

**NİKEL (Ni) UYGULAMASI YAPILAN ÇİLEK
BİTKİLERİNDE SALİSİLİK ASİT (SA) ÖN
UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

Aydan POLAT

**Yüksek Lisans Tezi
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN
2012
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**NİKEL (Ni) UYGULAMASI YAPILAN ÇİLEK BİTKİLERİNDE
SALİSİLİK ASİT (SA) ÖN UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

Aydan POLAT

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2012**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

NİKEL (Ni) UYGULAMASI YAPILAN ÇİLEK BİTKİLERİNDE SALİSİLİK ASİT (SA) ÖN
UYGULAMALARININ ETKİLERİ

Prof.Dr. Ahmet EŞİTKEN danışmanlığında, Aydan POLAT tarafından hazırlanan bu çalışma 21.06.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından BAHÇE BİTKİLERİ Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Ahmet EŞİTKEN

İmza :

Üye : Prof.Dr. Metin TURAN

İmza :

Üye : Doç.Dr. Rafet ASLANTAŞ

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NİKEL (Ni) UYGULAMASI YAPILAN ÇİLEK BİTKİLERİNDE SALİSİLİK ASİT (SA) ÖN UYGULAMALARININ ETKİLERİ

Aydan POLAT

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü serasında Fern çilek çeşidi ile yapılan çalışmada, NiCl_2 3 farklı dozu (0.0, 0.5, 1.0 mM) ile Salisilik asidin 3 farklı (0.0, 0.5, 1.0 mM) dozunun tek veya kombine uygulanmalarının stoma iletkenliği, protein, klorofil miktarları, bitki besin elementi içeriği (N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Cu, Mn ve Zn) ve bitki gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Denemede tek başlarına yapılan NiCl_2 ve SA uygulamalarının stoma iletkenliğini kontrole göre azalttığı saptanmıştır. Stoma iletkenliğine benzer şekilde klorofil miktarı da her ölçüm zamanında NiCl_2 uygulaması ile azalma göstermiştir. Denemede çilek bitkilerine SA ve NiCl_2 uygulamaları yaprakta protein miktarını istatistiki anlamda önemli seviyede etkilemiştir. En yüksek protein miktarı 1345,2 ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında belirlenirken, en düşük miktar 810,5 ile 0,5 mM SA +0,5 mM NiCl_2 uygulamasında olmuştur. Uygulanan NiCl_2 konsantrasyonu arttıkça kök ve sürgünde N miktarı azalmıştır. Uygulanan nikel konsantrasyonunun artması yaş sürgün ağırlığını, kuru sürgün ağırlığını, yaş kök ağırlığını ve kuru kök ağırlığını önemli derecede azaltmıştır. En yüksek kök uzunluğu 18,0 cm ile 0,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında tespit edilmiştir. En yüksek kuru kök ağırlığı 3,15 g, en yüksek yaş kök ağırlığı 9,60 g, en yüksek kuru sürgün ağırlığı 2,80 g ve en yüksek yaş ağırlık 5,83 g olarak 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında belirlenmiştir.

2012, 59 sayfa

Anahtar Kelimeler: Çilek, salisilik asit, Nikel (Ni) stresi

ABSTRACT

Master Thesis

STRAWBERRY PLANTS GROWN IN SOIL APPLICATION OF SALICYLIC ACID APPLIED TO THE FRONT ON THE EFFECT OF NICKEL (Ni)

Aydan POLAT

Ataturk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN

In the study, made with strawberry cultivar Fern in Ataturk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture greenhouse effects of alone or combination applications of three different doses of salicylic acid (0.0, 0.5, 1.0 Mm) with three different doses of NiCl₂ (0.0, 0.5, 1.0 Mm) were searched on stoma conductance, protein, chlorophyll amounts, plant growth and nutrient element content of plant (N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Cu, Mn and Zn). In the experiment was found to decrease stoma conductance in NiCl₂ and SA applications when compared to control. The amount of chlorophyll in a similar manner stoma conductance was showed decrease with NiCl₂ application at all measurement times. SA and NiCl₂ applications strawberry plants statistically influenced at significant level the amount of protein in leaves in the experiment. While the highest amount of protein was determined in application of 1.0 mM SA+0.0 mM NiCl₂ with 1345.2, the minimum amount been with 810.5 in application of 0,5 mM SA+0,5 mM NiCl₂. The amount of N decreased in the root and shoot with increasing concentration of applied NiCl₂. Increasing of the concentration of applied nickel was significantly reduced to the weight of wet shoot, dry shoot, wet and dry root. The highest length of root was detected in application of 0,0 mM SA+1,0 mM NiCl₂ with 18.0 cm. The highest weight of dry root 3.15 g, the highest weight of wet root 9.60 g, the highest weight of dry shoot 2.80 g and the highest weight of wet shoot 5.83 g was determined in application of 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl₂.

2012, 59 pages

Keywords: Strawberry, Salicylic acid, Nickel stress,

TEŞEKKÜR

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Hocalarıma, yöneticiliğimi yapan ve bana yol gösteren Selçuk Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Hocam Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN'e, tez düzeltmelerimde yardımlarını esirgemeyen Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Hocam Doç. Dr. Rafet ASLANTAŞ'a, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Hocam Prof. Dr. Metin TURAN'a, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Sayın Prof. Dr.İhsan Efeoğlu'na, tez yazım kuralları konusunda yardımlarını eksik etmeyen Sayın Leman hanıma laboratuvar çalışmalarım için yardımcı olan Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Ökkeş ATICI'ya, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Serkan ERDAL'a, Tarla Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Erdoğan ÖZTÜRK'e, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Sayın Arş. Gör. Adem GÜNEŞ ve Sayın Arş. Gör. Aslıhan ESRİNGÜ'ye ve tez çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen, sürekli yanımda olan ve yol gösteren Sayın Hilal YILDIZ'a, iş arkadaşım Ziraat Mühendisi Özlem ANGIŞ'e ve maddi manevi yardımlarıyla yanımda olan babama çok teşekkür ederim.

Aydan POLAT

Haziran, 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL ve METOT.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Bitki materyali	12
3.1.2. Çözelti hazırlığı	12
3.2. Yöntem	13
3.3. Araştırmada İncelenen Konular.....	14
3.3.1. Stoma iletkenliği ve klorofil miktar tayini	14
3.3.2. Yaş kök ve yaprak ağırlıkları	15
3.3.3. Kuru kök ve yaprak ağırlıkları	15
3.3.4. Kök boyu	15
3.3.5. Azot tayini	15
3.3.6. Bitkide diğer elementlerin (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Na, Zn, Cu, Pb, B, Cd ve Ni) tayini.....	15
3.3.7. Kantitatif protein tayini	16
3.4. Verilerin İstatistik Analizi	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	18
4.1. Stoma İletkenliği Üzerine Etkiler.....	18
4.2. Klorofil miktarı üzerine etkiler.....	21
4.3. Protein Miktarı Üzerine Etkileri.....	24
4.4. Besin Elementi Miktarı Üzerine Etkileri.....	27
4.4.1. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl ₂ uygulamalarının Azot (N) miktarı üzerine etkileri.....	27

4.4.2. Farklı Dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının P (Fosfor) miktarı üzerine etkileri.....	28
4.4.3. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının K (Potasyum) miktarı üzerine etkileri	29
4.4.4. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Ca (Kalsiyum) miktarı üzerine etkileri	30
4.4.5. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Mg (Magnezyum) miktarı üzerine etkileri	31
4.4.6. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Na (Sodyum) miktarı üzerine etkileri.....	32
4.4.7. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Fe (Demir) miktarı üzerine etkileri.....	33
4.4.8. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Zn (Çinko) miktarı üzerine etkileri.....	34
4.4.9. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Mn (Mangan) miktarı üzerine etkileri	35
4.4.10. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Cu (Bakır) miktarı üzerine etkileri.....	36
4.4.11. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının B (Bor) miktarı üzerine etkileri.....	37
4.4.12. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Cd (Kadmiyum) miktarı üzerine etkileri	38
4.4.13. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Pb (Kurşun) miktarı üzerine etkileri	39
4.4.14. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Ni (Nikel) miktarı üzerine etkileri.....	40
4.5. Yaş Sürgün ve Kök, Kuru Sürgün ve Kök Ağırlıkları Üzerine Etkileri.....	41
4.5.1. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının yaş sürgün ağırlığı (g) üzerine etkisi	41
4.5.2. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının kuru sürgün ağırlığı (g) üzerine etkisi	42

4.5.3. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının yaş kök ağırlığı (g) üzerine etkisi	43
4.5.4. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının kuru kök ağırlığı (g) üzerine etkisi	44
4.5.5. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının bitki kök uzunluğuna etkisi	45
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	47
5.1. Stoma İletkenliği Üzerine Etkisi	48
5.2. Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi	48
5.3. Protein Miktarı Üzerine Etkisi	49
5.4. Besin Elementi Miktarı Üzerine Etkisi	50
5.5. Yaş Sürgün ve Kök, Kuru Sürgün ve Kök Ağırlıkları Üzerine Etkileri.....	51
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	60

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Cm	Santimetre
g	Gram
l	Litre
mg	Miligram
ml	Mililitre
μ M	Mikromolar
SA	Salisilik asit
mM	Milimol

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan fern çilek çeşidi	12
Çizelge 3.2. Çalışmanın yapılma zamanı ve bitki sayısı	14
Çizelge 3.3 Çalışmada kullanılan Ni ve SA konsantrasyonları	14
Çizelge 4.1. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının stoma iletkenliği (SC) üzerine etkisi.....	20
Çizelge 4.2. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının klorofil miktarı (LCRV) üzerine etkisi	23
Çizelge 4.3. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının protein miktarı (.....birim) üzerine etkisi	26
Çizelge 4.4. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının sürgün ve kökte azot (N) (%) miktarına etkileri	28
Çizelge 4.5. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte fosfor (P) % miktarına etkileri.....	29
Çizelge 4.6. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte potasyum (K) % miktarına etkileri	30
Çizelge 4.7. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte kalsiyum (Ca) ppm miktarına etkileri.....	31
Çizelge 4.8. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Magnezyum (Mg) ppm miktarına etkileri	32
Çizelge 4.9. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Sodyum (Na) miktarına etkileri.....	33
Çizelge 4.10. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Demir (Fe) miktarına etkileri.....	34
Çizelge 4.11. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Çinko (Zn) miktarına etkileri.....	35
Çizelge 4.12. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Mangan (Mn) miktarına etkileri	36
Çizelge 4.13. Farklı dozlarda NiCl ₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Bakır (Cu) miktarına etkileri	37

Çizelge 4.14. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Bor (B) miktarına etkileri	38
Çizelge 4.15. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Kadmiyum miktarına etkileri	39
Çizelge 4.16. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Kurşun (Pb) miktarına etkileri	40
Çizelge 4.17. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Nikel (Ni) miktarına etkileri	41
Çizelge 4.18. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaş sürgün ağırlığı (g) üzerine etkisi	42
Çizelge 4.19. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının kuru sürgün ağırlığı (g) üzerine etkisi	43
Çizelge 4.20. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaş kök ağırlığı (g) üzerine etkisi	44
Çizelge 4.21. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının kuru kök ağırlığı (g) üzerine etkisi	45
Çizelge 4.22. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının kök uzunluğu (cm) üzerine etkisi	46

1. GİRİŞ

Çilek üzüksü meyvelerden en fazla üretimi yapılan meyvedir. Çok uzun yıllardan beri, çeşitli ülkelerde yetiştirilmekte ve bilinmekte olan çilek, çok değişik ekolojik ortamlar içerisinde yetiştirilebilme imkanına sahip olan ender meyve türlerindendir. *Fragaria* cinsi içerisinde Asya, Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika'da 12 kadar türü doğal olarak yetişmektedir. Aynı zamanda ülkemizin hemen hemen her yöresinde yetiştirilebilen bir meyve türü olan çilek, özellikle de Akdeniz ve Ege kıyılarında yoğun olarak üretilmektedir (Konarlı 1986).

Günümüzde çilek yetiştiriciliğinin önem kazanmasında en büyük etken, değişik iklim ve toprak koşullarında ekonomik olarak yetiştirilmesi olmuştur. Çilek pazarda taze meyvenin az olduğu dönemde olgunlaşması nedeniyle yüksek fiyatla alıcı bulabilmektedir. Bunun yanında çilek yetiştiriciliğinde birim alandan elde edilen gelir de öteki ürünlere göre oldukça yüksektir. Ayrıca çilek insan sağlığı ve beslenmesi açısından da oldukça yararlıdır (Ağaoğlu 1986; Özdemir 1999; Türemiş ve ark. 2000; Erenoğlu ve ark. 2000).

Bir çevrede devamlı olarak ya da arada sırada meydana gelen çok sayıdaki olumsuz fakat hemen öldürücü olmayan koşullar stres olarak tanımlanmaktadır. Bir başka yaklaşımla; bitkide metabolizmayı, büyüme ve gelişmeyi etkileyen veya engelleyen, uygun olmayan herhangi bir durum ya da madde stres olarak kabul edilir (Lichtenhaler 1998; Kadioğlu 1999; Gürel ve Avcıoğlu 2001).

Bitkisel üretimde stres, bitkilerin yaşadığı ortamda bir veya birden fazla etkenin, büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkileyerek, verim düşüklüğü ile sonuçlanan bir dizi gerileme nedeni olarak algılanmaktadır. Bitkiler yaşam süreçleri içerisinde değişik stres koşulları ile karşılaşır. Stres altında yetişen bitkilerin gelişmeleri, metabolizmaları ve verimleri önemli ölçüde olumsuz etkilenir. Kuraklık, yetersiz

beslenme, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklık, toprak ve atmosfer kirliliği, radyasyon gibi etmenler bitkisel üretimde verimi sınırlandıran abiyotik streslerdir (Lawlor 2002).

Topraklar endüstri atıklarından, araç emisyonlarından, kömür yakma atıkları ve diğer aktivitelerden kaynaklanan büyük miktardaki ağır metallerin alıcısıdır. Ağır metal kirliliği genellikle antropojeniktir. Madencilik, ergitme, metal sanayilerinde enerji yakıt üretiminden, gübre, pestisit uygulamaları ve evsel atıklardan kaynaklanmaktadır. Bu aktiviteler sonucunda, ağır metallerin doğadaki birikimleri, organizmalara zarar verebilecek seviyeye ulaşır (Chatterjee and Chatterjee 2000). Ağır metaller çok değişik kaynaklardan çevreye yayılmakta, toprak ve suyun kalitesini önemli oranda bozmaktadır. Aşırı nüfus artışı buna bağlı olarak düzensiz şehirleşme, artan trafik yoğunluğu, plansız sanayileşme gibi etmenler hem toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmakta ve hem de etraflarındaki tarım arazilerinin ortadan kalkmasına yol açmaktadır (Manta *et al.* 2002; Zengin 2005). En önemli endüstriyel ağır metal kirleticiler toprak ve sularda çözünmüş olarak kalan Cd, Hg, Pb, Cr, Cu ve Zn'dir (Kim *et al.* 2003). Bitki gelişimi için mutlak gerekli element olsun veya olmasın ağır metallerin doku ve organlardaki aşırı birikimi bitkilerin vejetatif ve generatif organlarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Gür vd 2004). Ağır metaller bu toksik etkileri nedeniyle bitkilerde transpirasyon, stoma hareketleri, su alımı, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayın bozulmasına neden olmaktadır (Kennedy and Gonsalves 1987).

Ağır metaller, ekolojik dengeyi bozan, canlı büyüme ve gelişmesini önemli oranda etkileyen, çevreyi kirleten temel kaynaklardan biridir (Ruis-Jiménez *et al.* 2003). Bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe), manganez (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni), kobalt (Co) gibi bazı ağır metaller bitki ve hayvanların gelişmesi için gerekli mikro besin elementleridir. Arsenik (As), civa (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi bazı ağır metaller ise bitki ve hayvan gelişimi için gerekli olmayan elementlerdir (Niess 1999). Mikro besin elementi olsun ya da olmasın ağır metallerin, atmosferde, suda ve topraktaki konsantrasyonunun belli bir seviyenin üzerine çıkması, tüm canlılar için ciddi

problemlere neden olmaktadır (Benavides *et al.* 2005). Birçok kirlenmede olduğu gibi ağır metal kirlenmesinde de öncelikle etkilenen grup primer üreticiler olan bitkilerdir. Bitkiler toprak çözeltisinde iyon halinde bulunan ağır metalleri genellikle kökleri ile alırlar. Ancak bazı araştırmalarda az da olsa atmosferde bulunan ağır metallerin yapraklar aracılığı ile alınabildiği de gösterilmiştir (Harrison and Chirgawi 1989; Lindberg *et al.* 1992; Marschner 1995).

Nikel (Ni) bitkiler için temel elementlerden birisidir (Chen *et al.* 2009). Glioksilazlar, pepetiddeformilazlar, metil-com reduktaz, üreaz, birkaç tane süperoksit dismutazlar ve hidrogenazlar gibi pek çok enzimin yapısına girmektedir. Bundan dolayı, bitkide farklı metabolik işlemlerde rol oynamaktadır (Ermler *et al.* 1998; Küpper and Kroneck 2007). Bununla beraber bitkinin normal büyümesi için ihtiyaç duyduğu nikel miktarı çok azdır. Ayrıca, toprakta nikel miktarının artması bitkide toksik etki yapmaktadır. Bu açıdan Ni çevre kirliliğine sebep olan önemli bir elementtir ve endüstride oldukça fazla miktarda kullanılmaktadır. Toprakta Ni artmasına sebep olan en önemli kaynaklar metal madenleri, eritme tesisleri, fosil yakıtlarının yakılması, evsel atıklar, kentsel ve endüstriyel atıklar, gübre uygulamaları ve organik hayvan gübreleridir. Bunların yanı sıra nikel büyük ölçüde galvanizleme endüstrisinde hammadde olarak kullanılmaktadır ve toprak kirliliğinin ana kaynaklarını oluşturmaktadır. İlave olarak arıtma çamuru ve kompost da toprakta nikel kirliliğine yol açmaktadır (McIlveen and Negusanti 1994; McGrath 1995; Alloway 1995; Salt *et al.* 2000; Easton *et al.* 1992). Bu şekilde yaygın kullanılan materyallerden kirliliğin ortaya çıkması ve bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemesinden dolayı nikel önemli bir toprak kirletici ağır metaldir.

Salisilik asit (SA), genellikle bir hidroksil grubu ya da onun fonksiyonel türevini taşıyan, aromatik bir halkaya sahip bitki fenoliklerinin bir grubudur. Son yıllarda bitkilerde salisilik asidin biyolojisi ile ilgili yapılan çalışmaların sonucunda, salisilik asidin diğer birçok fenolik bileşik gibi, bitki büyümesinin düzenlenmesi, gelişimi ve diğer organizmalarla etkileşiminde temel rol oynadığı görüşü ortaya çıkmıştır (Harborne 1980).

Serbest SA aktif olarak taşınmadıkça ve metabolize olmadıkça, ilk sentezlendiği noktadan uzaktaki dokulara hızlı bir şekilde taşınmaktadır. Tarımsal açıdan önemli bitki türlerinin salisilik asit düzeyleri üzerinde yapılmış çalışmalar, bitkilerde bu bileşiğin her zaman ve her yerde dağılmış olabileceğini ortaya çıkarmıştır (Raskin 1995). En yüksek SA seviyesi pirinç bitkisinin yapraklarında saptanmıştır. Ayrıca, termojenik (ısı üreten) bitkilerin infloresensinde ve nekroz oluşturan patojenlerle enfekte edilmiş bitkilerde de oldukça yüksek düzeylerde SA olduğu belirlenmiştir (Özeker 2005).

Bitkiler insan hastalıkları ve rahatsızlıklarını tedavi etmede kullanılan birçok maddenin kaynağıdır. Bu maddelerden biriside salisilik asittir. İlk olarak Amerikan yerlilerinin ve Yunanlıların söğüt ağacının kabuk ve yapraklarını baş ağrısı gibi bazı hastalıkların tedavisinde kullandıkları bilinmektedir. Bu bilgilerden yola çıkan Johann Buchner 1828'de Almanya'da söğüt kabuğundan başlıca salisilat ve salisil alkolün glikoziti olan salisinin iz miktarlarını ilk defa izole etmiştir. İlk salisilik asit ($C_7H_6O_3$) üretimine 1874 yılında Almanya'da başlanmış ve 1898'te Bayer kooperatifi tarafından ticari ismi asetilsalisilik asit olan aspirin tanıtılmıştır. Günümüzde salisilik asidin birçok bitkide geniş çapta bulunduğu ve önemli bir gelişme maddesi olduğu bazı bilim adamları tarafından kabul edilmiştir (Arteca 1996).

Salisilik asidin termojenite ve hastalıklara dayanıklılık üzerindeki etkileriyle ilgili tüm bilgiler, onun bitkisel hormonlar için belirlenen kriterlere sahip olduğunu göstermektedir. Günümüzde ise artık pratikte, bitkilerde SA büyüme düzenleyicisi olarak kullanılmaya başlanmıştır (Özeker 2005).

Osmotik stres ve tuzluluk gibi olumsuz çevre koşullarına bitkilerin uyum sağlamasında büyüme düzenleyicilerin kullanımı, bitkilerin strese dayanıklılık geliştirmesini sağlayan yaklaşımlar arasındadır (Senaratna *et al.* 2000). Salisilik asit (SA), bitkilerde fizyolojik olayların düzenlenmesinde yardımcı olan, fenolik bileşiklere ait içsel bir büyüme düzenleyicisidir (Shakirova *et al.* 2003a).

Ağır metal stresinin bitkilerdeki metabolik olayları nasıl etkilediğini açıklığa kavuşturmak, ayrıca bitkilerin bu kirleticilere karşı hangi tepkiler verdiğini ve hangi uyum mekanizmalar geliştirdiğini belirlemek oldukđa önemlidir. Bu alışmada Fern ilek bitkilerinin yetiştirildiği toprağa farklı dozlarda uygulanan nikel (Ni) şartlarında salisilik asit n uygulamalarının vejetatif büyüme, stoma iletkenliği, klorofil, protein içeriği ve besin element miktarları üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Zengin (2005) yapmış olduğu çalışmada fasulye fidelerinin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine nikel ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ve krom ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)'un etkilerini araştırmıştır. Çalışmada bir haftalık fasulye fideleri ve her iki metalinde klor tuzu kullanmıştır. Fidelerin her gün kök ve gövde uzunlukları ile yaprak alanlarını ölçmüştür. Elde edilen sonuçlara göre her iki ağır metalin de fidelerin kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranlarda engellediğini tespit etmiştir. Bu ağır metallerin konsantrasyonlarındaki artış ile kök, gövde ve yaprak büyümesinin inhibisyon oranı arasında bir paralellik olduğu görülmüştür. Fidelerin ağır metale maruz kalma süresinin uzamasının kök, gövde ve yaprak büyümesindeki azalmanın daha fazla olmasına yol açtığı belirlenmiştir. Ayrıca kök, gövde ve yaprak büyümesindeki azalışın ağır metalin çeşidi ve konsantrasyonu ile ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Nikel ve krom stresine kök büyümesinin daha hassas olduğu, bunu gövde ve yaprak büyümesinin takip ettiğini belirlemiştir. Bu iki ağır metalden nikelin kroma göre daha toksik olduğu tespit edilmiştir.

Qing-Mao *et al.* (2007) hıyar bitkisinde yaprak ve kökten yapılan SA ön uygulamasının tuz stresine karşı yaptığı etkiyi incelemek üzere bir araştırma yapmışlardır. Kökten ve yapraktan 50 mg/l SA uygulamışlar ve NaCl uygulanmış bitkilerde SA ön uygulamasının toplam kütle, bitki boyu ve gövde çapında su dengesi ve membran stabilitesi aracılığı ile tuz stresine karşı olumlu etkiler yaptığını tespit etmişlerdir.

Yapılan çalışmada buğday fidelerinin tuza (Shakirova and Bezrukova 1997) ve su eksikliğine (Bezrukova *et al.* 2001), mısırın soğuk stresine (Janda *et al.* 1999), domates ve fasulyenin soğuk ve sıcaklık stresine (Senaratna *et al.* 2000) ve çeltiğin ise ağır metal stresine (Mishra and Choudhuri 1999) direncinin SA uygulamasıyla arttığı belirtilmiştir.

Kurt (1998) simbiyotik azot fikse eden *Vicia faba* L. bitkilerine uygulanan salisilik asidin (SA), protein, toplam azot ve klorofil içerikleri üzerine etkisini incelemiş, 100 ppm SA uygulanan bitkilerde yaprakta klorofil ve protein miktarlarının arttığı, 500 ppm SA uygulanan bitkilerde ise, yaprakta klorofil miktarının artmasına karşın, protein miktarında değişim olmadığını belirtmiş, ayrıca bu uygulamalar sonucunda, bitkilerin gövdesindeki toplam azot miktarı azalırken, kökteki toplam azot miktarının arttığını belirtmiş ve steril toprakta yetiştirilen bitkilerde ise, yaprakta protein, klorofil ve toplam azot miktarlarının azaldığını saptamıştır.

Janda *et al.* (1999) hidroponik sistemle yetiştirilen mısır bitkisinde soğuk zararının etkisini azaltmada salisilik asidin etkisinin incelendiği çalışmada, normal büyüme sıcaklığında genç mısır bitkilerine besin çözeltisinde 0.5 mM uygulamasının daha sonraki günlerde uygulanan düşük sıcaklıklara bitkinin toleransını artırdığını, stresten 1 gün önce uygulanan 0.5 mM SA'in net fotosentezi, stoma geçirgenliğini ve transpirasyonu normal büyüme sıcaklığında (22/20°C) azalttığını, ayrıca normal büyüme sıcaklığında mısır bitkilerine salisilik asit ön uygulaması yapılmasının soğuk toleransının artmasını sağlayan antioksidan enzimlerin oluşmasını sağladığını bildirmişlerdir.

Top (1999) sera ve tarla koşullarında yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkilerine uygulanan farklı konsantrasyonlardaki (50, 100 ve 200 ppm) salisilik asidin (SA) yaprak proteinleri, toplam azot ile klorofil ve karotenoid pigmentleri üzerine etkisini incelemiş, sonuçta sera ve tarlada yetiştirilen bitkilere uygulanan 100 ppm SA'in, tüm bitkide toplam azot miktarında artışa, 200 ppm SA'in ise azalmaya neden olduğunu belirlemiştir. Ayrıca bitkilere uygulanan 100 ppm SA'in yapraklardaki klorofil miktarını artırdığı ve serada yetiştirilen bitkilerin yapraklarında, karotenoid miktarının ise, 50 ve 100 ppm SA etkisiyle artarken, tarlada yetiştirilen bitkilerin karotenoid miktarına SA uygulamalarının önemli bir etki yapmadığını bildirmiştir.

Yapılan bir çalışmada Kocaeli'nde faaliyet göstermekte olan, sodyum hidroksit, sıvı klor, hidroklorik asit ve kalsiyum hipoklorit asit üretimi yapan bir kimya fabrikası sahasından üç farklı noktadan koordinatları belirlemişlerdir. 5 ve 30 cm derinliklerden

toprak numuneleri almışlardır. Alınan numunelerde ekstraksiyon işlemi yapmışlardır. Ağır metallerden nikel (Ni), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve civa (Hg) tayinleri yapmış ve konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Nikelin konsantrasyonunu 30 cm derinlikten alınan 1, 2 ve 3 no'lu numunelerde sırasıyla 22, 31 ve 23 mg/kg; kurşunun konsantrasyonunu 22, 45, 41 mg/kg; kadmiyumun konsantrasyonunu tüm numunelerde 0,0037 mg/kg'ın altında, civanın konsantrasyonunu ise 76, 52 ve 16 mg/kg olarak belirlemişlerdir. İncelenen toprakta kurşun ve kadmiyum konsantrasyonlarının sınır değerlerinin altında, nikel ve civa konsantrasyonlarının ise bazı numunelerde sınır değerlerinin üzerinde olduğunu görmüşlerdir (Veli vd 2005).

Taşgin vd (2003) kışlık buğdayla yaptıkları bir çalışmada, kontrollü şartlar altında (20-18°C'de 15-30-45 gün, 15-10°C'de 15gün, 15 5°C'de 30 gün ve 5-3°C'de 45 gün) yetiştirdikleri bitkilere 0,01, 0,1 ve 1 mM SA uygulamalarının don banyosu ve elektrik kondüktivite ile yapraktaki zararlanmalar üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Soğuk aklimasyonuna tabi tutulan ve Salisilik asit uygulanıp soğuk kontrollü (15-10°C, 15 ve 30 gün) şartlarda yetiştirilen bitkilerde don zararının daha az olduğu saptanmıştır. SA uygulamasının olumlu etkisinin soğuk şartlar altında apoplastik protein oluşumunu etkileyerek buz çekirdek aktivitesinde bir artışa sebep olup don (-1 ve -20°C) toleransını artırmasından kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Pal *et al.* (2002) mısırdaki yaptıkları çalışmada kadmiyum stresi altındaki bitkilere uygulanan salisilik asidin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, salisilik ve Cd uygulandığında zararın salisilik asit uygulanmamışlara nazaran daha az olduğunu ancak salisilik asit uygulamasının da oksidatif stres ve kök sisteminde zarara neden olduğunu ve fitoselatin sentez engellediği saptanmıştır. Bundan dolayı, salisilik asit uygulamasının Cd stresinden önce yapıldığında zararlı etkinin arttığı tespit edilmiştir.

Akıncı ve Çalışkan (2010) yaptıkları çalışmada bitkilerin stres koşullarına daha fazla tepki verdikleri çimlenme aşamasında; bazı yazlık sebzelerde (domates, biber, patlıcan, hıyar, kabak, kavun, karpuz, bamya, fasulye ve mısır) nikelin farklı konsantrasyonlarındaki toksik etki düzeylerinin ortaya konulması ve nikelin toksisite

sınırlarının henüz çimlenme aşamasında belirlenmesini amaçlamışlardır. Ayrıca nikel kirlenme olasılığı bulunabilecek tarımsal alanlarda, öncelikli olarak kullanılabilen türlerin, henüz çimlenme aşamasından başlanılarak ortaya konulmasına çalışmışlardır. Nikelin etkisinin bu sebze türlerinin büyüme ve gelişmesi için en erken dönem olan çimlenme aşamasında test edilmesi ucuz, hızlı ve pratik bir çerçevede sonuca gitme olanağının olabileceğini göstermişlerdir.

Yapılan bir çalışmada Camarosa çilek çeşidi için farklı yoğunlukta tuz uygulanan bitkilere farklı salisilik asit (SA) dozları uygulaması ile ortaya çıkan membran geçirgenliği, protein, klorofil ve prolin değişimleri, bitki gelişimi ve bitki besin elementi içeriğine etkileri araştırılmıştır. Tuzlu şartlarda SA uygulamasının membran geçirgenliğini azalttığı ve protein, prolin, klorofil b ve toplam klorofil miktarını yükselttiği görülmüştür. SA uygulamaları özellikle Na, Ca ve Cl içeriği açısından önemli etkiler yapmıştır. Kontrolde yapraklarda Na, Cl ve Ca sırasıyla 256 ppm, 21,3 ppm ve %0.86 olarak belirlenirken 0,5 mM SA uygulamasında Na 177 ppm ve 0.25 mM SA uygulamasında Cl 16,8 ppm ve Ca %1.07 olarak belirlenmiştir. Tuzlu şartlarda yapılan SA uygulamalarının bitki gelişimini olumlu bir şekilde etkilediği ve SA'ın tuzun toksik etkilerinin ortaya çıkmasını geciktirdiği belirlenmiştir (Tohma 2007).

Yapılan bir çalışmada nitrat tuzu halinde uygulanan kadmiyum ve kursun ile klor tuzu halinde uygulanan civa, nikel, kobalt ve çinko gibi ağır metallerin elma (*Malus sylvestris* cv. Golden)'da polen çimlenmesi ve polen tüp büyümesi açısından yapmış oldukları etkiler araştırılmıştır. Ağır metal tuzunun konsantrasyonu ile polen tüp büyümesi ve polen çimlenmesinde ters bir orantı olduğu saptanmıştır. Nitrat tuzu şeklinde uygulanan ağır metaller içerisinde yüksek konsantrasyonlarda kursun (Pb^{+2})'un kadmiyuma (Cd^{+2}) göre etkili olduğu gözlemlenmiştir. Klorür tuzu şeklinde uygulanan ağır metaller içerisinde ise civa (Hg^{+2}) en toksik etkiyi göstermiş, civayı sırasıyla çinko (Zn^{+2}), nikel (Ni^{+2}) ve kobalt (Co^{+2}) izlemiştir (Munzuroğlu ve Gür 1999).

Aksu ve Yıldız (2007) Rio Grande and Inuictus Lot. 335 domates çeşitleri üzerinde bir çalışma yapmış; 8 hafta besin çözeltisinde yetiştirilip farklı seviyelerdeki Pb ve Cd

elementlerine maruz kalan bitkilerde mineral element içeriği ve kuru madde üretimi açısından oluşan etkiyi incelenmişlerdir. Fideleri 3-4 yapraklı hale gelen besin çözeltisine aktarmış ve farklı dozlarda ağır metaller uygulamışlardır. Bitkiler 8 hafta sonunda hasat edilmiş; her iki çeşit bitkide de artan Pb ve Cd konsantrasyonlarının kuru madde üretimi üzerine etkisi $p < 0.001$ olasılık düzeyinde önemli olmuştur. Her iki çeşitte de Cd düzeyinin artması ile bitkide Cd alımının doğru orantılı, P, Ca, K, Mg ve Fe alımının ise ters orantılı olduğunu gözlemlemişlerdir. Her iki çeşit için Pb düzeyinin artması ile Pb alımı arasında doğru; P, Ca, Zn ve Mn alımı arasında ters orantı olduğunu saptamışlardır.

Yapılan bir çalışmada salisilik asitle çevre stresleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Buğday bitkisine 0,05 mM SA uygulanmış olup sonuç olarak fide gelişim devresinde SA'ın tuzun zararlı etkilerini azalttığı; buğday köklerinin apikal ucunda hücre bölünmesini artırdığı ve buğdayda İAA ve ABA birikimine neden olduğu tespit edilmiştir (Sakhabutdinova *et al.* 2003).

Akıncı ve Akıncı (2011) yapmış oldukları bir çalışmada aşırı nikelin ıspanak bitkisinin çimlenmesi ve erken fide döneminde bazı büyüme parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Uygulama sonrasında bitkide çimlenme, radikula-hipokotil gelişimi, radikula hipokotil büyüme tolerans indeksi ve su içeriği için nikelin çimlenme aşamasında 25 mg/lt; erken fide aşamasında ise 2.5 mg/lt dozunda uyarıcı olduğu daha yüksek dozlarda engelleyici etkide bulunduğunu saptanmışlardır. Ayrıca nikelin fide aşamasına göre çimlenme döneminde daha yüksek dozlarda toksik etkide bulunduğunu gözlemlemişlerdir.

Szalai *et al.* (2005) Mısır (*Zea Mays* L.) da yapmış oldukları bir çalışmada tuz stresi üzerine bitkilerdeki SA'ın etkisi araştırmışlardır. Mısır bitkilerine 50 veya 100mM NaCl uygulamış; iki haftalık mısır bitkilerine bu uygulamayı yapmış olup uygulama 7 gün sürmüştür. 1., 3 ve 7. uygulamalarından sonra bitkinin yaprak ve köklerinde antioksidan enzim aktivitesi ve SA miktarını analiz etmişlerdir. Uygulama sonrasında toplam ürün miktarının azaldığını; 100 mM NaCl uygulanan bitkide katalaz ve askorbat

peroksidaz aktivitesinde ve bitkideki serbest ve bağı SA seviyesinde herhangi bir değişme olmadığını, tespit etmişlerdir.

Zengin ve Munzuroğlu (2005) yaptıkları bir çalışmada bazı ağır metalleri (Ni^{+2} , Co^{+2} , Cr^{+3} ve Zn^{+2}) klor tuzu halinde 7 günlük fasulye fidelerine uygulamış bitkide klorofil ve karotenoid miktarı üzerine bu ağır metallerin etkilerini araştırmışlardır. Fideleri her bir ağır metalin farklı konsantrasyonlarındaki solusyonlarında 10 gün süreyle gelişmeye bırakmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, tüm metallerin klorofil a, klorofil b, total pigment I, total pigment II miktarını azalttığını, karotenoid miktarını ise artırdığını tespit etmişlerdir. Ağır metal konsantrasyonundaki artış ile karotenoid ve klorofil miktarının artışı veya azalışı arasında pozitif bir korelasyon görmüş; en toksik elementin Nikel olduğunu saptamışlardır.

Yapılan bir çalışmada SA uygulamasının sıcak ve soğuk stresine karşı etkisi araştırılmış; asma bitkisi üzerinde çalışılmıştır. Araştırmacılar dışarıdan SA ön uygulaması yapmışlardır. Sonuç olarak SA'nın bitkilerin mezofil hücrelerinde stolozik kalsiyumu arttırdığı; yapraklardaki tiobarbütirik asit ve nispi elektrolit sızıntıyı azalttığı; soğuk veya sıcak stresine karşı toleransı artırdığı belirlenmiştir (Wang and Li 2006).

SA, aspirin ve asetil salisilik asit konsantrasyonlarının domates ve fasulye bitkilerinde, kuraklık, don ve sıcaklık stresine karşı yapmış oldukları etkilerini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada 0,1- 0,5 mM dozlarında SA veya asetil salisilik asit uygulanmıştır. Uygulama yapılmış tohumlardan elde edilen bitkilerin adı geçen streslere karşı dayanıklılıklarının arttığı; yapraktan püskürtme yoluyla yapılan 0,5 mM SA veya ASA uygulanan bitkilerde ise kuraklık, don ve sıcaklığa karşı tolerans derecesinde bir etkinin olmadığı tespit edilmiştir (Senaratna *et al.* 2000).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyali

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri serasında 2010-2011 döneminde 2 aylık (Mart, Nisan) peryotta yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait 6 nolu deneme alanında bulunan fidelikten temin edilen Fern çeşidine ait fideler kullanılmıştır.

Fern çilek çeşidi ile ilgili bilgiler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan fern çilek çeşidi

Çeşit	Özellikleri	Temin Edilen Yer
FERN	Fern çeşidi 1983 yılında California Üniversitesi araştırmacı Voth tarafından piyasaya sunulmuştur. Nötr gün çilek çeşididir. Daha çok yayla bölgelerinde iyi sonuç veren, her zaman meyve verme özelliğine sahip yediveren, verimli bir çeşittir. Meyve sertliği iyidir. Meyvesi çekici ve taşımaya dayanıklıdır. Meyvesinin sertlik derecesi ve aroması iyidir. Güçlü bir vejetatif yapıya sahip değildir (Konarlı 1986).	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi 6 nolu Deneme Alanı

3.1.2. Çözelti hazırlığı

Çalışmada ağır metalin 3 farklı dozu (0.0, 0.5, 1.0 mM) kullanılmıştır. Nikelin 0.5 mM dozu için 5 lt suda 0,5945 gr NiCl_2 1.0 mM dozu için ise 5 lt suda 1.1885 gr NiCl_2 çözdürülmüştür.

Salisilik asitin de üç dozu (0.0, 0.5, 1.0 mM) kullanılmıştır. 1 mM SA dozu için 2 lt suda 0,2764 gr SA ve 0,5 mM dozu için ise 2 lt suda 0.1382 gr SA çözdürülmüştür. Denemede bitkilerin beslenmesi için gübre çözeltisi hazırlanmıştır. 110 gr gübre çözeltisi 5 lt suda çözülerek bu çözeltiden 100 ml alınarak su ile 5 lt'ye tamamlanmıştır. Gübre çözeltisinin ph sı 6,5'e ayarlanmıştır.

3.2. Yöntem

Bu çalışma Tam Şansa Bağlı Deneme Planına göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 5 bitki kullanılmıştır. Toplam 135 bitki üzerinden çalışma yürütülmüştür ($9 \times 3 \times 5 = 135$). Soğuklama ihtiyacı karşılanmış Fern çeşidi çilek fideleri serada 2:1 kum: toprak karışımı doldurulmuş plastik torbalara dikilmiştir. Dikimden itibaren 3-4 yaprak oluncaya kadar bitkilere yalnızca su verilmiştir. Araştırmada nikel metalinin klor tuzu kullanılmıştır. Hazırlanan nikel metal çözeltisi uygulamasına SA ve gübre çözeltisi uygulamasından 24 saat sonra başlanmış ve deneme sonuna kadar kontrol grubuna gübre çözeltisi, diğer gruplara nikel ilave edilmiş gübre çözeltileri ile sulama yapılmıştır. İlk gün tüm gruplara gübre çözeltisi verilmiştir. İlk gün itibari ile SA uygulama öncesinde yapraklarda klorofil (SPAD) değerleri ve Stoma İletkenliği (m^2 'de saniyedeki gaz değişimi) ölçülmüştür. İlk gün kontrol grupları hariç diğer uygulamalara 3 farklı dozda hazırlanmış SA çözeltileri püskürtülmüştür. SA uygulanmasından 24 saat sonra ağır metal çözeltileri uygulanmaya başlanmış her uygulama öncesinde yapraklarda klorofil değeri ve stoma iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Uygulama ve ölçümler 5, 10, 20, 30 ve 45. günlerde yapılmıştır. Her uygulama öncesinde alınan yaprak örnekleri $-20^{\circ}C$ 'de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışmanın yapılma zamanı ve bitki sayısı

	Yapılma Zamanı	Bitki Sayısı
Sera uygulaması	Mart-Nisan	135
Ölçme ve örnek alma	Ağır metal uygulamasının hemen öncesinde ve Ağır metal uygulamasının ardından 2, 5, 10, 20, 30 ve 45. günlerde bitkilerin gelişmesi izlendi ve ölçümler yapılarak yapraklardan örnekler alındı.	
Analiz (protein, besin elementi tayini)	Mayıs-Haziran	

Çizelge 3.3 Çalışmada kullanılan Ni ve SA konsantrasyonları

0 mM Ni	0,5 mM Ni	1,0 mM Ni
0 SA	0 SA	0 SA
0,5 SA	0,5 SA	0,5 SA
1,0 SA	1,0 SA	1,0 SA

3.3. Araştırmada İncelenen Konular

3.3.1. Stoma iletkenliği ve klorofil miktar tayini

Çalışmada çilek bitkilerine farklı doz ve konsantrasyonlarda NiCl_2 ve SA uygulamalarından sonra 2, 5, 10, 20 30 ve 45. günlerde stoma iletkenliği ölçer (porometre) ve klorofil miktarı ölçerle (SPAD) yapraklarda ölçümler yapılmıştır. Porometre kullanarak yaprakların yaygın olan en genç kısımlarında öğleden önce stoma iletkenliği ölçülmüştür (SC-1 porometre, Decagon Devices Inc.,WA, USA).

Taşınabilir klorofil metreyle bitkilerin yapraklarda ölçüm yapılmıştır (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan). Zararlı olmayan yöntem olan SPAD-502 klorofil metreyle, çeşitli türlerin yapraklarındaki klorofil miktarlarının toplamı yüksek doğruluk

seviyesinde tahmin edilebilmiştir (Neufeld *et al.* 2006). Her bir bitki için, geniş yaprakların tam orta damarının her bir bölgesinden, her bir yaprağın dört bölgesinden ölçüm yapılarak ortalamalar alınmıştır (Khan *et al.* 2003).

3.3.2. Yaş kök ve yaprak ağırlıkları

Sökülen bitkiler kök boğazı kısmından ikiye bölünmüş ve kök ve yaprak kısımları tartılıp adedine bölünerek saptanmıştır (Kacar 1972).

3.3.3. Kuru kök ve yaprak ağırlıkları

Yaş ağırlığı belirlenen kök ve yapraklar 65-70°C’de kurutulmuştur. Kuru kök ve yaprak ağırlıkları, kuruyan maddenin tartılıp adedine bölünmesiyle belirlenmiştir (Kacar 1972).

3.3.4. Kök boyu

Sökülen bitkilerde, gövde büyüme noktasından saçak köklerin bitimine kadar olan mesafe ölçülmüş ve ölçülen değerler toplandıktan sonra ortalaması alınmıştır (Kacar 1972).

3.3.5. Azot tayini

Toprak örneklerinin azot içeriği salisilik + sülfürik asit + tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner 1996).

3.3.6. Bitkide diğer elementlerin (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Na, Zn, Cu, Pb, B, Cd ve Ni) tayini

Bitki örneklerinin P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, B ve Cd içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145°C’de %75 mikrodalga gücün

de 5 dakika, 2. adım; 180°C’de %90 mikrodalga gücün de 10 dakika ve 3. adım 100°C’de %40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrowave yağ yakma ünitesinde (speedwave MWS-2 Berghof productts + Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Gernmany) yakmaya tabi tutulduktan (Mertens 2005a) sonra P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu B, Cd ve Pb tayini ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

3.3.7. Kantitatif protein tayini

Protein miktarı spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir (Brandford 1976). Bu yöntem proteine Coomassie- brilliant blue G-250 nin bağlanması esasına dayanmaktadır. -20 °C de muhafaza edilen yaprak örneklerinde protein analizi yapmak için öncelikle fosfat tamponu hazırlanmıştır. 1.36 g. potasyum fosfat 100 ml saf su ile karıştırıcıda karıştırılarak pH 6.75 e ayarlanmıştır. 0.5 gram bitki dokusu alınıp sıvı azot ile havanda ezilip üzerine 5 ml hazırlanan fosfat tamponu dökülerek materyal ependorf tüplere konulmuştur. 15000 rpm de +4°C’de 15 dk santrifüj edilmiştir. Tüplerin süpernatantı alınarak protein tayininde kullanılmıştır. Bu tüplere konulmak üzere coomassie reaktifi hazırlanmıştır. 10 mg coomassie tartılıp üzerine 5 ml etanol dökülerek çözündürülmüştür. Karıştırıcıda 5 dk karıştırıldıktan sonra üzerine 10 ml fosforik asit dökülmüştür. Karıştırıcıda 5 dk bekletilerek yakılması sağlanmıştır. 15 ml olan karışım saf su ile 100 ml ye tamamlanıp süzölmüştür. Hazırlanan boyadan 3 ml küvetlere alınmıştır. Küvetler spektrofotometreye konularak sıfırlanarak hazırlanan süpernatantlardan 150 mikrolitre alınarak boya üzerine eklenmiştir. İki parmak arasında karıştırılarak spektrofotometreye konulmuştur. Proteinler spektrofotometrede 595 nm absorbans değerlerine karşılık gelen değer ölçülmüştür. Bir uygulamada 3 kez ölçüm yapılmıştır.

3.4. Verilerin İstatistik Analizi

Bu araştırmada ilek bitkisine farklı dozlarda SA n uygulaması (0,0, 0,5 ve 1,0 mM) ve Nikel Klorür (NiCl₂) uygulamalarının etkileri araştırılmış ve tam şansa bağlı deneme planına göre analiz yapılmıştır. Tüm konulara ait önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklar Duncan oklu karşılaştırma testi ile ifade edilmiştir (SAS 1982).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada Fern çilek fidelerinin yetiştirildiği toprağa uygulanan nikel (Ni) ve SA ön uygulamasının kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerindeki etkileri, stoma iletkenliği, klorofil, N miktarları, protein içeriği ve besin elementi miktarları belirlenmeye çalışılmıştır.

4.1. Stoma İletkenliği Üzerine Etkiler

Yapılan SA ön uygulaması ve NiCl_2 uygulamalarının etkileri, NiCl_2 uygulaması yapılmaya başladıktan 2, 5, 10, 20, 30 ve 45 gün sonra ölçülmüştür. Yapılan uygulamaların stoma iletkenliği üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Genelde tek başlarına yapılan NiCl_2 ve SA uygulamalarının stoma iletkenliğini kontrole göre azalttığı saptanmıştır.

NiCl_2 uygulamasından 2 gün sonra yapılan ölçümlerde en düşük stoma iletkenliği SA ön uygulaması olmayan 0,5 mM ve 1,0 mM NiCl_2 uygulamalarında belirlenmiştir. Diğer taraftan SA uygulamaları hem tek hem de NiCl_2 ile beraber uygulandığında stoma iletkenliğini azaltıcı etki yapmıştır. Stoma iletkenliği 1,0 mM SA ve 0,5 mM SA uygulamalarında sırasıyla 137,9 mmol/m²s ve 208,1 mmol/m²s olarak belirlenmiştir. 0,5mM ve 1,0 mM NiCl_2 ile beraber 1,0 mM SA ön uygulaması yapıldığı durumlarda stoma iletkenliği azalmaktadır.

Uygulamanın 5. Gününde ölçülen stoma iletkenliğinin uygulamalar tarafından çok önemli seviyede etkilendiği bulunmuştur. En yüksek stoma iletkenliği 280,5 mmol/m²s ile SA ön uygulaması olmayan 1,0 mM NiCl_2 uygulamasında tespit edilirken en düşük iletkenlik 160,3 mmol/m²s ile 1,0 mM SA ön uygulamasıyla beraber 1,0 mM NiCl_2 uygulamasında tespit edilmiştir.

Uygulamanın 10. gününde stoma iletkenliği bakımından uygulamalar arasında çok önemli fark olduğu bulunmuştur. En yüksek stoma iletkenliği 257,13 mmol/m²s ile SA ön uygulaması olmayan 1,0 mM NiCl₂ uygulamasında belirlenirken en düşük iletkenlik 1,0 mM SA ön uygulamasıyla birlikte 0,5 mM NiCl₂ uygulamasının yapıldığı durumda tespit edilmiştir.

Uygulamanın 20. gününde stoma iletkenliği bakımından uygulamalar arasında çok önemli fark olduğu bulunmuştur. En yüksek stoma iletkenliği 220,3 mmol/m²s ile SA ön uygulaması olmayan 1,0 mM NiCl₂ uygulamasında belirlenirken en düşük iletkenlik 0,5 mM SA ön uygulamasıyla birlikte 1,0 mM NiCl₂ uygulamasının yapıldığı durumda tespit edilmiştir.

Uygulamanın 30. gününde stoma iletkenliği bakımından uygulamalar arasında çok önemli fark olduğu bulunmuştur. En yüksek stoma iletkenliği 258,9 mmol/m²s ile SA ön uygulaması olmayan 1,0 mM NiCl₂ uygulamasında belirlenirken en düşük iletkenlik 0,5 mM SA ön uygulamasının yapıldığı durumda tespit edilmiştir.

Uygulamanın 45. gününde ise stoma iletkenliği uygulamalar arasında yaklaşık aynı değerleri göstererek önemsiz bulunmuştur. Ayrıca günler ilerledikçe stoma iletkenliğinin azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı dozlarda NiCl₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının stoma iletkenliği (mmol/m²s) üzerine etkisi

UYGULAMALAR	2. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	20. GÜN	30. GÜN	45. GÜN
Kontrol	288,80 a	254,00 ab	183,00 b	216,03 a	213,16 ab	183,16
0,0 SA+0,5 NiCl ₂	222,83 ab	220,13 bcd	154,93 bcd	192,50 ab	207,30 ab	192,23
0,0 SA+1,0 NiCl ₂	249,10 ab	280,50 a	257,13 a	220,30 a	258,90 a	228,83
0,5 SA+0,0 NiCl ₂	208,10 b	190,53 cde	114,93 e	176,60 abc	143,86 c	169,86
0,5 SA+0,5 NiCl ₂	243,33 ab	163,30 e	160,76 bcd	144,03 bc	214,10 ab	171,96
0,5 SA+1,0 NiCl ₂	229,46 ab	236,70 abc	124,76 de	124,66 c	241,16 ab	191,46
1,0 SA+0,0 NiCl ₂	251,70 ab	227,76 bcd	167,60 bc	149,26 bc	199,23 abc	237,60
1,0 SA+0,5 NiCl ₂	137,96 c	187,13 de	106,93 e	211,83 a	192,93 bc	163,66
1,0 SA+1,0 NiCl ₂	217,36 ab	160,30 e	131,96 cde	184,73 ab	232,70 ab	152,70
Önem Seviyesi	*	**	**	**	**	Ö.D

* P<0.05, ** P<0.01, Ö.D Önemli Değil

4.2. Klorofil miktarı üzerine etkiler

SA ön uygulaması ve NiCl_2 uygulamaları ölçümlerin yapıldığı 20. gün hariç diğer günlerde klorofil miktarını önemli derecede etkilemiştir. (Çizelge 4.2) Stoma iletkenliğine benzer şekilde klorofil miktarı da her ölçüm zamanında NiCl_2 uygulaması ile azalma göstermiştir.

Ölçümlerin yapılmaya başlandığı 2. günde en yüksek klorofil içeriği 43.13 ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Ni uygulamaları klorofil miktarını önemli derecede azaltmış ve 0.5mM uygulamasında 40.73 ve 1.0 mM uygulamasında 39.9 olarak tespit edilmiştir. Nikele benzer şekilde tek başına SA uygulamaları da klorofil içeriğinde azalmaya sebep olmuştur. Sadece 0.5 mM SA uygulanan bitkilerde klorofil içeriği 40.73 ve 1.0 mM SA uygulananlarda 41.53 olarak saptanmıştır. Nikel uygulanan bitkilerde SA ön uygulamasının klorofil içeriğini sadece Ni veya sadece SA uygulamalarına göre önemli seviyede etkilemediği belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Ölçümlerin yapılmaya başlandığı 5. günde en yüksek klorofil içeriği 43.03 ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Ni uygulamaları klorofil miktarını önemli derecede azaltmış ve 0.5mM uygulamasında 41,40 ve 1.0 mM uygulamasında 41,10 olarak tespit edilmiştir. Nikele benzer şekilde tek başına SA uygulamaları da klorofil içeriğinde azalmaya sebep olmuştur. Sadece 0.5 mM SA uygulanan bitkilerde klorofil içeriği 42,70 ve 1.0 mM SA uygulananlarda 42,16 olarak saptanmıştır. Nikel uygulanan bitkilerde SA ön uygulamasının klorofil içeriğini sadece Ni veya sadece SA uygulamalarına göre önemli seviyede etkilemediği belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Ölçümlerin yapılmaya başlandığı 10. günde en yüksek klorofil içeriği 42,76 ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında belirlenmiştir. Ni uygulamaları klorofil miktarını önemli derecede azaltmış ve 0.5 mM uygulamasında 40,03 ve 1.0 mM uygulamasında 41,06 olarak tespit edilmiştir. Nikele benzer şekilde tek başına SA uygulamaları da klorofil içeriğinde azalmaya sebep olmuştur. Sadece 0.5 mM SA uygulanan bitkilerde klorofil içeriği 42,76 ve 1.0 mM SA uygulananlarda 39,2 olarak saptanmıştır. Nikel

uygulanan bitkilerde SA ön uygulamasının klorofil içeriğini sadece Ni veya sadece SA uygulamalarına göre önemli seviyede etkilemediği belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Ölçümlerin yapılmaya başlandığı 20. günde de klorofil miktarı uygulamalar arasında istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Sonuç olarak uygulamalar arasında klorofil miktarı açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 4.2).

Ölçümlerin yapılmaya başlandığı 30. günde en yüksek klorofil içeriği 45,6 ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl₂ uygulamasında belirlenmiştir. Ni uygulamaları klorofil miktarını önemli derecede artırmış ve 0.5 mM uygulamasında 43,23 ve 1.0 mM uygulamasında 43,70 olarak tespit edilmiştir. Nikele benzer şekilde tek başına SA uygulamaları da klorofil içeriğinde artışa sebep olmuştur. Sadece 0.5 mM SA uygulanan bitkilerde klorofil içeriği 45,60 ve 1.0 mM SA uygulananlarda 44,66 olarak saptanmıştır. 1mM SA+1mM NiCl₂ uygulamasında klorofil miktarı 40,36 olup kontrol grubuna göre azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Ölçümlerin yapılmaya başlandığı 45. günde en yüksek klorofil içeriği 47,00 ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl₂ uygulamasında belirlenmiştir. Ni uygulamaları klorofil miktarını önemli derecede artırmış ve 0.5 mM uygulamasında 46,83 ve 1.0 mM uygulamasında 45,23 olarak tespit edilmiştir. Nikele benzer şekilde tek başına SA uygulamaları da klorofil içeriğinde artışa sebep olmuştur. Sadece 0.5 mM SA uygulanan bitkilerde klorofil içeriği 47,00 ve 1.0 mM SA uygulananlarda 46,93 olarak saptanmıştır. En düşük klorofil miktarı kontrol grubunda belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Farklı dozlarda NiCl₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının klorofil miktarı (SPAD) üzerine etkisi

UYGULAMALAR	2. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	20.GÜN	30. GÜN	45. GÜN
Kontrol	43,03 a	44,13 a	41,63 ab	43,00	42,06 bc	44,53 b
0,0 SA+0,5 NiCl ₂	40,73 ab	41,40 b	40,03 ab	43,13	43,23 abc	46,83 ab
0,0 SA+1,0 NiCl ₂	39,90 b	41,10 b	41,06 ab	44,56	43,70 ab	45,23 ab
0,5 SA+0,0 NiCl ₂	40,73 ab	41,56 b	42,76 a	42,80	45,60 a	47,00 a
0,5 SA+0,5 NiCl ₂	40,30 b	42,70 ab	40,73 ab	42,10	44,03 ab	46,50 ab
0,5 SA+1,0 NiCl ₂	40,60 b	42,26 ab	40,06 ab	42,00	43,96 ab	45,83 ab
1,0 SA+0,0 NiCl ₂	41,53 ab	42,16 ab	39,20 b	42,10	44,66 ab	46,93 ab
1,0 SA+0,5 NiCl ₂	40,20 b	41,76 ab	40,00 ab	42,06	42,53 abc	45,43 ab
1,0 SA+1,0 NiCl ₂	39,96 b	41,76 ab	42,70 a	41,90	40,36 c	46,23 ab
Önem Seviyesi	*	*	*	Ö.D	*	*

*p<0,05, Ö.D Önemli Değil

4.3. Protein Miktarı Üzerine Etkileri

Denemenin 2. gününde çilek bitkilerine SA ve NiCl_2 uygulamaları yaprakta protein miktarını istatistiki anlamda önemli seviyede etkilemiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek protein miktarı 1345,2 mg/g ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında belirlenirken, en düşük miktar 810,5 mg/g ile 0,5mM SA+0,5mM NiCl_2 uygulamasında olmuştur (Çizelge 4.3). Yapılan Ni ve SA uygulamaları protein miktarını belli bir düzene göre etkilememiş olmakla beraber genel olarak Ni ve SA beraber uygulamaları protein miktarının artışına yol açmış gibi görülmektedir.

Denemenin 5. gününde çilek bitkilerine SA ve NiCl_2 uygulamaları yaprakta protein miktarını istatistiki anlamda önemli seviyede etkilemiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek protein miktarı 1363,5 mg/g ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında belirlenirken, en düşük miktar 760,1 mg/g ile 1,0 mM SA+0,5mM NiCl_2 uygulamasında olmuştur (Çizelge 4.3). Yapılan Ni ve SA uygulamaları protein miktarını belli bir düzene göre etkilememiştir.

Denemenin 10. gününde çilek bitkilerine SA ve NiCl_2 uygulamaları yaprakta protein miktarını istatistiki anlamda önemli seviyede etkilemiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek protein miktarı 5. günde olduğu gibi 1332,6 mg/g ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında belirlenirken, en düşük miktar 965,0 mg/g ile 1,0 mM SA+0,5mM NiCl_2 uygulamasında olmuştur (Çizelge 4.3).

Denemenin 20. gününde çilek bitkilerine SA ve NiCl_2 uygulamaları yaprakta protein miktarını istatistiki anlamda önemli seviyede etkilemiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek protein miktarı 1177,3 mg/g ile 1,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulamasında belirlenirken, en düşük miktar 631,3 mg/g ile kontrol grubunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Denemenin 30. Gününde çilek bitkilerine SA ve NiCl_2 uygulamaları yaprakta protein miktarını istatistiki anlamda önemli seviyede etkilemiştir. Elde edilen verilere göre en

yüksek protein miktarı 1714,3 mg/g ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl₂ uygulamasında belirlenirken, en düşük miktar 891,3 mg/g ile kontrol grubunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Denemenin 45. gününde çilek bitkilerine SA ve NiCl₂ uygulamaları yaprakta protein miktarını istatistiki anlamda önemli seviyede etkilemiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek protein miktarı 1228,6 mg/g ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl₂ uygulamasında belirlenirken, en düşük miktar 353,0 mg/g ile kontrol grubunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Farklı dozlarda NiCl₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının protein miktarı (mg/g) üzerine etkisi

UYGULAMALAR	2. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	20. GÜN	30. GÜN	45. GÜN
Kontrol	1132,0 c	814,3 f	1006,6 f	631,3 ı	891,3 ı	353,0 ı
0,0 SA+0,5 NiCl ₂	972,0 g	810,0 g	1309,2 b	679,2 h	1197,0 f	1093,2 c
0,0 SA+1,0 NiCl ₂	1219,4 b	944,6 c	1219,4 d	949,4 c	1300,4 c	629,6 h
0,5 SA+0,0 NiCl ₂	874,6 h	814,4 f	1234,0 c	927,5 d	940,3 h	976,3 d
0,5 SA+0,5 NiCl ₂	810,5 ı	832,2 e	996,0 g	733,3 f	1264,5 d	940,5 e
0,5 SA+1,0 NiCl ₂	1062,5 f	882,0 d	991,3 h	729,0 g	1201,4 e	868,3 f
1,0 SA+0,0 NiCl ₂	1345,2 a	1057,3 b	1196,0 e	886,3 e	1484,6 b	1228,6 a
1,0 SA+0,5 NiCl ₂	1073,3 e	760,1 h	965,0 ı	1177,3 a	1084,3 g	697,3 g
1,0 SA+1,0 NiCl ₂	1129,1 d	1363,5 a	1332,6 a	1098,4 b	1714,3 a	1152,2 b
Önem Seviyesi	**	**	**	**	**	**

** p<0,01

4.4. Besin Elementi Miktarı Üzerine Etkileri

4.4.1. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Azot (N) miktarı üzerine etkileri

Fern çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının N içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte N miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek N içeriği %1.90 ile 0,5mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük N içeriği %0.80 ile 1.0 mM SA+1.0 mM NiCl_2 uygulamasında elde edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek N miktarı %2.76 ile 1,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise %0,8 ile 0,5 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında saptanmıştır. Buna göre sadece Ni uygulamalarının özellikle de 1.0 mM NiCl_2 dozunda gerek kök gerekse sürgün N içeriğinin önemli seviyede azaldığı, buna karşılık hem tek hem de Ni ile beraber SA uygulamalarında N içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, SA uygulamalarının etkisinin 0.5 mM NiCl_2 dozunda 1.0 mM NiCl_2 dozuna göre daha yüksek olduğu da görülmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının sürgün ve kökte azot (N) (%) miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	1.25 c	2.53 b
0,0 SA+0,5 NiCl_2	0.90 d	2.54 b
0,0 SA+1,0 NiCl_2	1.20 c	1.70 cd
0,5 SA+0,0 NiCl_2	1.90 a	1.99 c
0,5 SA+0,5 NiCl_2	0.90 d	2.60 b
0,5 SA+1,0 NiCl_2	1.20 c	0.80 e
1,0 SA+0,0 NiCl_2	1.50 b	1.97 c
1,0 SA+0,5 NiCl_2	1.53 b	2.76 a
1,0 SA+1,0 NiCl_2	0.80 d	1.20 d
Önem Seviyesi	**	**

** $p < 0,01$

4.4.2. Farklı Dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının P (Fosfor) miktarı üzerine etkileri

Yine aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının P içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte P miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek P içeriği %0,3329 ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük P içeriği %0,21046 ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek P miktarı %0,7619 ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise %0,5117 ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Buna göre sadece Ni uygulamalarının özellikle de 1.0 mM NiCl_2 dozunda gerek kök gerekse sürgün P içeriğinin önemli seviyede arttığı, buna karşılık hem tek hem de Ni ile beraber SA uygulamalarında P içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, SA uygulamalarının etkisinin 0.5 mM NiCl_2 dozunda 1.0 mM NiCl_2 dozuna göre daha yüksek olduğu da görülmektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte fosfor (P) % miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	0,21 ı	0,51 ı
0,0 SA+0,5 NiCl_2	0,24 g	0,55 g
0,0 SA+1,0 NiCl_2	0,26 f	0,59 f
0,5 SA+0,0 NiCl_2	0,24 h	0,54 h
0,5 SA+0,5 NiCl_2	0,27 e	0,62 d
0,5 SA+1,0 NiCl_2	0,31 b	0,67 e
1,0 SA+0,0 NiCl_2	0,28 d	0,61 e
1,0 SA+0,5 NiCl_2	0,30 c	0,70 b
1,0 SA+1,0 NiCl_2	0,33 a	0,76 a
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.3. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının K (Potasyum) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının K içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte K miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek K içeriği %1,48 ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük K içeriği %1,24 ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek K miktarı %2,13 ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise %1,86 ile 0,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 grubunda tespit edilmiştir. Ön SA uygulaması olmadan NiCl_2 uygulamasıyla kök bölgesinde K miktarı artarken sürgün bölgesinde azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Ön salisilik uygulamasıyla birlikte NiCl_2 uygulandığında kök ve sürgün bölgesindeki K miktarında artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte potasyum (K) % miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	1,23 ı	1,98 f
0,0 SA+0,5 NiCl_2	1,36 h	1,86 h
0,0 SA+1,0 NiCl_2	1,36 g	1,87 g
0,5 SA+0,0 NiCl_2	1,45 e	2,21 a
0,5 SA+0,5 NiCl_2	1,47 b	1,99 e
0,5 SA+1,0 NiCl_2	1,46 d	2,00 d
1,0 SA+0,0 NiCl_2	1,46 c	2,01 c
1,0 SA+0,5 NiCl_2	1,45 f	1,98 f
1,0 SA+1,0 NiCl_2	1,48 a	2,07 b
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.4. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Ca (Kalsiyum) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Ca içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Ca miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Ca içeriği %1,45 ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük Ca içeriği %1,17 ile 0,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Ca miktarı %2,45 ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise %1,98 ile 0,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 grubunda tespit edilmiştir. Ön SA uygulaması olmadan NiCl_2 uygulamasıyla kök ve sürgün bölgesinde Ca miktarında azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Ön salisilik uygulamasıyla birlikte NiCl_2 uygulandığında kök ve sürgün bölgesindeki Ca miktarında artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte kalsiyum (Ca) % miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	1,26 g	2,13 g
0,0 SA+0,5 NiCl_2	1,19 h	2,01 h
0,0 SA+1,0 NiCl_2	1,17 ı	1,98 ı
0,5 SA+0,0 NiCl_2	1,35 e	2,41 c
0,5 SA+0,5 NiCl_2	1,34 f	2,27 e
0,5 SA+1,0 NiCl_2	1,36 d	2,25 f
1,0 SA+0,0 NiCl_2	1,38 e	2,33 d
1,0 SA+0,5 NiCl_2	1,39 b	2,43 b
1,0 SA+1,0 NiCl_2	1,45 a	2,45 a
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.5. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Mg (Magnezyum) miktarı üzerine etkileri

Fern çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Mg içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Mg miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Mg içeriği %0,099 ile kontrol grubunda gözlenirken en düşük Mg içeriği %0,089 ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Mg miktarı %0,128 ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise %0,107 ile 0,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 grubunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Magnezyum (Mg) % miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	0,099 a	0,122 c
0,0 SA+0,5 NiCl_2	0,092 e	0,107 g
0,0 SA+1,0 NiCl_2	0,091 e	0,104 f
0,5 SA+0,0 NiCl_2	0,091 e	0,124 b
0,5 SA+0,5 NiCl_2	0,094 e	0,110 f
0,5 SA+1,0 NiCl_2	0,093 d	0,113 e
1,0 SA+0,0 NiCl_2	0,089 f	0,128 a
1,0 SA+0,5 NiCl_2	0,097 b	0,114 e
1,0 SA+1,0 NiCl_2	0,091 e	0,117 d
Önem Seviyesi	**	**

** $p < 0,01$

4.4.6. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Na (Sodyum) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Na içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Na miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Na içeriği 1055,6 ppm ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük Na içeriği 908,6 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Na miktarı 952,0 ppm ile 1,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise 774,7 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Sodyum (Na) ppm miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	908,6 g	774,7 ı
0,0 SA+0,5 NiCl_2	962,0 d	818,3 g
0,0 SA+1,0 NiCl_2	946,6 e	801,3 h
0,5 SA+0,0 NiCl_2	979,3 c	832,0 f
0,5 SA+0,5 NiCl_2	976,0 c	874,0 d
0,5 SA+1,0 NiCl_2	991,3 b	860,7 e
1,0 SA+0,0 NiCl_2	1055,6 a	895,3 c
1,0 SA+0,5 NiCl_2	916,6 f	952,0 a
1,0 SA+1,0 NiCl_2	982,0 c	938,7 b
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.7. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Fe (Demir) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Fe içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Fe miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Fe içeriği 221,3 ppm ile 1,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük Fe içeriği 160,3 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Fe miktarı 38,0 ppm ile 1,0 mM SA+,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise 25,9 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Demir (Fe) ppm miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	160,3 g	25,9 f
0,0 SA+0,5 NiCl_2	179,6 f	29,3 e
0,0 SA+1,0 NiCl_2	189,6 e	33,6 bc
0,5 SA+0,0 NiCl_2	183,0 f	30,2 de
0,5 SA+0,5 NiCl_2	196,6 d	32,7 cd
0,5 SA+1,0 NiCl_2	213,0 b	38,2 a
1,0 SA+0,0 NiCl_2	205,0 c	34,5 bc
1,0 SA+0,5 NiCl_2	221,3 a	36,6 ab
1,0 SA+1,0 NiCl_2	210,6 b	38,0 a
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.8. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Zn (Çinko) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Zn içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Zn miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Zn içeriği 48,5 ppm ile 1,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük Zn içeriği 39,9 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Zn miktarı 22,5 ppm ile 1,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise 17,3 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Çinko (Zn) ppm miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	39,9 f	17,3 e
0,0 SA+0,5 NiCl_2	43,1 e	18,7 d
0,0 SA+1,0 NiCl_2	45,3 d	19,3 d
0,5 SA+0,0 NiCl_2	45,1 d	19,5 d
0,5 SA+0,5 NiCl_2	45,9 cd	21,1 bc
0,5 SA+1,0 NiCl_2	46,9 bc	21,0 bc
1,0 SA+0,0 NiCl_2	47,8 ab	22,0 ab
1,0 SA+0,5 NiCl_2	48,5 a	22,5 a
1,0 SA+1,0 NiCl_2	45,6 cd	20,6 c
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.9. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Mn (Mangan) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Mn içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Mn miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Mn içeriği 82,9 ppm ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük Mn içeriği 59,6 ppm ile 0,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Mn miktarı 39,5 ppm ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise 29,8 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Mangan (Mn) ppm miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	62,5 e	29,8 e
0,0 SA+0,5 NiCl_2	59,6 f	32,9 d
0,0 SA+1,0 NiCl_2	65,8 d	30,7 e
0,5 SA+0,0 NiCl_2	67 d	33,6 d
0,5 SA+0,5 NiCl_2	77,9 b	36,9 b
0,5 SA+1,0 NiCl_2	75,5 c	35,0 c
1,0 SA+0,0 NiCl_2	75,4 c	36,0 bc
1,0 SA+0,5 NiCl_2	81,6 a	39,1 a
1,0 SA+1,0 NiCl_2	82,9 a	39,5 a
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.10. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Cu (Bakır) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Cu içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Cu miktarına istatistiki olarak önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Cu içeriği 38,1 ppm ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük Cu içeriği 27,5 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Cu miktarı 6,7 ppm ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise 4,9 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Bakır (Cu) ppm miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	27,5 e	4,9 c
0,0 SA+0,5 NiCl_2	34,5 bc	5,9 abc
0,0 SA+1,0 NiCl_2	35,3 bc	6,2 ab
0,5 SA+0,0 NiCl_2	30,4 d	5,3 bc
0,5 SA+0,5 NiCl_2	33,9 c	6,4 ab
0,5 SA+1,0 NiCl_2	37,9 a	6,6 a
1,0 SA+0,0 NiCl_2	33,7 c	5,7 abc
1,0 SA+0,5 NiCl_2	36,8 ab	6,6 a
1,0 SA+1,0 NiCl_2	38,1 a	6,7 a
Önem Seviyesi	**	*

** $p < 0,01$, * $p < 0,05$

4.4.11. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının B (Bor) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının B içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte B miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek B içeriği 27,9 ppm ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük B içeriği 24,6 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek B miktarı 10,0 ppm ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise 8,8 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Bor (B) ppm miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	24,6 d	8,8 d
0,0 SA+0,5 NiCl_2	26,2 bc	9,9 ab
0,0 SA+1,0 NiCl_2	25,2 cd	9,1 cd
0,5 SA+0,0 NiCl_2	27,3 ab	9,4 bcd
0,5 SA+0,5 NiCl_2	26,2 bc	9,5 abc
0,5 SA+1,0 NiCl_2	27,0 ab	9,6 abc
1,0 SA+0,0 NiCl_2	27,4 ab	10,0 a
1,0 SA+0,5 NiCl_2	25,1 cd	9,4 abcd
1,0 SA+1,0 NiCl_2	27,9 a	10,0 a
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.12. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Cd (Kadmiyum) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Cd içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Cd miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Cd içeriği 1,3 ppm ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük Cd içeriği 0,4 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Cd miktarı 0,3 ppm ile 0,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise 0,1 ppm ile kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Kadmiyum ppm miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	0,4 g	0,1 f
0,0 SA+0,5 NiCl_2	0,8 d	0,2 d
0,0 SA+1,0 NiCl_2	0,9 c	0,3 a
0,5 SA+0,0 NiCl_2	0,5 f	0,1 f
0,5 SA+0,5 NiCl_2	0,8 d	0,3 b
0,5 SA+1,0 NiCl_2	1,1 b	0,3 bc
1,0 SA+0,0 NiCl_2	0,6 e	0,1 e
1,0 SA+0,5 NiCl_2	0,9 c	0,3 ab
1,0 SA+1,0 NiCl_2	1,3 a	0,2 cd
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.13. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Pb (Kurşun) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Pb içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Pb miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Pb içeriği 3,8 ppm ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük Pb içeriği 2,9 ppm ile 0,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Pb miktarı 1,0 ppm ile 1,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise 0,7 ppm ile 0,0 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulamasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Kurşun (Pb) ppm miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	3,2 cde	0,8bcd
0,0 SA+0,5 NiCl_2	2,9 e	0,7 d
0,0 SA+1,0 NiCl_2	3,0 de	0,7 cd
0,5 SA+0,0 NiCl_2	3,5 abc	0,9 b
0,5 SA+0,5 NiCl_2	3,2 cde	0,8 bcd
0,5 SA+1,0 NiCl_2	3,4 bcd	0,8 bc
1,0 SA+0,0 NiCl_2	3,5 abc	0,9 b
1,0 SA+0,5 NiCl_2	3,7 ab	0,9 b
1,0 SA+1,0 NiCl_2	3,8 a	1,0 a
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.4.14. Farklı dozlarda salisilik asit ve NiCl_2 uygulamalarının Ni (Nikel) miktarı üzerine etkileri

Aynı çilek çeşidi bitkilerine uygulanan Salisilik asit ve NiCl_2 farklı doz ve kombinasyonlarının Ni içeriğine etkisi incelendiğinde, uygulamaların hem yaprak hem de kökte Ni miktarına önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulama yapılan çilek bitkilerinin kök bölgesinde en yüksek Ni içeriği 3,20 ppm ile 0,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında olurken en düşük Ni içeriği 1,92 ppm ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Sürgün bölgelerinde ise en yüksek Ni miktarı 0,90 ppm ile 0,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında, en düşük miktar ise 0,50 ppm ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl_2 ve 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulamasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.17). SA ön uygulaması yapılmayan çilek bitkilerinde Ni uygulaması yapılan bitkilerde Ni içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna göre SA ön uygulamasının bitkinin topraktan Ni alımını azalttığı belirlenmiştir. Sürgünde Ni içeriği incelendiğinde de SA ön uygulamasının kökten sürgüne Ni taşınmasını azalttığı da saptanmıştır.

Çizelge 4.17. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaprak ve kökte Nikel (Ni) ppm miktarına etkileri

UYGULAMALAR	Kök	Sürgün
Kontrol	2,00 e	0,60 c
0,0 SA+0,5 NiCl_2	2,90 b	0,82 a
0,0 SA+1,0 NiCl_2	3,20 a	0,90 a
0,5 SA+0,0 NiCl_2	1,92 f	0,50 c
0,5 SA+0,5 NiCl_2	2,50 cd	0,80 ab
0,5 SA+1,0 NiCl_2	2,90 b	0,80 ab
1,0 SA+0,0 NiCl_2	1,90 ef	0,50 c
1,0 SA+0,5 NiCl_2	2,40 d	0,70 b
1,0 SA+1,0 NiCl_2	2,60 c	0,70 b
Önem Seviyesi	**	**

** p<0,01

4.5. Yaş Sürgün ve Kök, Kuru Sürgün ve Kök Ağırlıkları Üzerine Etkileri

4.5.1. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının yaş sürgün ağırlığı (g) üzerine etkisi

Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının bitki yaş sürgün ağırlığı üzerine önemli etkiler sahip olmuştur (Çizelge 4.18). SA uygulamaları genel olarak yaş sürgün ağırlığını kontrole göre artırmakla beraber 0,5 mM SA uygulamasında 4,76 g olan ağırlık 1,0 mM SA uygulamasında 5,53 g olarak belirlenmiştir. İstatistiki olarak önemli derecede yaş sürgün ağırlığını artırmıştır. Kontrolde 3,33 g olan yaş sürgün ağırlığı 1,0 mM SA uygulamasında 5,53'e yükselmiştir. NiCl_2 uygulamaları da yaş sürgün ağırlığını istatistiki olarak önemli derecede etkilemiştir. Uygulanan nikel konsantrasyonunun artması yaş sürgün ağırlığını önemli derecede azaltmıştır. En yüksek yaş sürgün ağırlığı 5,53 g ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 de belirlenmiş bunu 4,76 g ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulaması izlemiştir.

Çizelge 4.18. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaş sürgün ağırlığı (g) üzerine etkisi

UYGULAMA	Yaş Sürgün Ağırlığı
Kontrol	3,33 c
0,0 SA+0,5 NiCl_2	3,21cd
0,0 SA+1,0 NiCl_2	3,10 cd
0,5 SA+0,0 NiCl_2	4,76 ab
0,5 SA+0,5 NiCl_2	4,40 b
0,5 SA+1,0 NiCl_2	3,35 c
1,0 SA+0,0 NiCl_2	5,53 a
1,0 SA+0,5 NiCl_2	4,23 bc
1,0 SA+1,0 NiCl_2	4,20 bc
Önem Seviyesi	**

** $p < 0,01$

4.5.2. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının kuru sürgün ağırlığı (g) üzerine etkisi

Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının bitki kuru sürgün ağırlığı üzerine önemli etkiler sahip olmuştur (Çizelge 4.19). SA uygulamaları genel olarak kuru sürgün ağırlığını kontrole göre artırmakla beraber 0,5 mM SA uygulamasında 2,70 g olan ağırlık 1,0 mM SA uygulamasında 2,80 g olarak belirlenmiştir. İstatistiki olarak önemli derecede kuru sürgün ağırlığını artırmıştır. Kontrolde 1,66 g olan kuru sürgün ağırlığı 1,0 mM SA uygulamasında 2,80 g'a yükselmiştir. Nikel uygulamaları da taze sürgün ağırlığını istatistiki olarak önemli derecede etkilemiştir. Uygulanan NiCl_2 konsantrasyonunun artması kuru sürgün ağırlığını önemli derecede azaltmıştır. En yüksek kuru sürgün ağırlığı 2,80 g ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 de belirlenmiş bunu 2,70 g ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulaması izlemiştir.

Çizelge 4.19. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının kuru sürgün ağırlığı (g) üzerine etkisi

UYGULAMA	Kuru Sürgün Ağırlığı
Kontrol	1,66 cd
0,0 SA+0,5 NiCl_2	1,20 d
0,0 SA+1,0 NiCl_2	1,13 d
0,5 SA+0,0 NiCl_2	2,70 a
0,5 SA+0,5 NiCl_2	2,50 bc
0,5 SA+1,0 NiCl_2	2,40 c
1,0 SA+0,0 NiCl_2	2,80 a
1,0 SA+0,5 NiCl_2	2,60 b
1,0 SA+1,0 NiCl_2	2,50 bc
Önem Seviyesi	**

** p<0,01

4.5.3. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının yaş kök ağırlığı (g) üzerine etkisi

Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının bitki yaş kök ağırlığı üzerine önemli etkiler sahip olmuştur (Çizelge 4.20). SA uygulamaları genel olarak yaş kök ağırlığını kontrole göre artırmakla beraber 0,5 mM SA uygulamasında 7,56 g olan ağırlık 1,0 mM SA uygulamasında 9,60 g olarak belirlenmiştir. İstatistiki olarak önemli derecede yaş kök ağırlığını artırmıştır. Kontrolde 5,96 g olan yaş kök ağırlığı 1,0 mM SA uygulamasında 9,60 g'a yükselmiştir. NiCl_2 uygulamaları da yaş kök ağırlığını istatistiki olarak önemli derecede etkilemiştir. Uygulanan nikel konsantrasyonunun artması yaş kök ağırlığını önemli derecede azaltmıştır. En yüksek yaş kök ağırlığı 9,60 g ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 de belirlenmiş bunu 7,56 g ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulaması izlemiştir

Çizelge 4.20. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının yaş kök ağırlığı (g) üzerine etkisi

UYGULAMA	Yaş Kök Ağırlığı
Kontrol	5,96 cd
0,0 SA+0,5 NiCl_2	4,78 cd
0,0 SA+1,0 NiCl_2	4,62 d
0,5 SA+0,0 NiCl_2	7,56 b
0,5 SA+0,5 NiCl_2	5,85 c
0,5 SA+1,0 NiCl_2	5,68 c
1,0 SA+0,0 NiCl_2	9,60 a
1,0 SA+0,5 NiCl_2	6,95 bc
1,0 SA+1,0 NiCl_2	6,70 bc
Önem Seviyesi	*

** $p < 0,01$

4.5.4. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının kuru kök ağırlığı (g) üzerine etkisi

Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının bitki kuru kök ağırlığı üzerine önemli etkiler sahip olmuştur (Çizelge 4.21). SA uygulamaları genel olarak kuru kök ağırlığını kontrole göre artırmakla beraber 0,5 mM SA uygulamasında 2,90 g olan ağırlık 1,0 mM SA uygulamasında 9,60 g olarak belirlenmiştir. İstatistiki olarak önemli derecede yaş kök ağırlığını artırmıştır. Kontrolde 5,96 g olan yaş kök ağırlığı 1,0 mM SA uygulamasında 3,15 g'a yükselmiştir. NiCl_2 uygulamaları da kuru kök ağırlığını istatistiki olarak önemli derecede etkilemiştir. Uygulanan nikel konsantrasyonunun artması kuru kök ağırlığını önemli derecede azaltmıştır. En düşük kuru kök ağırlığı 2,26 g ile 0,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulama sonucu elde edilmiştir. En yüksek kuru kök ağırlığı 3,15 g ile 1,0 mM SA+0,0 mM NiCl_2 de belirlenmiş bunu 2,90 g ile 0,5 mM SA+0,0 mM NiCl_2 uygulaması izlemiştir

Çizelge 4.21. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının kuru kök ağırlığı (g) üzerine etkisi

UYGULAMA	Kuru Kök Ağırlığı
Kontrol	2,78 b
0,0 SA+0,5 NiCl_2	2,33 d
0,0 SA+1,0 NiCl_2	2,26 d
0,5 SA+0,0 NiCl_2	2,90 ab
0,5 SA+0,5 NiCl_2	2,65 c
0,5 SA+1,0 NiCl_2	2,60 cd
1,0 SA+0,0 NiCl_2	3,15 a
1,0 SA+0,5 NiCl_2	2,46 d
1,0 SA+1,0 NiCl_2	2,70 c
Önem Seviyesi	**

** p<0,01

4.5.5. Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının bitki kök uzunluğuna etkisi

Farklı dozlarda NiCl_2 ve salisilik asit uygulamalarının bitki kuru kök ağırlığı üzerine önemli etkiler sahip olmuştur (Çizelge 4.22). SA uygulamaları genel olarak kök uzunluğunu kontrole göre azaltmakla beraber 0,5 mM SA uygulamasında 16,30 cm olan ağırlık 1,0 mM SA uygulamasında 15,30 g olarak belirlenmiştir. İstatistiki olarak önemli derecede SA uygulaması kök uzunluğunu azaltmıştır. Kontrolde 17,20 cm olan kök uzunluğu 1,0 mM SA uygulamasında 15,30 cm'e yükselmiştir. NiCl_2 uygulamaları da doz arttıkça kök uzunluğunu artırmıştır. En düşük kök uzunluğu 13,46 cm ile 0,5 mM SA+0,5 mM NiCl_2 uygulama sonucu elde edilmiştir. En yüksek kök uzunluğu 18,0 cm ile 0,0 mM SA+1,0 mM NiCl_2 uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22. Farklı dozlarda NiCl₂ ve Salisilik Asit uygulamalarının kök uzunluğu (cm) üzerine etkisi

UYGULAMA	Kök Uzunluğu
Kontrol	17,20 bc
0,0 SA+0,5 NiCl ₂	17,70 b
0,0 SA+1,0 NiCl ₂	18,00 a
0,5 SA+0,0 NiCl ₂	16,30 cd
0,5 SA+0,5 NiCl ₂	13,46 e
0,5 SA+1,0 NiCl ₂	16,40 cd
1,0 SA+0,0 NiCl ₂	15,30 de
1,0 SA+0,5 NiCl ₂	16,00 d
1,0 SA+1,0 NiCl ₂	17,40 c
Önem Seviyesi	**

** p<0,01

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Topraklar birçok durumda ağır metaller için son depolanma yeri olabilmektedir. Bunda toprakların doğal filtre edici özellikleri ve tamponlanma kapasiteleri büyük önem taşımaktadır. Toprak çözeltisinde serbest halde bulunan ağır metaller bitki kökleri ve toprak mikroorganizmaları tarafından alınır veya yıkanarak yeraltı suyu kalitesinin bozulmasına, besin zincirinin kirlenmesine neden olurlar (Yıldız 2001). Topraktaki ağır metallerin en tehlikeli yanı, bitkilerin yapısına girmeleri, serbest iyon haline geldiklerinde taban suyuna karışarak suyun niteliğini bozmaları, mikroorganizmalara zarar vermeleri ve besin zinciri ile diğer canlılara geçerek dolaylı yollardan zararlı olmalarıdır (Çepel 1997). Bitkilerdeki ağır metal çalışmaları, metallerin bitkiler için yararlılığını ve özellikle toleransı üzerine yoğunlaşmıştır. Bu metallerden birisi de nikeldir. Nikel bitkiler için üreaz ve hidrogenaz enzimlerinin yapısında ve aktivitesinde yer alır; azot metabolizması için gereksinim duyulan temel bir elementtir. Nikel bitkilerde çok düşük miktarlarda yararlı olduğu halde; artan endüstriyel faaliyetler mineral ve organik gübreler, kimyasal ilaçlar, yerleşim yeri ve endüstri atıkları ile ekolojik çevrede miktarı birikerek artmakta bunun sonucunda olumsuz etki yapmaktadır (Brown *et al.* 1987, Molas 1997, Zornoza *et al.* 1999). Nikelin olumsuz etkisi, fotosentez ve solunumu engellemesi; hücre zarı geçirgenliğini azaltması; fotosentetik elektron taşınmayı engellemesi; hücrede peroksidaz ve üreaz aktivitesini düşürmesi; protein sentezini, klorofil ve azot düzeyini azaltması; hücre su dengesini değiştirmesi gibi fizyolojik ve biyokimyasal işlemlerin aksamasından kaynaklanmaktadır (Brown *et al.* 1990, Pandolfini *et al.* 1992, Gajewska and Sklodowska 2005). Bitkilerde çimlenme ve fide dönemi, stres faktörlerine karşı tepkinin ve tolerans kabiliyetinin ilk izlenebildiği aşamalardır. Bu nedenle bitkilerin stresli ortamlarda kök-sürgün oluşturma yeteneklerinin ortaya konulabilmesi oldukça önemlidir. Bahsedilen bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmada fern çilek çeşidinde farklı doz ve konsantrasyonlarda uygulanan SA ve NiCl_2 'nin bitki kök ve gövde büyümesi üzerindeki etkileri, stoma iletkenliği, klorofil, protein içeriği ve besin elementi miktarları üzerine etkileri belirlenmiştir.

5.1. Stoma İletkenliği Üzerine Etkisi

Yapılan SA ön uygulaması ve NiCl_2 uygulamalarının etkileri, NiCl_2 uygulaması yapılmaya başladıktan 2, 5, 10, 20, 30 ve 45 gün sonra ölçülmüştür. Yapılan uygulamaların stoma iletkenliği üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Genelde tek başlarına yapılan NiCl_2 ve SA uygulamalarının stoma iletkenliğini kontrole göre azalttığı saptanmıştır. Ağır metallerin etilen üretimini artırdığı ve stomalarda kapanmaya yol açarak erken yaşlanma sinyallerine sebebiyet verdiği ileri sürülmüştür (Barcelo *et al.* 1986). Benzer şekilde SA'de bitkilerde ABA Sentezini teşvik etmektedir (Sakhabutdinova *et al.* 2003). ABA'nın bitkilerde görülen ilk etkisi stoma kapanmasına sebep olmasıdır (Davies 2004). Bu şekilde artan ABA düzeyi stoma kapanmasına yol açarak stoma iletkenliğinin azalmasına sebep olmuş olabilir.

5.2. Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi

SA ön uygulaması ve NiCl_2 uygulamaları ölçümlerin yapıldığı 20. gün hariç diğer günlerde klorofil miktarını önemli derecede etkilemiştir. Stoma iletkenliğine benzer şekilde klorofil miktarı da her ölçüm zamanında NiCl_2 uygulaması ile azalma göstermiştir. Çevresel stres faktörlerinin bitkiler üzerindeki etkilerini anlamak amacıyla sıkça başvurulanan yollardan biri organizmadaki klorofil içeriğini belirlemektir. Çeşitli araştırmacılar tarafından farklı türlerde metal kirliliği ile yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara paralel olarak bizim çalışmamızda da klorofil miktarının azaldığı belirlenmiştir. Mesela metal kirliliği (Ni-Cu) olan topraklarda yetişen *E.nigrum*'un klorofil içeriğinde %15-30 oranında azalma tespit edilmiştir (Monni *et al.* 2001). Ağır metal stresine bağlı olarak klorofil içeriğinde görülen azalmanın, klorofil biyosentez yolunda iş gören enzimlerin ağır metaller tarafından engellenmesinin bir sonucu olabileceği ileri sürülmüştür. Bir başka çalışmada *Brassica oleraceae* L. var. *capitata*. cv. *Snowball* bitkisi kobalt, nikel ve kadminyuma maruz bırakıldığında klorofil a ve b miktarının azaldığı rapor edilmiştir (Pandey and Sharma

2002). 20 µM kadmiyum uygulanan *Lycopersicum esculentum* bitkisinde klorofil a+b kontrollere göre %50 oranında azaldığı bildirilmiştir (Baszynski 1980).

Yapılan bir çalışmada 0,1 mM Ni uygulanan fidelerin yapraklarındaki klorofil a ve b kontrol fidelerine göre sırasıyla %27,8, %19,3, %18,9 ve %22,4 oranlarında; 0,5 mM Ni dozunda ise %35,1, %26,4, %25,2 ve %29,4 oranlarında azalmıştır. Bu çalışmaya göre nikel (Ni^{+2}), kobalt (Co^{+2}), krom (Cr^{+2}) ve çinko (Zn^{+2}) ağır metalleri klorofil miktarını önemli oranlarda azaltmıştır. Klorofil miktarındaki bu azalış ağır metalin türü ve konsantrasyonuyla yakın ilişkili olduğu ve ağır metalin yüksek konsantrasyonlarında belirtilen azalışın daha belirgin bir şekilde ortaya çıktığı görülmüştür. Klorofil miktarındaki azalışta nikelin etkisi en fazla olmuş bu metali sırasıyla kobalt, krom ve çinko izlemiştir (Zengin ve Munzuroğlu 2005). Yaptığımız çalışmada SA ön uygulaması 30. ve 45. günlerde ağır metalin olumsuz etkisini azaltmıştır. SA dozu arttıkça klorofil miktarında artış sağlanmıştır. Nitekim Tayeb (2005) arpada, Khodary (2004) mısırdaki ve Çanakçı vd (2004) fasulyede yaptıkları çalışmalarda tuzlu şartlardaki bitkilere uygulanan SA'nın klorofil miktarlarının artırdığını belirlemişler ve SA uygulamasının klorofil miktarı üzerine bu olumlu etkilerinin tuz toleransını sağlamada önemli bir etken olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Tuz stresine benzer şekilde nikel uygulaması yapılan şartlarda SA ön uygulamasının klorofil içeriğini olumlu etkilemesi SA'nın Ni'in olumsuz etkisini tolere etmede katkısının olabileceğini göstermektedir.

5.3. Protein Miktarı Üzerine Etkisi

Denemede, çilek bitkilerine SA ve NiCl_2 uygulamalarının yaprakta protein miktarını istatistiki olarak ($p<0,05$) önemli seviyede etkilediği, bununla birlikte yaprak örneklerinin alınma zamanının da protein içeriğine önemli etkisinin olduğu gözlenmiştir. Yapılan Ni ve SA uygulamaları protein miktarını belli bir düzene göre etkilememiş olmakla beraber genel olarak Ni ve SA beraber uygulamaları protein miktarının artışına yol açmış gibi görülmektedir. Ağır metal uygulamalarının bitkilerdeki en önemli etkilerinden biri fotosentez ve protein miktarını azaltmalarıdır (Brown *et al.* 1990, Pandolfini *et al.* 1992, Gajewska and Sklodowska 2005). Bu tür

aktivitelerde bozulma fotosentezde azalma protein sentezi gibi birçok fizyolojik olayın olumsuz etkilenmesine yol açmakta ve ağır metal stresi altındaki bitkilerin protein içeriğinin azalmasına neden olmaktadır. Buna karşılık yapılan birçok çalışmada stres şartlarında bitkilere uygulanan Salisilik asidin protein miktarını artırdığı gözlemlenmiştir. Nikel uygulamasının çilekte protein miktarı üzerine etkisi ile ilgili sonuçlar bulunmamakla beraber tuz stresi altında SA uygulamalarının bazı bitkilerde protein miktarını artırdığı (Çanakçı vd 2004) bazı bitkilerde ise azalttığı (Tayeb 2005) tespit edilmiştir. Nikel uygulamalarının protein içeriğini artırmasının sebebi kullanılan Ni dozu ile bağlantılı olabilir. Nikel bitkiler için bir besin elementidir ve bazı enzimlerin sentezini teşvik etmektedir. Bu bakımdan çilekte uygulanan Ni dozu henüz toksik sınıra ulaşmamış ve böylece protein olan bazı enzimlerin sentezini artırmış olabilir. Buna bağlı olarak SA ve Ni uygulamasının beraber yapıldığı bitkilerde eklemeli etki ortaya çıkmış olabilir. Nitekim Chen *et al.* (2009) toksik sınıra ulaşmaya kadar Ni'in enzim sentezini teşvik ettiğini belirtmiştir.

5.4. Besin Elementi Miktarı Üzerine Etkisi

Çilek bitkilerine uygulanan ağır metal çözeltisi (NiCl_2) genel olarak yaprak ve kökteki besin elementi içeriğini önemli derecede etkilemiştir. Kök ve sürgünde uygulanan NiCl_2 konsantrasyonu arttıkça N miktarı azalmıştır. Bu konuda yapılan birçok çalışmada stres koşullarının yaprakta N içeriğini azalttığı belirlenmiştir. Pırlak ve Eşitken (2004) Fern ve Camarosa çilek çeşitleriyle yaptıkları çalışmada tuz konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak yaprak N miktarının azaldığını bulmuşlardır. Yapılan uygulamaların bitki besin elementlerinden P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn, B, Cu, Cd ve Ni miktarları üzerine etkileri istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Farklı dozlarda NiCl_2 ve Salisilik Asit uygulamalarının kombine uygulanması yaprak ve kökte P ve K içeriğini kontrol grubuna göre artırdığı belirlenmiştir. Bu elementlerin miktarının artışı Ni uygulaması ile artan enzim aktivitesine bağlı olabilir. Uygulanan dozlarda Ni'in toksik etkisi ortaya çıkmadığından bir besin elementi gibi etki yapmış ve bu elementlerin alımını teşvik etmiş olabilir. Kök ve sürgündeki Ca miktarı NiCl_2 uygulamasıyla azalmıştır. Mg miktarı kök ve sürgünde kontrol grubunda yüksek olduğu ancak NiCl_2 uygulamasıyla

azalma olduğu tespit edilmiştir. Zn miktarı kök bölgesinde en düşük kontrol grubunda belirlenirken, Mn miktarı kök bölgesinde NiCl_2 uygulamasıyla azalmıştır. B, Cu, Mn, Cd, Pb miktarları NiCl_2 ve salisilik asit kombinasyonunun birlikte uygulanmasıyla artmıştır. Yapılan çalışmalarda nikelin Ca, Mg, Mn, Fe, Cu ve Zn ile benzer özelliklere sahip olduğu, bu elementlerle rekabete girebileceği ve bundan dolayı bu elementlerin alımını ve taşınma işlemlerini engelleyebileceği belirtilmiştir (Chen *et al.* 2009). Bunun yanı sıra, Ni uygulamasının kök büyümesini azaltması tüm besin elementlerin alımının da ilave olarak azalmasına sebep olmuş olabilir. Elde edilen sonuçlara göre Ni içeriği köklerde sürgünlerden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyum içerisindedir. Nitekim bitkilerin topraktan aldıkları Ni'in %50'den fazlasını köklerinde biriktirdikleri belirlenmiştir (Chen *et al.* 2009).

5.5. Yaş Sürgün ve Kök, Kuru Sürgün ve Kök Ağırlıkları Üzerine Etkileri

Yapılan çalışmada uygulama yapılan çilek bitkilerinde yaş ve kuru sürgün ağırlığı, yaş kök ağırlığının istatistiki açıdan önemli derecede değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmada NiCl_2 uygulamaları da yaş sürgün ağırlığını, kuru sürgün ağırlığını, yaş kök ağırlığını ve kuru kök ağırlığını istatistiki olarak önemli derecede etkilemiştir. Uygulanan nikel konsantrasyonunun artması yaş sürgün ağırlığını, kuru sürgün ağırlığını, yaş kök ağırlığını ve kuru kök ağırlığını önemli derecede azaltmıştır.

Ağır metaller arasında yer alan Mn, Fe, Cu, Zn ve Ni gibi elementler yüksek bitkiler için esansiyel besinlerdir (Nedelkoska and Doran 2000). Mesela bakır ve çinko gibi ağır metallerin normal konsantrasyonları bitkilerin büyüme ve gelişmesinde önemli rol oynayan protein ve enzimlerin yapısı için gerekli kofaktör olarak görev alırlar (Steffens 1990). Mikrobesein elementi olsun veya olmasın ağır metallerin bitkide aşırı birikimi fizyolojik strese, büyüme ve gelişmede azalmaya sebep olur (Ouzounidou 1994). Bitki dokularında ağır metal birikimi fazla olursa mineral besin alımı (Ouzounidou and Eleftheriou 1992), transpirasyon (Poschenrieder *et al.* 1989), fotosentez (Lidon and Ramalho 1993), enzim aktivitesi (Van assche and Ceulemans 1980), klorofil

biyosentezi (Lidon and Henriques 1991) ve çimlenme (Munzuroğlu ve Geçkil 2002) gibi çok sayıda olay olumsuz yönde etkilenir.

Kök büyümesinin metal toksisitesine çok fazla duyarlı olduğu bilinmektedir (Foy *et al.*, 1978). Pb, Cd ve Cu uygulanan fasulye (Kırbağ ve Zengin 2002), Cd, Cu, Zn, Pb ve Fe uygulanan hardal (Fargašová 2001), Pb ve Zn uygulanan nane (Bekiaroğlu and Karataglis 2002), Cd ve Ni uygulanan pirinç (Moya *et al.* 1993), Pb ve Cu uygulanan bakla (Pryzmusinski and Gwozdz, 1994) ve Cd uygulanan Gerek-79 ve Bolal-2973 buğday fidelerinde (Öncel ve ark. 2000) kök boyunun azaldığı bulunmuştur. Bunun aksine bir ağır metal olan Zn'nun bitkiler üzerindeki etkisi diğer ağır metallerin etkisine benzemekte ancak Zn'nun bitki gelişimi için gerekli bir mikro besin elementi olduğu bilinmektedir (Bekiaroglou and Karataglis 2002). Nitekim, çalışmada 100 ve 300 µM Zn uygulanan buğday fidelerinde 5 ve 10 gün süreli uygulamalar sonunda kök boyunda artış bulunmuştur. Bu durum Zn'nun bitkilerde protein ve karbonhidrat metabolizmasını etkilemesinden ve aynı zamanda da IAA biyosentezinde öncü madde olmasından ileri gelmektedir (Kadioğlu 2007).

Greger *et al.* (1991) ağır metallerin büyüme üzerindeki etkisinin uygulanan ağır metalin türü, konsantrasyonları, bitki türü ve uygulama süresine göre değişmesinden kaynaklanabileceğini saptamışlardır.

Çalışmada, NiCl₂ konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak kök boyunda meydana gelen azalma ile ilgili bulgular literatürdeki pek çok bulgu ile uyum içerisindedir. SA uygulamaları genel olarak kök uzunluğunu kontrole göre azaltmakla beraber, NiCl₂ uygulamaları da doz arttıkça kök uzunluğunu artırmıştır.

Nikel (Ni) bitkiler için temel elementlerden birisidir (Chen *et al.* 2009). Glioksilazlar, pepetiddeformilazlar, metil-com reduktaz, üreaz birkaç tane süperoksit dismutazlar ve hidrojenazlar gibi pek çok enzimin yapısına girmektedir. Bundan dolayı, bitkide farklı metabolik işlemlerde rol oynamaktadır (Ermler *et al.* 1998; Küpper and Kroneck 2007). Bu çalışmayla kök boyunun NiCl₂ uygulamasıyla artması nikelin bitkide yarayışlı olarak

kullanılmasıyla, Salisilik asitle kök boyunun azalması da salisilik asidin stres koşulları oluşturmasıyla ilişkilendirilebilir. Nitekim salisilik asidin bilinen etkilerinden birisi bitkide ABA sentezini teşvik etmesidir (Sakhabutdinova *et al.* 2003). ABA bitkide stres şartlarında sentezlenen ve bitkinin strese toleransını sağlayan bitki hormonlarından biridir ve ABA stres şartlarında kök/sürgün büyümesini kök lehine bozmaktadır. Bu sayede bitkinin kök büyümesi sürgün büyümesinden daha fazla gerçekleşmektedir. Yapılan SA uygulamalarında yaş ve kuru kök büyümesinin daha fazla olmasının sebebi artan ABA içeriğinden kaynaklanmış olabilir. Ayrıca, SA uygulamasının bitkide IAA içeriğini de artırdığı ileri sürülmektedir (Sakhabutdinova *et al.* 2003). Oksin hormonunun en bilinen etkilerinden birisi kökte yan dallanmayı teşvik etmesidir. Bu şekilde SA uygulanan bitkilerde yaş ve kuru kök ağırlığındaki artış, artan IAA içeriğine bağlı olarak yan kök oluşumunun fazlalaşmasıyla bağlantılanabilir.

Sonuç olarak, denemede kullandığımız Ni dozunun çilek için toksik etki yapabilecek sınırlarda olmadığı ve bir besin elementi olmasına bağlı olarak kullanılan Ni dozlarının bazı fizyolojik özellikleri olumlu etkilediği saptanmıştır. Bununla beraber uygulanan NiCl_2 'nin bitkinin beslenmesi ve gelişimi üzerine olumsuz etki yaptığı ve yapraktan SA uygulamasının bitkide büyüme ve gelişme üzerine Ni'in olumsuz etkisini azalttığı ve böylece Ni uygulanan şartlarda bitki gelişmesini iyileştirdiği belirlenmiştir. Bu bağlamda, çilek çeşitlerinin Ni dozu ile SA konsantrasyonlarına ve uygulama zamanlarına vereceği tepkiler farklı olmakla beraber genel olarak toprakta Ni'den kaynaklanabilecek olumsuzlukları azaltmada SA'in kullanılabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, Y. S., 1986. Üzümsü Meyveler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 984, 290, Ankara.
- Akıncı, I. E. and Çalışkan, U., 2010. Effect of lead on seed germination and tolerance levels in some summer vegetables. *Ekoloji Dergisi*. ISSN 1300-1361.
- Akıncı, S. ve Akıncı, İ.E., 2011. Nikelin Ispanakta (*Spinacia oleracea*) Çimlenme ve Bazı Fide Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri. *Ekoloji* 20,79, 69-76.
- Aksu, E. ve Yıldız, N., 2007. Besin Çözeltisine Artan Seviyelede Uygulanan Cd ve Pb İyonlarına Farklı Domates Çeşitlerinin Tepkisinin Belirlenmesi.
- Alloway, B. J., 1995. In *Heavy Metal in Soils* (Ed: B. J. Alloway), 2nd ed., Blackie Academic and Professional, London pp. 25 – 34.
- Arteca, R. N., 1996. *Plant Growth Substance Principles and Applications*. Chapman and Hall, New York, 332 p.
- Barcelo, J., Cabot, C. and Poschenrieder, Ch., 1986. Cadmium induced decrease of water stress resistance in bush bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv Contender), II effects of Cd on endogenous abscisic acid levels, *J. Plant Physiol.*, 125, 27-34.
- Baszynski, T., Wajda, L., Wohiska, D., Krupa, S. and Tukendorf, A., 1980. A photosynthetic activities of cadmium treated tomato plants, *Physiol. Plant.*, 48, 365-370.
- Bekiaroglou, P. and Karataglis, S., 2002. The effect of lead and zinc on *Mentha spicata*. *J. Agronomy & Crop Science*, 188, 201-205.
- Benavides, M. P., Gallego, S. M. and Tomaro, M. L., 2005. Cadmium toxicity in plants, *Braz. J. Plant Physiol.* 17(1), 21-34.
- Bezrukova, M.V., Sakhabutdinova, R., Fathutdinova, R.A., Kyldiarova, I. and Shakirova, F. 2001. The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. *Agrochemiya (Russ)*, 2: 51-54.
- Brandford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.* 72, 248.
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-total. pp, 1085–1121 In: *Methods of soil analysis. Part III. Chemical Methods* (Bartels, J.M., and J.M. Bigham eds.) 2nd Ed. ASA SSSA Publisher Agron. No: 5 Madison WI, USA.
- Brown, P. H., Welch, R. M., Cary, E. E., 1987. Nickel a micronutrient essential for all higher plants. *Plant Physiology* 85: 801-803.
- Brown, P. H., Welch, R. M. and Madison, J., 1990. Effect of nickel deficiency on soluble anion, amino acid and nitrogen levels in barley. *Plant and Soil* 125: 19-27.
- Chatterjee, J. and Chatterjee, C., 2000. Phytotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower. *Environmental Pollution*. 109, 69-74.
- Chen, C., Huang, D. and Liu, J., 2009. Functions and toxicity of nickel in plants: Recent Advances and Future Prospects. School of Life Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, P.R. China. 304-313.

- Çanakçı, S. ve Munzuroğlu, Ö., 2004. Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) çeliklerinde ağırlık değişimleri, pigment ve protein miktarları üzerine asetilsalisilik asit ve tuz (NaCl) uygulamasının karşılıklı etkileri. G.Ü., Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, cilt 24, sayı 1 23-40.
- Çepel, N., 1997. Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları No:14 İstanbul.
- Davies, P. J., 2004. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. Kluwer Academic.
- Easton D. F. et al.,1992. In Nickel and Human Health: Current Perspectives (Eds:E. Nieboer, J. O. Nriagu, John Wiley & Sons, New York pp.603 – 619.
- El-Tayeb, M. A., 2005. Response of Barley Grains to The Interactive Effect of Salinity and Salicylic Acid. Plant Growth Regulation. 45:215–224.
- Erenoğlu, B., Ergun, B. E., Özdemir, E. ve Pırlak, L., 2000. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı. Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu, Meyvecilik Grubu, Çilek ve Diğer Üzümsü Meyveler (Ahududu, Böğürtlen, Frenk Üzümlü, Yaban Mersini) Raporu, 54s., Yalova.
- Ermiler U. et al.,1998. Active sites of transition -metal enzymes with afocus on nickel, Curr. Opin. Struct. Biol. 8, 749 – 758.
- Fargašová, A., 2001. Phytotoxic effects of Cd, Zn, Pb, Cu and Fe on *Sinapis alba* L seedlings and their accumulation in roots and shoots. Biologia Plantarum,44(3): 471-473.
- Gajewska, E. and Sklodowska, M., 2005. Antioxidative responses and proline level in leaves and roots of pea plants subjected to nickel stress. Acta Physiologiae Plantarum 27 (3): 329-33.
- Greger, M., Brammer, E., Lindberg, S., Larsson, C., Idestam-Almgist, J., 1991. Uptake and physiological effects of cadmium in sugar beet (*Beta vulgaris*) related to mineral provision. J. Exp. Bot., 42 (239), 729-737.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö. ve Çobanoğlu, D., 2004. Ağır Metal İyonlarının (Cu+2, Pb+2, Hg+2, Cd+2) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi, 16(2), 177-182.
- Gürel, A. ve Avcıoğlu, R., 2001. Bitkilerde Strese Dayanıklılık Fizyolojisi. Bitki Biyoteknolojisi, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. Özcan S., Gürel E. ve Babaoglu M., (eds.), S.Ü. Vakfı Yayınları. 288-289. Konya.
- Harborne, J. B., 1980. Plant phenolics. In: Secondary Plant Products. E. A. Bell, B. V. Charlwood (ed.), Springer Verlag, Berlin, 329-402 p.
- Harrison, R. M. and Chirgawi, M. B., 1989. The assessment of air and soil as contributors of some trace metals to vegetable plants I. Use of a filtered air growth cabinet. Sci. Total Environ. 83, 13-34.
- İnal, A., Güneş, A. and Alpaslan, M., 1997. Peat-Perlit ortamında besin çözeltisi ile yetiştirilen domates (*Lycopersicon esculantum* L.) in gelişmesi, klorofil, prolin ve mineral madde içeriğine değişik NaCl düzeylerinin etkisi. Tr.J. of agriculture and Forestry 21 95-99.
- Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plant. Planta. 208: 175-180.

- Kacar, B., 1972. Toprağın ve bitkinin kimyasal analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları. No:53, AÜ.Basımevi, Ankara.
- Kadioğlu, A., 1999. Bitki Fizyolojisi. Eser Ofset. 377s., Trabzon.
- Kadioğlu, A., 2007. Bitki Fizyolojisi. Esen Ofset Matbaacılık, Trabzon, 432 s.
- Kennedy, C. D. and Gonsalves F.A.N., 1987. The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and efflux of excised roots, J.Exp. Bot. 38, 800-817.
- Khan, W., Prithiviraj, B., Smith, D.L., 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant Physiol. 160, 485-492.
- Khodary, S.E.A., 2004. Effect of Salicylic Acid on the Growth, Photosynthesis and Carbohydrate Metabolism in Salt Stressed Maize Plants. International Journal of Agriculture & Biology. Vol. 6, No. 1.
- Kırbağ Zengin, F., 2002. Bazı Ağır Metallerin (Hg ++, Cd++, Cu++ ve Pb++) Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) Gelişmesi Üzerindeki Etkilerinin Biyokimyasal Yönden Araştırılması. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kim, I.S., Kang, K.H. and Johson-Green, P., 2003. Investigation of heavy metal accumulation in *Polygonum thunbergii* for phytoextraction. Environmental Pollution. 126, 235-243.
- Konarlı, O., 1986. Çilek. TAV Yayınları. No: 12s:71.
- Kukkola, E., Rautio, P., Huttunen, S., 2000. Stress indications in copper-and nickel exposed Scots pine seedlings. *Environ. Exp. Bot.*, 43: 197-210.
- Kurt, S., 1998. *Vicia faba* L.'da salisilik asit uygulamasının simbiyotik azot fiksasyonu üzerine etkisi. Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Küpper, H. and Kroneck, P. M. H., 2007. In Metal Ions in Life Sciences (Eds: A. Sigel, H. Sigel, R. K. O. Sigel), Vol. 2, John Wiley & Sons, Chichester, UK. pp. 31 – 62.
- Lawlor, D. W., 2002. Limitation of photosynthesis in water stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Ann. Bot.* 89, 1-15.
- Lichtenthaler, H. K., 1998. The stress concept in plants: An introduction, *Ann. NY. Acad. Sci.*, 851, 187-198.
- Lidon, F.C. and Henriques, F.S., 1991. Limiting Step on Photosynthesis of Rice Plants Treated With Varying Copper Levels. *Journal of Plant Physiology*, 138, p 115-118.
- Lidon, F.C., Ramalho, J. and Henriques, F.S., 1993. Copper Inhibition of Rice Photosynthesis. *Journal of Plant Physiology*, 142, p 12-17.
- Lindberg, S., Meyers, T.P., Taylor, G.E. J., Turner, R. R. and Schroeder, W.H., 1992. Atmosphere-surface exchange of mercury in a forest: results of modeling and gradient approaches. *J. Geophys. Res.* 97, 2519-2528.
- Manta, D. S., Augelone, M., Bellanca, A., 2002. Heavy metals in urban soils: A case study from the city of Palermo (Sicily). *The Science of the Total Environment* 300, 229-243.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed., Academic Press, London. pp 889.
- McGrath, S. P., 1995. In Heavy Metals in Soils (Ed: B. J. Alloway), 2nd ed., Blackie Academic and Professional, London. pp. 152 – 174.

- McIlveen, W. D. and Negusanti, J. J. 1994. Nickel in the terrestrial environment, Sci. Total Environ. 148, 109 – 138.
- Mertens, D., 2005a. AOAC Official Method 922.02. Plants preparation of laboratory sample. Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 1-2, AOAC-International Suite 500, 481. N F Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Mertens, D., 2005b. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. N F Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Mertens, D., 2005b. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. N F Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Mishra, A. and Choudhuri, M.A., 1999. Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. Biol. Plant. 42(3): 409-415.
- Molas, J., 1997. Changes in morphological and anatomical structure of cabbage (*Brassica oleracea* L.) outer leaves and in ultrastructure of their chloroplasts caused by an in vitro excess of nickel. Photosynthetica 34 (4): 513-522.
- Monni, S., Uhlig, C., Hansen, E. and Magel, E., 2001. Ecophysiological responses of *Empetrum nigrum* to heavy metal pollution, Environ. Pollut., 112, 121-129.
- Munzuroğlu, Ö. ve Gür, N., 1999. Ağır Metallerin Elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden) da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. 677-684
- Munzuroğlu, O., Geçkil, H., 2002. Effects of Metals on Seed Germination, Root Elongation and Coleoptile and Hypocotyl Growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 43, 203-217.
- Nedelkoska, T.V. and Doran, P.M., 2000. Characteristics of Heavy Metal Uptake by Plants Species with Potential for Phytoremediation and Phytomining. Minerals Engineering, 13, p 549-561.
- Neufeld, H., Chappelka, A.H., Somers, G.L., Burkey, K.O., Davison, A.W., and Finkelstein, P., 2006. Visible foliar injury caused by ozone alters the relationship between SPAD meter readings and chlorophyll concentrations in cut leaf coneflower. Photosynth. Res. 87, 281-286.
- Ouzounidou, G., Eleftheriou, E.P. and Karatagli, S., 1992. Ecophysical and Ultrastructural Effects of Copper in *Thlaspi ochroleucum*. Canadian Journal of Botany, 70, p 947-957.
- Ouzounidou, G., 1994. Copper Induced Changes on Growth, Metal Content and Photosynthetic Functions of *Alyssum montanum* L. Plants. Environmental and Experimental Botany, 34, p 165-172.
- Öncel, I., Keleş, Y. and Üstün, A. S., 2000. Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. Environmental Pollution, 107, 315-320.
- Özeker, E., 2005. Salisilik Asit ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 42(1):213-223.
- Özdemir, E., 1999. Çilek Yetiştiriciliği. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü. Yayın Dairesi Başkanlığı. 17s, Ankara.

- Pál, M., Szalai, G., Horváth, E., Janda, T. and Páldi, E., 2002. Effect of Salicylic Acid During Heavy Metal Stress. *Acta Biologica Szegediensis*. Volume 46 (3-4): 119-120.
- Pandey, N., Sharma, C. P., 2002. Effect of heavy metals Co_2 , Ni_2 and Cd_2 on growth and metabolism of cabbage. *Plant Science* 163: 753-758.
- Pandolfini, T., Gabbriellini, R., Comparini, C., 1992. Nickel toxicity and peroxidase activity in seedlings of *Triticum aestivum* L. *Plant Cell and Environment* 15: 719-725.
- Pırlak L. and Eşitken A. 2004. Salinity Effects on Growth, Proline and Ion Accumulation in Strawberry Plants. *Acta Agric. Scand., Sect. B., Soil and Plant Sci.* 54: 189-192.
- Poschenrieder, C.H., Gunse, B. and Barcelo, J., 1989. Influence of Cadmium on Water Relations, Stomatal Resistance and Abscissic Acid Content in Expanding Bean Leaves. *Plant Physiology*.
- Pryzmusinski, R. and Gwozdz, E.A., 1994. Increased accumulation of the 16x103 M, Polipeptide in lupin roots exposed to lead, copper and nitrate ions. *Environmental and Experimental Botany*, 34, No: 1, 63-68.
- Qing Mao, S., ShiQing, S., ZhiGong, Z., ShiRong, G., 2007. Physiological mechanisms of salicylic acid enhancing the salt tolerance of cucumber seedling. *Scientia Agricultura Sinica* 40(1):147-152.
- Ruis-Jiménez, J., Luque-García, J. L., and Luque de Castro, M. D., 2003. Dynamic ultrasound-assisted extraction of cadmium and lead from plants prior to electrothermal atomic absorption spectrometry. *Anal. Chim. Acta.* 480, 231-237.
- Raskin, I., 1995. Salicylic Acid. In: *Plant Hormones, Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Davies (ed.), Kluwer Acad. Pub., London., 188-205 p.
- Saied, A.S., Keutgen, A.J., Noga, G., 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'. *Scientia Horticulturae* 103. 289-303.
- Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. 2003. Salicylic Acid Prevents The Damaging Action of Stress Factors on Wheat Plants. *Bulg. J. Plant Physiol., Special issue*, 314-319.
- Salt, D. E. et al., 2000. In *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water* (Eds: N. Terry, G. Banuelos), Lewis Publishers, Boca Raton, FL pp. 189 – 200.
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K., 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*. 30: 157-161.
- Shakirova, F. M. and Bezrukova, M. V. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin* 24: 109-112.
- Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fathutdinova, R. A. and Fathutdinova, D. R., 2003a. Changes in hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*. 164: 317-322.
- Shanker, A. K., Djanaguiraman, M., Sudhagen, R., Chandrashekar, C. N. and Pathmanabhan, G., 2004. Differential antioxidative response of ascorbate glutathione pathways enzymes and metabolites to chromium speciation stress in greengram (*Vigna radiata* L.) roots. *Plant Sci.*, 166: 1035-1043.

- Steffens, J.D., 1990. The Heavy Metal-Binding Peptides of Plants. *Annual Review Plant Physiology Molecular Biology*, 41, p 533-575.
- Szalai, G., Paldi, E. and Janda, T., 2005. Effect of salt stress on the endogenous salicylic acid content in maize (*Zea mays* L.) plants. *Proceeding of the 8th Hungarian Congress on plant Physiology and the 6th Hungarian Conference on photosynthesis*. Volume 49(1-2): 47-48.
- Taşgın, E., Atıcı Ö. and Nalbantoğlu, B., 2003. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves *Plant Growth Regulation* 41: 231-236.
- Tohma, Ö., 2007. Çilekte Salisilik Asit Uygulamasının Tuz Stresine Dayanıklılık Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi.
- Top, B., 1999. *Phaseolus vulgaris* L.' de protein ve fotosentetik pigment içeriği üzerine salisilik asidin etkileri. Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Türemiş, N., Özgüven, A. I., Paydaş, S., 2000. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Çilek Yetiştiriciliği. Tübitak Yayınları, 36s., Adana.
- Van Assche, F., Ceulemans, R. and Clijters, H., 1980. Zinc Mediated Effects on Leaf CO₂ Diffusion Conductance and Net Photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* L. *Photosynthesis Research*, 1, p 171-180.
- Wang, L. J. and Li, S.H., 2006. Salicylic Acid-Induced Heat or Cold Tolerance In Relation to Ca²⁺ Homeostasis and Antioxidant Systems in Young Grape Plants. *Plant Science* 170. 685-694.
- Yıldız, N., 2001. Toprak Kirleticisi Bazı Ağır Metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. 32 (2), 207-213, Erzurum.
- Zengin, F. K., Munzuroğlu, Ö., 2004. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kadmiyum(Cd⁺⁺) ve Civa (Hg⁺⁺)'nın Etkileri. C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi Cilt 24 Sayı 1.
- Zengin, F. K., 2005. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Nikel (Ni⁺²) ve Krom'un (Cr⁺³)' un Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.),16(1):49-56.
- Zengin, K.F. ve Munzuroğlu, Ö., 2005. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.Strike) Klorofil ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni⁺², Co⁺², Cr⁺³, Zn⁺²) Etkileri. F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(1); 164-172.
- Zornoza, P., Robles, S., Martin, N., 1999. Alleviation of nickel toxicity by ammonium supply to sunflower plants. *Plant and Soil* 208: 221-226.

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini burada tamamladı. 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Bahçe Bitkileri bölümünden mezun oldu ve Meyvecilik Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Bu arada Erzincan ili Tercan İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü’ne Ziraat Mühendisi olarak atandı. 2010 yılında Erzurum Aziziye İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü’ne naklen ataması yapıldı. Halen aynı kurumda görev yapmaktadır.