| Standart Hata | 0.6285 | 0.5359 | 0.3409 | 0.3690 | 0.0895 | 0.1216 | 0.0291 | 0.0290 |
| Minimum Kök Boyu Uzunluğu | 1.0000 | 0.5000 | 0.5000 | 1.0000 | 0.5000 | 0.5000 | 0.5000 | 0.5000 |
| Maksimum Kök Boyu Uzunluğu | 114.0000 | 103.0000 | 60.0000 | 80.0000 | 15.0000 | 17.0000 | 6.0000 | 4.0000 |
| İstatistikî Sonuç | t=69.88 ; P<0.001 | | t=6.89 ; P<0.01 | | t=34.44 ; P<0.001 | | t=23.38 ; P<0.001 | |
| Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | 17.3564 | 17.6766 | 24.2876 | 38.7188 | 3.1346 | 4.6539 | 5.9935 | 4.4953 |
| Standart Hata | 0.1749 | 0.2162 | 0.3074 | 0.5992 | 0.0561 | 0.0530 | 0.1132 | 0.1013 |
| Minimum Hipokotil Boyu Uzunluğu | 1.5000 | 1.0000 | 2.0000 | 1.5000 | 1.0000 | 0.5000 | 0.5000 | 1.0000 |
| Maksimum Hipokotil Boyu Uzunluğu | 30.0000 | 34.0000 | 50.0000 | 94.0000 | 14.0000 | 9.0000 | 14.0000 | 13.0000 |
| İstatistikî Sonuç | t=1.35 ; P>0.05 | | t=484.57 ; P<0.001 | | t=383.20 ; P<0.001 | | t=87.23 ; P<0.001 | |
| Kotiledon Boyu Ortalama Uzunluğu | 7.3329 | 8.4605 | 6.6045 | 6.7358 | 1.1249 | 1.1383 | 1.0865 | 1.0186 |
| Standart Hata | 0.0410 | 0.0467 | 0.0724 | 0.0652 | 0.0059 | 0.0075 | 0.0062 | 0.0083 |
| Minimum Kotiledon Boyu Uzunluğu | 4.0000 | 4.0000 | 4.5000 | 4.0000 | 0.4000 | 0.5000 | 0.7000 | 0.4000 |
| Maksimum Kotiledon Boyu Uzunluğu | 11.0000 | 12.5000 | 9.5000 | 9.0000 | 1.6000 | 2.0000 | 1.5000 | 1.2000 |
| İstatistikî Sonuç | t=326.00 ; P<0.001 | | t=1.71 ; P>0.05 | | t=2.03 ; P>0.05 | | t=44.59 ; P<0.001 | |
| Kotiledon Eni Ortalama Uzunluğu | 1.2263 | 1.635 | 1.0955 | 1.0864 | 0.8695 | 0.9145 | 0.4466 | 0.5068 |
| Standart Hata | 0.0117 | 0.0106 | 0.0093 | 0.0135 | 0.0072 | 0.0089 | 0.0048 | 0.0064 |
| Minimum Kotiledon Eni Uzunluğu | 0.5000 | 0.8000 | 0.8000 | 0.6000 | 0.2000 | 0.3000 | 0.3000 | 0.1000 |
| Maksimum Kotiledon Eni Uzunluğu | 2.3000 | 2.7000 | 1.3000 | 1.9000 | 1.3000 | 1.6000 | 0.7000 | 0.8000 |
| İstatistikî Sonuç | t=668.60 ; P<0.001 | | t=0.24 ; P>0.05 | | t=15.93 ; P<0.001 | | t=59.19 ; P<0.001 | |

Tablo 2.12. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill cv. H-2274 ve İ-40 (domates) fidiciklerinin artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak ek kök gelişimlerinin karşılaştırılması.

| NiCl ₂ .6H ₂ O | <i>L. esculentum</i> Ek Kök Sayısı Fotoperyot | | <i>L. esculentum</i> Ek Kök Sayısı Karanlık | |
|--------------------------------------|---|--------|---|--------|
| | H-2274 | İ-40 | H-2274 | İ-40 |
| Ek Kök Ortalama Sayısı | 3.4776 | 2.7580 | 1.2842 | 2.1057 |
| Standart Hata | 0.0524 | 0.0488 | 0.0233 | 0.0507 |
| Minimum Ek Kök Sayısı | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| Maksimum Ek Kök Sayısı | 10.0000 | 7.0000 | 4.0000 | 7.0000 |

t=98.49 ; P<0.001

t=203.31 ; P<0.001

Tablo 2.13. Fotoperyot uygulanan ve karanlıkta yetiştirilen *L. esculentum* Mill. (domates) ve *N. tabacum* L. (tütün) türlerinin artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak kök, hipokotil ve kotiledon gelişimlerinin karşılaştırılması.

| NiCl ₂ .6H ₂ O | <i>L. esculentum</i> Fotoperyot | <i>N. tabacum</i> Fotoperyot | <i>L. esculentum</i> Karanlık | <i>N. tabacum</i> Karanlık |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| | Kök Boyu Ortalama Uzunluğu | 25.7027 | 3.9911 | 15.8972 |
| Standart Hata | 0.4211 | 0.0750 | 0.2510 | 0.0213 |
| Minimum Kök Boyu Uzunluğu | 0.5000 | 0.5000 | 0.5000 | 0.5000 |
| Maksimum Kök Boyu Uzunluğu | 114.0000 | 17.0000 | 80.0000 | 6.0000 |
| İstatistikî Sonuç | t=2293.83 ; P<0.001 | | t=2306.25 ; P<0.001 | |
| Hipokotil Boyu Ortalama Uzunluğu | 17.5096 | 3.8547 | 31.1508 | 5.3838 |
| Standart Hata | 0.1379 | 0.0430 | 0.3617 | 0.0814 |
| Minimum Hipokotil Boyu Uzunluğu | 1.0000 | 0.5000 | 1.5000 | 0.5000 |
| Maksimum Hipokotil Boyu Uzunluğu | 34.0000 | 14.0000 | 94.0000 | 14.0000 |
| İstatistikî Sonuç | t=7162.92 ; P<0.001 | | t=2946.44 ; P<0.001 | |
| Kotiledon Boyu Ortalama Uzunluğu | 7.9133 | 1.1309 | 6.6853 | 1.0570 |
| Standart Hata | 0.0342 | 0.0047 | 0.0489 | 0.0052 |
| Minimum Kotiledon Boyu Uzunluğu | 4.0000 | 0.4000 | 4.0000 | 0.4000 |
| Maksimum Kotiledon Boyu Uzunluğu | 12.5000 | 2.0000 | 9.5000 | 1.5000 |
| İstatistikî Sonuç | t=36390.84 ; P<0.001 | | t=26649.69 ; P<0.001 | |
| Kotiledon Eni Ortalama Uzunluğu | 1.4365 | 0.8899 | 1.0899 | 0.4728 |
| Standart Hata | 0.0094 | 0.0056 | 0.009 | 0.0041 |
| Minimum Kotiledon Eni Uzunluğu | 0.5000 | 0.2000 | 0.6000 | 0.1000 |
| Maksimum Kotiledon Eni Uzunluğu | 2.7000 | 1.6000 | 1.9000 | 0.8000 |
| İstatistikî Sonuç | t=2414.21 ; P<0.001 | | t=5176.73 ; P<0.001 | |

Tablo 3. Fotoperyot uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) fidiciklerinin köklerinde, hipokotillerinde, kotile donlarında ve testalarında artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak Ni⁺² katyonunun birikme miktarları (mg/kg).

| Ni ⁺² (mg/kg) | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-------|-------------------------------------|-----------|-----------|-------|
| Konsantrasyon (ppm) | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. H-2274 | | | | <i>L. esculentum</i> Mill. cv. İ-40 | | | |
| | Kök | Hipokotil | Kotiledon | Testa | Kök | Hipokotil | Kotiledon | Testa |
| 1 ppm | 0.97 | 8.32 | 2.73 | 20.03 | 2.06 | 7.66 | 0.80 | 24.18 |
| 10 ppm | 3.64 | 13.37 | 4.75 | 33.30 | 4.39 | 11.92 | 0.91 | 40.20 |
| 100 ppm | 15.13 | 15.29 | 5.45 | 47.97 | 17.62 | 13.20 | 3.75 | 66.80 |
| 200 ppm | 25.44 | 21.25 | 7.55 | 53.72 | 28.60 | 18.96 | 5.28 | 83.00 |

3.3. Morfolojik Değişimler

Fotoperyot şartlarında yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) fidicikleri ile *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) fidiciklerinde nikel uygulamalarına bağlı olarak hipokotil ve kotiledonlarda gözlenen morfolojik değişimler açısından genel bir değerlendirme yapıldığında, domates fidiciklerinde 1-100 ppm nikel konsantrasyonları arasında hipokotillerde çok hafif bir klorozis dikkati çekerken, 200 ve özellikle 500 ppm nikel konsantrasyonlarından itibaren çok soluk sarımsı yeşil bir renk ile kendini gösteren yoğun klorozise tanık olundu. *N. tabacum* L. cv. Karabağlar (tütün) fidiciklerinin kotiledonlarında 1 ppm nikel konsantrasyonundan itibaren klorozis gözlemlendi. Bu durum özellikle 10 ppm nikel konsantrasyonundan sonra artarak devam etti. Taşova genotipinin kotiledonlarında ise çok belirgin bir klorozise rastlanmadı. Her iki bitki türünün karanlık şartlarda yetiştirilen genotiplerinin ise etiole oldukları saptandı.

3.4. Katyon Tayini Çalışmaları (Ni⁺² birikimi)

Fotoperyot uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) fidiciklerinin değişik organlarında artan konsantrasyonlarda uygulanan nikelin etkisi ile biriken Ni⁺² katyonu açısından bir değerlendirme yapıldığında, her iki genotipinde köklerinde 1 ppm nikel konsantrasyonu ile başlayan birikimin 200 ppm'e kadar belirgin artışlarla devam ettiği görüldü. Özellikle İ-40 genotipinin köklerinde nikel birikimi H-2274 genotipinde belirlenen değerlerden yüksekti (Tablo 3).

Fotoperyot uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) fidiciklerinin hipokotillerinde biriken Ni⁺² katyonu açısından bir değerlendirme yapıldığında, tıpkı köklerde gözlemlendiği şekilde hipokotillerde de uygulanan nikel konsantrasyonlarındaki artışlara bağlı olarak belirgin ve düzenli artışlar gösteren nikel birikimlerine tanık olundu. Ancak köklerde karşılaşılan durumun tersine hipokotillerde H-2274 genotipinde nikel birikimi daha fazla idi. Her iki genotipte de 1 ve 10 ppm nikel konsantrasyonlarında hipokotillerde köklerden belirgin olarak daha yüksek nikel birikimleri dikkati çekerken, 100 ppm'de her iki bitki organında da birbirine yakın değerler elde edildi. 200 ppm gibi oldukça

yüksek konsantrasyonlarda nikel uygulanması durumunda ise köklerdeki nikel birikimi daha dikkat çekici konsantrasyonlara ulaştı (Tablo 3).

L. esculentum Mill. (domates) fidiciklerinin kotiledonlarında biriken Ni⁺² katyonu açısından bir değerlendirme yapıldığında, her iki genotipte de uygulanan nikel konsantrasyonlarındaki artışlara bağlı olarak düzenli artışlar gösteren Ni⁺² birikimlerine tanık olundu. Her iki genotipte de kotiledonlardaki nikel birikiminin hipokotil ve köklerde gözlenen birikimlerden düşük olduğu görüldü. Ancak H-2274 genotipinin 1 ve 10 ppm nikel uygulanan serilerinde köklerdeki nikel birikimi kotiledonlar ile elde edilen değerlerden düşüktü. İki domates genotipi arasında bir değerlendirme yapıldığında ise H-2274 genotipinin kotiledonlarındaki Ni⁺² birikiminin İ-40 genotipinde belirlenen değerden yüksek olduğu görüldü. (Tablo 3).

Artan konsantrasyonlarda uygulanan nikelin etkisi ile *L. esculentum* Mill. (domates) tohum kabuklarında da kök, hipokotil ve kotiledonlarda gözlemlendiği şekilde düzenli artışlar gösteren nikel birikimleri saptandı. Tohum kabuklarında belirlenen nikel konsantrasyonları kök, hipokotil ve kotiledonlar ile elde edilen değerlerden önemli ölçüde yüksekti. İki domates genotipi arasında bir değerlendirme yapıldığında ise özellikle İ-40 genotipinin tohum kabuklarında gözlenen nikel birikimlerinin H-2274 genotipinde gözlenen değerlerden yüksek olduğu görüldü (Tablo 3). Kontrol grubu oluşturan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 ve İ-40 (domates) fidiciklerinin kök, hipokotil ve kotiledonları ile tohum kabuklarında ise Ni⁺² katyonu saptanamadı.

Fotoperyot uygulanan *N. tabacum* L. cv. Karabağlar ve Taşova (tütün) fidiciklerinin kök, hipokotil ve kotiledonları ile tohum kabuklarında nikel uygulamalarına bağlı olarak biriken Ni⁺² katyonları açısından bir değerlendirme yapıldığında, Karabağlar genotipinin yalnızca 200 ppm nikel uygulanan serilerinde Ni⁺² katyonu saptanabildi. 200 ppm nikel uygulanan Karabağlar genotipinde kök+hipokotil+kotiledon toplamında (total fide) 81,29 mg/kg, testalarda ise 126 mg/kg düzeyinde nikel birikimleri gözlemlendi. Taşova genotipinde kontrol grup dahil 100 ppm'e kadar olan nikel uygulamalarında fidiciklerde Ni⁺² katyonu saptanamazken, 100 ppm nikel uygulanan fidiciklerde kök+hipokotil+kotiledon toplamında 83,99 mg/kg düzeyinde nikel

birikimlerine tanık olundu. 200 ppm nikel uygulamasında kök+hipokotil+kotiledon toplamında 173,79 mg/kg, testalarda ise 252 mg/kg düzeyinde nikel birikimleri gözlemlendi.

4. TARTIŞMA

Çalışmamızda, fotoperyot uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) tohumlarının çimlenme özellikleri artan nikel konsantrasyonlarına bağlı olarak kontrol grup ile 2000 ppm arasında belirgin farklılıklar göstermedi. 2000 ppm'den itibaren çimlenme oranlarında önemli düşüşler gözlemlendi. Karanlık şartlarda yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) tohumlarının çimlenme oranları da fotoperyot uygulanan serilerdekilere benzer sonuçlar gösterdi. Fotoperyot uygulanan *L. esculentum* Mill. cv. İ-40 (domates) tohumlarında en yüksek çimlenme oranına 200 ppm nikel konsantrasyonu ile ulaşılmış iken, 1000 ppm'de başlayan hafif düşüş 2000 ppm nikel konsantrasyonundan sonra da belirginleşerek devam etti. Aynı genotipin karanlık şartlarda yetiştirilen serilerinde 50 ppm nikel konsantrasyonu ile en yüksek çimlenme oranına ulaşıldı. 5000 ppm'den itibaren ise önemli sayılabilecek düşüşler gözlemlendi.

Fotoperyot uygulanan ve karanlık şartlarda yetiştirilen *N. tabacum* L. cv. Karabağlar (tütün) tohumlarının çimlenme özelliklerinde 5000 ppm nikel konsantrasyonu ile birlikte önemli düşüşlere tanık olunurken, genel olarak fotoperyot uygulanan serilerde tohumların çimlenme özelliklerinin daha iyi olduğu belirlendi. Fotoperyot uygulanan *N. tabacum* L. cv. Taşova (tütün) tohumlarının çimlenme özelliklerinde 2000 ppm, karanlık şartlarda yetiştirilen serilerinde ise 1000 ppm nikel konsantrasyonlarından itibaren düşüşler söz konusu iken, 5 ve 100 ppm dışındaki tüm nikel konsantrasyonlarında fotoperyot uygulanan serilerde çimlenme oranları daha yüksekti. 1000 ppm'in üzerindeki konsantrasyonlarda ise karanlık uygulamaları ile elde edilen düşüşün derecesi dikkat çekici idi. Çimlenmenin ilk 48 saati esnasında *Raphanus sativus* tohumları üzerinde nikelin etkilerini inceleyen bir çalışmada nikel konsantrasyonlarındaki artışların fide gelişimlerini devamlı olarak inhibe ettiği ve nikel varlığının çimlenme esnasında tohumlarda meydana gelen çözünebilir ve mikrosomal fraksiyonların, proteinlerinin degradatif ve sentetik değişikliklerini geciktirdiği saptanmıştır (Espen vd. 1997). Nikel aynı çalışmada oksijen alımının reaktivasyonunu, enerji yükündeki artışı, şeker ve fosfo organik bileşiklerin mobilizasyonunu şiddetle etkilemiş, DNA, RNA ve protein sentezini ise inhibe etmiştir (Espen vd. 1997).

Literatürde bitki büyüme ve gelişimi üzerinde nikelin toksik etkilerine dikkat çeken çalışmaların çoğunlukta olduğunu görmekteyiz. Nitekim bir çalışmada

toksik konsantrasyonlarda nikel klorür içeren besin ortamlarında yetiştirilen buğday bitkilerinin internod uzunlukları ile bunların taze ve kuru ağırlıklarında bir azalma ve bodurlaşmış büyüme özellikleri sergilediklerine dikkat çekilmektedir (Setia vd. 1988). Malan ve Farrant (1998) kadmiyum yada nikelin klorür tuzlarını *Glycine max* bitkilerinin yetiştirildiği besin çözeltilerine ilave ettiklerinde, her iki metalinde bitki biomassını ve tohum üretimini önemli derecede azalttığını, her ne kadar tohum zarfı başına düşen tohum sayısı azalmış ise de tohum kütlelerinin nikel uygulamalarından etkilenmediğini, keza depo rezervleri üzerinde de nikelin açık bir etkisinin olmadığını gözlemişlerdir. *L. esculentum*'da büyüme (su içeriği, gövdeler, dallar ve yaprakların taze ağırlıkları, gövde ve dalların total uzunlukları) ve ürün parametreleri (çiçek ve meyvelerin sayısı) üzerine besin çözeltilesindeki nikelin etkileri ile gövdeler, dallar ve yaprakların nikel içeriklerini araştıran bir başka çalışmada nikelin yaprak taze ağırlıkları, gövde ve dalların taze ağırlıkları ve uzunlukları üzerinde olumsuz etkileri belirlenmiş, buna karşın bitkilerin su içeriklerinin nikel uygulamalarından etkilenmediği, oluşan çiçeklerin ve meyvelerin sayılarının ise nikel konsantrasyonlarının artışı ile birlikte azaldığı saptanmıştır (Balaguer vd. 1998). Keza *L. esculentum* ile yapılan bir diğer çalışmada besin ortamında nikel varlığının kontrol bitkiler ile karşılaştırıldığında, kuru madde verimini dramatik olarak azaltmak suretiyle bitki büyümesini etkilediği bildirilirken (Palacios vd. 1998), Watanebe ve ark. (1997) ise *L. esculentum* ile yaptıkları çalışmalarında 0.05 ppm nikel içeren bir ortamda yetiştirdikleri bitkilerin kuru ağırlık oranlarında artışlar gözlemişlerdir.

Çalışmamızda *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin gerek fotoperyot uygulanan ve gerekse karanlıkta yetiştirilen serilerinde artan nikel konsantrasyonlarının kök boyu ortalama uzunluklarına etkileri incelendiğinde, en fazla gelişimin kontrol grupta olduğu ve kontrol grup değerinin nikel uygulanan tüm seriler ile elde edilen ortalama değerlerden belirgin olarak yüksek olduğu görüldü. Keza karanlık şartlarda yetiştirilen *L. esculentum* Mill. cv. İ-40 (domates) fideciklerinde de H-2274 genotipinde gözlemlendiği şekilde nikel uygulanan tüm seriler ile elde edilen kök boyu ortalama uzunlukları kontrol grup değerinden düşüktü. İ-40 genotipinin fotoperyot uygulanan serilerinde 50 ppm'den 500 ppm'e kadar olan nikel konsantrasyonlarında fideciklerin kök boyu ortalama uzunluklarında belirgin ve düzenli azalışlar tespit edilirken, 1000 ppm'den 10000 ppm'e kadar olan nikel konsantrasyonlarında ise düşük ve birbirine benzer ortalama değerler elde edildi. *N. tabacum* L. cv. Karabağlar (tütün) fideciklerinin kök gelişimlerinde fotoperyot uygulanan serilerde 10 ppm, karanlıkta yetiştirilen serilerde ise 50 ppm nikel konsantrasyonları ile başlayan düzenli azalışlara tanık olunurken, bu durum fotoperyot uygulanan

serilerde 1000 ppm, karanlık yetiştirilen serilerde ise 2000 ppm nikel konsantrasyonlarından itibaren düşük, ancak birbirine benzer ortalama değerler ile izlendi. Fotoperyot uygulanan *N. tabacum* L. cv. Taşova (tütün) fideciklerinin kök boyu ortalama uzunluklarında 5 ppm nikel konsantrasyonu ile başlayan düşüşün 200 ppm'e kadar düzenli bir şekilde devam ettiği görüldü. 500 ve 10000 ppm nikel konsantrasyonları arasında da düşük, ancak birbirine yakın ortalama değerler elde edildi. Karanlık şartlarda yetiştirilen fideciklerde ise özellikle 200 ppm nikel konsantrasyonundan sonra gözlenen belirgin azalışın 1000 ppm nikel konsantrasyonuna kadar devam ettiği saptandı. Yüksek konsantrasyonlarda uygulanan nikelin *L. esculentum* Mill. (domates) fidecikleri üzerindeki fitotoksik etkileri ek kök gelişimlerinde de gözlemlendi. Nitekim İ-40 genotipinin her iki serisinde de 500 ppm nikel konsantrasyonundan sonra ek kök gelişimleri tümüyle inhibe edilirken, H-2274 genotipinde fotoperyot uygulamalarında 500 ppm, karanlık şartlarda ise 1000 ppm nikel konsantrasyonundan sonra ek kök gelişimi belirlenemedi.

Çalışmamızda *L. esculentum* Mill. cv. H-2274 (domates) fideciklerinin hipokotil gelişimlerinde gerek fotoperyot ve gerekse karanlık uygulamalarında, 200 ppm nikel konsantrasyonu ile birlikte belirgin ve düzenli azalışlara tanık olunurken, her iki seride de 2000 ppm nikel konsantrasyonundan sonra hipokotil gelişimi gözlenmedi. Buna karşın İ-40 genotipinin gerek fotoperyot uygulanan ve gerekse karanlıkta yetiştirilen serilerinde nikel uygulamalarına bağlı olarak elde edilen hipokotil boyu ortalama uzunlukları kontrol grup değerinden düşüktü. H-2274 genotipinde gözlemlendiği şekilde bu genotipte de fotoperyot ve karanlık uygulamalarında 2000 ppm nikel konsantrasyonundan sonra hipokotil gelişimi saptanamadı. *N. tabacum* L. cv. Karabağlar (tütün) fideciklerinin hipokotil gelişimleri üzerine nikelin etkileri özellikle karanlıkta yetiştirilen serilerde çok daha dikkat çekiciydi ve 20 ppm nikel konsantrasyonu ile birlikte hipokotil boyu ortalama uzunluklarında belirgin bir azalış saptandı. Fotoperyot şartlarında yetiştirilen *N. tabacum* L. cv. Taşova (tütün) fideciklerinin nikel uygulanan tüm serilerinde elde edilen hipokotil boyu ortalama uzunlukları kontrol grup değerinden düşüktü. Aynı genotipin karanlıkta yetiştirilen serilerinde ise 100 ppm nikel konsantrasyonundan itibaren düzenli ve belirgin bir azalış gözlemlendi.

Çalışmamızda nikelin fide gelişimi üzerindeki etkisi, muhtemelen hücre bölünmesi, hücre büyümesi ve protein sentezi üzerindeki inhibe edici etkilerinden kaynaklanmaktadır. Nitekim Lyanguzova'da (1999) yabancı mersini tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimleri üzerine bakır ve nikelin etkilerini incelediği çalışmasında, bakır ve nikel uygulamalarına bağlı olarak çimlenmede gecikme ve fide büyümesinde yavaşlama göz-

lendiğini, ancak bakırın yabancı mersini tohumları için nikelden çok daha toksik olduğunu belirtmekte; bu durumu nikel yada bakır iyonlarının hücre genişlemesi ve bölünmesini inhibe ederek fide büyümesini baskı altına almaları ile açıklamaktadır. Setia ve ark. (1988) ise toksik konsantrasyonlarda $NiCl_2$ uyguladıkları buğday bitkilerinin internod uzunluklarında azalma ve bodurlaşmış büyüme özellikleri sergilediklerine dikkat çekmekte; bu durumu internodlarda gerçekleştirdikleri anatomik çalışmalarda, lignifikasyonun ve hipodermal hücrelerde çeper kalınlaşmasının inhibisyonu, vasküler doku farklılaşmasının baskılanması, hücre tabakalarının sayısı ve farklı hücre tipleri tarafından işgal edilmiş alanlardaki azalma ile açıklamaktadırlar.

Çalışmamızda karanlık şartlarda yetiştirilen tüm serilerde elde edilen hipokotil boyu ortalama uzunluklarının fotoperyot uygulanan tüm seriler ile elde edilen değerlerden belirgin olarak yüksek olduğu görüldü. Bu durum aslında karanlık şartlarda yetiştirilen etiole bitkilerde beklenen bir özelliktir (Başaran, 1991). Ancak toksik konsantrasyonlarda nikel uygulamalarına bağlı olarak etiole fideciklerin hipokotillerinde de çok belirgin büyüme inhibisyonlarına tanık olundu. Literatür incelendiğinde daha önce etiole bitkiler üzerinde nikel toksisitesini araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmadığı için araştırmamızın sonuçları literatür bulgularıyla karşılaştırılmadı.

Çalışmamızda nikel uygulanan domates fideciklerinin hipokotillerinde nikel toksisitesinin bir diğer göstergesi 1-100 ppm nikel konsantrasyonları arasında çok zayıf gözlenen, 200 ve özellikle 500 ppm'den itibaren ise belirgin hale geçen klorozisdir. Nikel elementinin benzer etkileri fotoperyot uygulanan *N. tabacum* L. cv. Karabağlar (tütün) fideciklerinin kotiledonlarında da gözlemlendi. Ancak Taşova genotipinin kotiledonlarında çok belirgin bir klorozise rastlanmadı. *Zea mays*'da büyüme ve bazı metabolik parametreler üzerine nikelin etkilerini inceleyen bir çalışmada nikel stresi altında düşük konsantrasyonlarda yaprakların klorotik, yüksek konsantrasyonlarda ise nekrotik oldukları, nikelin kök sistemlerinde kuru madde üretimini ve yapraklarda klorofil içeriğini şiddetle azalttığı saptanmıştır (Baccouch, 1998). Keza *Phaseolus vulgaris*'in 2 kültür varyetesi kullanılarak yapılan benzer bir çalışmada da bitkilere 4 mg/l nikel uygulanması durumunda yaprak klorofil konsantrasyonunun % 50 kadar azaldığı bildirilmektedir (Piccini ve Malavolta, 1992). Bir başka çalışmada su stresine farklı hassasiyetleri olan 2 buğday kültür varyetesinde kuraklığa hassas genotipte klorofil a ve b konsantrasyonları nikel uygulamaları ile azaltılırken, kuraklığa dayanıklı genotipte klorofil b konsantrasyonunun nikel uygulamaları ile değişmediği, klorofil a konsantrasyonunun ise azaldığı ancak bunun kuraklığa hassas genotipte gözlemlendiği kadar önemli olmadığı be-

lirlenmiştir (Pandolfini vd. 1996). Lyanguzova (1999) nikel varlığında fotomorfogenesis düzeninin alt üst olduğuna işaret eden beyaz hipokotilli fidelerin gelişimini sürgünlere hızlı nikel taşınımı ile açıklamaktadır. *Ipomoea aquatica*'da ise nikelin yapraklar ve gövdeler üzerinde damar boyunca nekrozisin spesifik semptomlarını ürettiği, ayrıca nikel, çinko, krom, kadmiyum ve mangan uygulanan bitkilerde klorozis de gözlemlendiği ifade edilmektedir (Sun ve Wu, 1998).

Bir çalışmada yulaf bitkilerinin kuru maddelerinde nikelin en yüksek konsantrasyonlarının ilk büyüme evrelerinde belirlendiği ve bunun zamanla azalış gösterdiği, bitkide alınan nikelin büyük çoğunluğunun daneler içine iletilendiği (%77.4-88.8), dane ve samandaki nikel konsantrasyonlarının uygulanan nikel seviyelerine oranla yüksek olduğu ve danede maksimum izin verilen değeri aştığı gözlenmiştir (Poulik, 1997). Domates bitkileri ve meyvelerinde kadmiyum ve nikel alımı ile birikimini saptamak amacıyla yapılan bir başka çalışmada, nikelin meyvelerde önemli bir birikim gösterdiği (47-51 mg/kg) ve bunun besin çözeltilisindeki nikel konsantrasyonu ile değişime uğramadığı, buna karşın meyvelerdeki kadmiyum konsantrasyonunun ise kadmiyum ilaveleri ile artış gösterdiği saptanmıştır (Moral vd. 1994). Bizim çalışmamızda fotoperyot uygulanan *N. tabacum* L. cv. Taşova (tütün) fideciklerinde 100 ppm, *N. tabacum* L. cv. Karabağlar (tütün) fideciklerinde ise 200 ppm nikel konsantrasyonlarından itibaren önemli miktarlarda nikel birikimi belirlendi. Buna karşın fotoperyot şartlarında yetiştirilen *L. esculentum* Mill. (domates) fideciklerinin nikel uygulanan tüm serilerinde kök, hipokotil, kotiledon ve testalarda Ni^{+2} katyonu saptandı. Birikim uygulanan nikel konsantrasyonlarındaki artışlara paralel olarak düzenli ve belirgin artışlarla kendini gösterdi. Köklerde birikim özellikle İ-40 genotipinde, hipokotil ve kotiledonlarda ise H-2274 genotipinde daha fazla idi. Her iki genotipin kontrol gruplarında ise nikel birikimi gözlenemedi. *Vigna radiata*'nın tohum dahil farklı kısımlarında krom, nikel ve demir alımı ile birikimlerini inceleyen bir çalışmada nikel ve demirin kolaylıkla sürgün ve köklere taşınabildiği saptanmıştır (Samantaray ve Das, 1997). *Vigna mungo*'nun 4 kültür varyetesi ile yapılan bir başka çalışmada nikelin akümülyasyonu köklerde sürgünlerden daha yüksek olarak belirlenmiş, köklerde nikel içeriğindeki artış genotipler arasında farklılık göstermezken, sürgünlerde farklılık saptanmıştır (Lakshmanachary vd. 1995). Kadmiyum yada nikelin klorür tuzları uygulanan *Glycine max* bitkilerinde metal akümülyasyonunun çoğunlukla köklerde bulunduğu, nikelin bitki bünyesinde kadmiyumdan çok daha hareketli olduğu ve tüm bitki parçalarında özellikle tohumlarda yüksek seviyelere eriştiği belirlenmiştir; olgun tohumlar içinde nikelin en yüksek konsantrasyonlarının ise eksen ve testada olduğu ifade edilmektedir (Malan ve Farrant, 1998). Kuraklığa has-

sas ve kuraklığa dayanıklı iki buğday kültür varyetesinde yapılan bir başka çalışmada kuraklığa dayanıklı genotipin köklerinde kuraklığa hassas olandan 3.5 kat daha büyük nikel konsantrasyonu gözlenmiş, ancak doku nikel içeriği daha yüksek olmasına rağmen kuraklığa dayanıklı genotipin daha iyi büyüme ve besinsel özellikler sergilediği belirlenmiştir (Pandolfini vd. 1996). Araştırmacılar bu gözlemlerine dayanarak farklı buğday genotiplerinde nikel alımı ve hassasiyetinin farklı olabileceğini ve nikel stresine karşı koyabilmek için artırılmış kapasitenin kuraklığa dayanıklılık ile birleştirilmiş olabileceğini iddia etmektedirler (Pandolfini vd. 1996). *Lolium perenne* ve *Zea mays* ile yapılan bir diğer araştırmada ise 20-80 μM nikel varlığında geliştirilen *Lolium perenne* sürgünlerinde nikel birikiminin aynı konsantrasyonlarda nikel uygulanan *Zea mays* sürgünlerinden 5-7 kat daha yüksek olduğu belirlenmiş, oysa 0.1-40 μM nikel varlığında *Lolium perenne* köklerindeki nikel konsantrasyonu *Zea mays* köklerinden 1-2 kat daha yüksek iken, 80 μM nikelde ise 1.5 kat daha düşük olarak gözlenmiştir (Yang vd. 1997). Aynı çalışmada nikelin ksilem taşınım oranları her iki bitki türünde de nikel ilavesinin artışı ile birlikte artış göstermiş ve *Lolium perenne*'de *Zea mays*'dan yaklaşık olarak 2-7 kat daha yüksek olarak saptanmıştır. Araştırmacılar bu gözlemlerine dayanarak sürgünlerdeki yüksek nikel akümülyasyonunun nikelin yüksek ksilem taşınım oranları ile organik asitlerin özellikle sitrik ve malik asitlerin akümülyasyonu ile yakından ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır (Yang vd. 1997).

Sonuç olarak bitki metal stresi etkileşimlerini inceleyen bir çok araştırmada işaret edildiği gibi, bizim çalışmamızda da fotoperyot uygulanan ve karanlık şartlarda yetiştirilen *L. esculentum* Mill. (domates) ve *N. tabacum* L. (tütün) türlerinde çimlenme yüzdeleri, fideciklerde metal iyonlarının birikimi, kök, hipokotil, kotiledon ve ek kök gelişimleri gibi inceleme kapsamına alınan tüm morfolojik ve fizyolojik parametrelerde nikel uygulamalarına bağlı olarak ortaya çıkan değişimlerin değerlendirilmesinde, genotipin bir kritik faktör olarak dikkate alınması gerektiği düşüncesindeyiz.

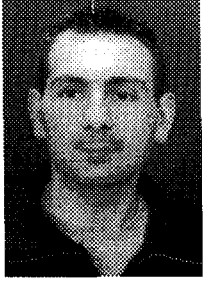
KAYNAKÇA

- Baccouch, S., Chaoui, A., El-Ferjani, E. (1998). Nickel toxicity effects on growth and metabolism of maize. *Journal of Plant Nutrition* 21(3), 577-588.
- Balaguer, J., Almendro, M. B., Gomez, I., Navarro, P. J., Mataix, J., Munoz, C. R. (1998). Tomato growth and yield affected by nickel presented in the nutrient solution, *Acta Horticulturae*, 458, 269-272.

- Başaran, D. (1991). *Modern Genel Botanik*. Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Yayınları, Diyarbakır.
- Chaney, R. L., Clapp, C. E., Larson, W. E., Dowdy, R. H., *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, 1994, 27-31*
- Elçi, Ş., Kolsarıcı, Ö., Geçit, H. (1987). *Tarla Bitkileri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları , Ankara.
- Espen, L., Pirovano, L., Cocucci, S. M. (1997). Effects of Ni²⁺ during the early phases of radish (*Raphanus sativus*) seed germination. *Environmental and Experimental Botany* 38(2), 187-197.
- Gabbrielli, R., Gori, P., Scala, A. (1995). Nickel toxicity on carnation (*Dianthus caryophyllus* L. cv. Corrida) cell cultures: selection of Ni tolerant lines and effects of Ca and Mg. *Plant Science* 104(2), 225-230.
- Kala, R., Gupta, V. K., Gupta, S. P. (1992). Effect of heavy metal application to *Ustilago* on growth of some pulse crops. *Annals of Arid Zone*, 31(3) 233-234.
- Krogmeier, M. J., Mc Carty, G. W., Shogren, D.R., Bremner, J. M. (1991). Effect of nickel deficiency in soybeans on the phytotoxicity of foliar applied urea. *Plant and Soil* 135(2), 283-286.
- Lakshmanachary, A. S., Vijayarengan, P., Chawan, D.D. (1995). Effects of nickel on growth and dry matter yield of blackgram cultivars. *Environment and Adaptive Biology of Plants*, 111-117, Scientific Publishers, Jodhpur, India.
- Lyanguzova, L. V. (1999). Effects of nickel and copper on bilberry seed germination and seedling development. *Russian Journal of Plant Physiology* 46(3), 431-433.
- Malan, H.L., Farrant, J.M. (1998). Effects of the metal pollutants cadmium and nickel on soybean seed development. *Seed Science Research* 8 (4).
- Moral, R., Palacios, G., Gomez, I., Navarro, P. J., Mataix, J. (1994). Distribution and accumulation of heavy metals (Cd, Ni and Cr) in tomato plant. *Fresenius Environmental Bulletin* 3(7), 395-399.
- Palacios, G., Gomez, I., Carbonell, B. A., Navarro, P. J., Mataix, J. (1998). Effect of nickel concentration on tomato plant nutrition and dry matter yield. *Journal of Plant Nutrition* 21(10), 2179-2191.
- Pandolfini, T., Gabbrielli, R., Ciscato, M. (1996). Nickel toxicity in two durum wheat cultivars differing in drought sensitivity. *Journal of Plant Nutrition* 19(12), 1611-1627.
- Peterson, P. J. (1993). *Plant adaptation to environmental stress: Metal pollution tolerance*. Ed. Fowden, L., Mansfield, T., Stoddart, J. Chapman&Hall, 171-188.
- Piccini, D. F., Malavolta, E. (1992). Effect of nickel on two common bean cultivars. *Journal of Plant Nutrition* 15(11), 2343-2350.
- Poulik, Z. (1997). The danger of accumulation of nickel in cereals on contaminated soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 63(1), 25-29.
- Samantaray, S., Das, P. (1997). Accumulation of heavy metals (Cr, Ni and Fe) in mungbean (*Vigna radiata* cv. Local) grown on metalliferous minespoil. *Fresenius Environmental Bulletin* 6, Part 11 of 12, 633-641.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Bekat, L., Leblebici, E. (1995). *Tohumlu Bitkiler Sistematiği*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Semiz, B. D. (1984). Bitki beslenmesinde mineraller. *Doğa Bilim Dergisi* 8(2), 282-291.
- Setia, R. C., Kaila, J., Malik, C. P. (1988). Effects of NiCl₂ toxicity on stem growth and ear development in *Triticum aestivum* L. *Phytomorphology* 38(1), 21-27.
- Sun, E. J., Wu, F. Y. (1998). Along vein necrosis as indicator symptom on water spinach caused by nickel in water culture. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 39(4), 255-259.
- Watanabe, Y., Wada, S., Koide, A., Watanabe, M., and Shimana, N. (1997). Effect of urea as nitrogen source in hydroponic culture on growth and mineral content of tomato plants. *Technical Bulletin of Faculty of Horticulture*, Chiba University 51, 15-19.
- Yaltırık, F., Efe, A. (1989). *Otsu Bitkiler Sistematiği*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, İstanbul.
- Yang, X. E., Baligar, V. C., Foster, J. C., Martens, D. C., Ando, T., Fujita, K., Mae, T., Matsumoto, H., Mori, S., Sekiya, J., (1997). Accumulation and transport of nickel in relation to organic acids in ryegrass and maize grown with different nickel levels. *Plant and Soil*, 196(2), 271-276.

TEŞEKKÜR

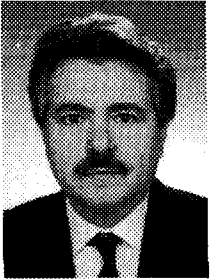
İstatistiksel çalışmalarda yardımcı olan Doç.Dr. Selma Metintaş'a, Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre Cihazı ile katyon tayininde yardımcı olan Bilim Uzmanı Aslan Teker'e ve kimyasal hesaplamalardaki değerli katkılarından dolayı Yrd.Doç.Dr. Temir Ali Demir ve Yrd.Doç.Dr. Necmettin Caner'e teşekkür ederiz.



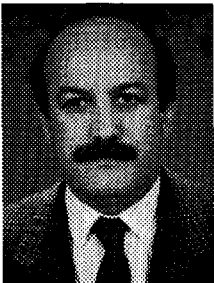
Ercan Çatak 1972 Eskişehir doğumludur. Lisans eğitimini 1995'de Osmangazi Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde, Yüksek Lisans'ını 1999 yılında yine aynı bölümde tamamlanmıştır. 1998 den bu yana Osmangazi Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.



Güler Çolak 1965 Ankara doğumludur. Lisans eğitimini 1988 yılında Dicle Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde tamamladıktan sonra, yine aynı bölümde, Yüksek Lisans'ını 1991 de, Doktora'sını 1994 de bitirmiştir. 1994 den bu yana akademik yaşamına Osmangazi Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde Yardımcı Doçent olarak devam etmektedir.



Süleyman Tokur 1947 Adapazarı doğumludur. Lisans eğitimini 1970 yılında İstanbul Üniversitesi Botanik-Zooloji Bölümü'nde tamamladıktan sonra, 1979 da Ege Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde doktora ünvanını oldu. 1982 de yine aynı bölümde Yardımcı Doçent'liğe atandıktan sonra Anadolu Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde 1984-1988 arasında yardımcı doçent olarak çalıştı. 1988 de doçent, 1994 de profesör oldu. Halen Osmangazi Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde çalışmaktadır.



Orhan Bilgiç 1949 Polatlı doğumludur. Lisans eğitimini 1974 yılında Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nde tamamladıktan sonra, 1978 de İngiltere Sussex Üniversitesi'nden doktora ünvanını aldı. 1982 de Anadolu Üniversitesi Kimya Bölümünde Yardımcı Doçentliğe 1989 da Doçentliğe atandıktan sonra, 1994 yılında Profesör oldu. Halen Osmangazi Üniversitesi Kimya Bölümünde çalışmaktadır.