

Bazı Önemli Yazlık Sebzelerin Çimlenme Aşamasında Nikel Tepkisi*

İrfan Ersin AKINCI**, Ülkü ÇALIŞKAN

KSÜ. Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş

Geliş Tarihi: 20.11.2009

Kabul Tarihi: 26.02.2010

ÖZET: Bu çalışmada nikelin 0, 25, 50, 75, 100, 200, 400, 800, 1600 ve 2000 mg L⁻¹ dozlarının bazı önemli yazlık sebzelerin çimlenmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Nikelin domates, biber, patlıcan, kavun, karpuz, hıyar, kabak, fasulye, bamya ve mısır tohumlarında; G-max (çimlenme oranı), G-ind (çimlenme indeksi), T-mean (ortalama çimlenme süresi), T50 (yarı çimlenme süresi), G75-25 ve G90-10 üniform çimlenme süreleri üzerine etkileri olumsuz bulunmuştur. Çimlenme kabiliyeti değerlerine göre nikelin etkisi biber, patlıcan ve fasulyede 25 mg L⁻¹; hıyar, kavun ve mısırdaki 50 mg L⁻¹; kabak ve bamyada 100 mg L⁻¹; domateste 200 mg L⁻¹, karpuzda 800 mg L⁻¹ dozlarından başlayarak olumsuz olmuştur. Nikel çimlenme süreleri bazında biber, patlıcan, bamya ve fasulyede 25 mg L⁻¹; hıyar ve mısırdaki 50 mg L⁻¹; kabak ve karpuzda 100 mg L⁻¹; domateste 200 mg L⁻¹; kavunda 1600 mg L⁻¹'de olumsuz etki yapmıştır. Nikelli ortamlarda domates ve karpuz diğer türlere göre daha tolerant görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Nikel, Çimlenme, Çimlenme Süresi, Toksikite

Response of Some Important Summer Vegetables to Nickel at Germination Stage

ABSTRACT: Concentrations of nickel as 0, 25, 50, 75, 100, 200, 400, 800, 1600 ve 2000 mg L⁻¹ on germination of some important vegetables were investigated. Effects of nickel on G-max (germination rate), G-ind (germination index), T-mean (mean germination time), T50 (germination half time) G75-25 and G90-10 uniformity indices was negatively in seeds of tomato, pepper, eggplant, cucumber, squash, watermelon, melon, okra, bean and maize. Effect of nickel was negatively in pepper, eggplant, and bean at 25 mg L⁻¹ Ni; in cucumber, melon and maize at 50 mg L⁻¹ Ni; squash and okra at 100 mg L⁻¹ Ni; in tomato at 200 mg L⁻¹ Ni; in watermelon at 800 mg L⁻¹ Ni according to germination ability values. Nickel was negatively affected germination time values in pepper, eggplant, okra and bean at 25 mg L⁻¹ Ni; in cucumber and maize at 50 mg L⁻¹ Ni; in squash and watermelon at 100 mg L⁻¹ Ni; in tomato at 200 mg L⁻¹ Ni; in melon at 1600 mg L⁻¹ Ni.

Key Words: Nickel, Germination, Germination Time, Toxicity

GİRİŞ

Çevre kirliliği geçici veya sürekli olarak canlılara zarar veren gaz, sıvı ve katı maddeler ile radyasyonun; cisim, sistem ve çevrede oluşturduğu değişimlerdir. Bir başka deyişle hava, su ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde meydana gelen arzu edilmeyen değişimlerdir (Çepel, 1997). Dünyada çevre ve çevre sorunları, son yıllarda insanlığın en büyük ortak sorunu haline gelmiş, hemen her alanda dikkat edilmesi gereken öncelikli konu olarak ele alınmaya başlanmıştır. Tarımsal yaklaşımla; en önemli kirlilik konuları toprak, su ve hava kirliliği olup bu kirlilik türlerine neden olan ve gittikçe daha büyük boyutlarda tehlike oluşturan çok farklı etmenlerin başında ağır metaller gelmektedir (Yılmaz ve ark. 2009). Ağır metallerin (Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, Mo, Co, Cu, Zn, Cd, Cr, Fe gibi) toprak ve su kirlenmesi ile çevreye yaptığı zararlar gittikçe artmaktadır. Hızlı şehirleşme, endüstrileşme, gübreleme ve pestisit kullanımı; toprak ve su kaynaklarında toksik metal kirliliği ile sonuçlanmaktadır (Çepel, 1997; Rai ve ark., 2002, Shanker ve ark., 2005).

Toprak ve su kaynaklarındaki toksik metal kirliliği en önemli zararını bitkilerde meydana getirmektedir. Tohum çimlenmesi, fide ve bitkide büyüme ve gelişme gerilikleri; çiçeklenme, meyve tutumunda ve verimde azalma; ürün kalitesinde bozulma bu zararlardan bazılarıdır. Ağır

metallerin fotosentetik aktiviteyi sekteye uğratması, azot döngüsü ve bağlanmasını bozması, klorofil miktarını azaltması, enzim sistemlerinde bozulmalara yol açması; bitkilere yarayışlı diğer elementlerin alımını engellemesi gibi hücre içi mekanizmalarda da olumsuz etkileri bulunmaktadır (Pandey ve Sharma, 2002; Taboada-Castro ve ark., 2002; Belimov ve ark., 2003; Peralta-Video ve ark., 2004, Mencik, 2005; Zhang ve ark., 2005).

Çevre kirlenmesinde ve bitkisel yaşamda sorunlara neden olan ağır metallerle bulaşık veya bulaşması olasılığı yüksek tarım alanlarında başarılı bir şekilde üretim yapabilmek, verimli ve kaliteli ürün elde edebilmek için ağır metalleri bu ortamlardan arındıracak bazı önlemler alınması olanak dahilindedir. Ancak bu uygulamalar çoğunlukla ekonomik gözükmemektedir. Bu durumda böyle sorunlu olan veya olabilecek alanlarda, toleranslı bitki, tür ve çeşitlerinin kullanımı üzerinde durmak daha faydalı olabilir. Ağır metallerin bitkiler üzerindeki etkilerine bir çok büyüme ve gelişme aşamasında rastlamakla birlikte, bitkilerin ilk büyüme-gelişme aşaması olan çimlenme ve fide aşamalarındaki etkileri çok daha önemlidir. Çünkü bu aşamalarda bitkilerin stres veya toksisite faktörlerine tepkileri daha fazla olabilmektedir (Zenk, 1996; Nable ve ark., 1997; Belimov ve ark., 2003; Mencik, 2005).

*Bu makale, KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri ABD'nda yürütülen yüksek lisans tezinin bir bölümünü içermektedir.

**Sorumlu yazar: Akıncı, İ.E., ieakinci@ksu.edu.tr

Bitkilerin ağır metallere toleransını belirlemede, çimlenme ve fide gelişimi özelliklerinin kullanımı; sonuca daha kısa zamanda, az emek ve girdi kaybıyla ulaşmak açısından pratik olabilmektedir. Çimlenme oranı ve süresi gibi çimlenme özelliklerinin kullanımı, tür ve çeşitlerin genotipik toleransın ortaya çıkartılmasında ve birbirleriyle karşılaştırılmasında önemli avantajlar sağlayabilmektedir. Bu amaçla özellikle ekonomik önemi yüksek tarımsal ürünlerde yapılacak çalışmalar büyük avantajlar sağlayabilmektedir.

Bu çalışmada bitkilerin stres koşullarına daha fazla tepki verdikleri çimlenme aşamasında; bazı yazlık sebze türlerinde (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 belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca nikel kirlenme olasılığı bulunabilecek tarımsal alanlarda, öncelikli olarak kullanılacak türlerin, henüz çimlenme aşamasından başlanılarak ortaya konulmasına çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Nikelin önemli yazlık sebze türlerinde, tohum çimlenmesi üzerine etkisini belirlemeye yönelik bu çalışmada, bitkisel materyal olarak Çizelge 1'de verilen ekonomik önemi yüksek yazlık sebze türlerine ait çeşitlerin tohumları kullanılmıştır.

Çizelge 1. Araştırmaya konu olan bitkisel materyal

Sebze Türü	Latince	Çeşit	Kaynak
Domates	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	Falcon	May
Biber	<i>Capsicum annuum</i> L.	Serademre8	May
Patlıcan	<i>Solanum melongena</i> L.	Kemer	May
Hıyar	<i>Cucumis sativus</i> L.	Armada F1	Petoseed
Kabak	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Sakız	Biotek
Karpuz	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	Candan F1	Multi
Kavun	<i>Cucumis melo</i> L.	Ananas	Küçük Çiftlik
Bamya	<i>Abelmoschus esculentus</i> L.	Sultani	Biotek
Fasulye	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Strike	May
Mısır	<i>Zea mays</i> L.	Akdeniz	Batem

Denemede sebze türlerinin sağlam ve benzer büyüklükteki tohumları, iki kat kağıt havlu arasında kalacak ve birbirine temas etmeyecek şekilde petri kaplarına yerleştirilmiştir. Kullanılan tohum sayısı domates, biber, patlıcan, hıyar, karpuz ve bamya için 25 adet; kabak, kavun, fasulye ve mısır için 20 adettir. Çalışma her petri kabı bir tekerrür olacak şekilde, üç tekerrürlü olarak "Tesadüf Parselleri Deneme Desenine" göre kurulmuştur. Deneme faktörlerini, kaplardaki sebze tohumlarına, her türün gereksinimine göre üç-dört gün aralıkla ve toplamda iki-üç kez olacak şekilde 5 ml hacminde uygulanan nikelin 0, 25, 50, 75, 100, 200, 400, 800, 1600 ve 2000 mg L⁻¹ dozları oluşturmuştur. Tüm denemelerde metal karışımı sıvıların pH düzeyleri 6.5 olarak ayarlanmıştır. Çimlendirme kapları içerisine yerleştirilen tohumlar, 25±1°C sıcaklığa sahip olan bir inkübatör içerisinde karanlıkta 10 gün süre ile çimlenmeye bırakılmış; çimlenme denemelerinde sayımlar, günlük olarak gerçekleştirilmiştir. Tohum çimlenmesinde radikülün kabuktan 2 mm çıkması yeterli kriter olarak alınmıştır.

Denemede türlere ait tohumların çimlenmesi üzerine nikelin etkileri ile ilgili özellikleri belirlemede; Jalink ve Van Der Schoor (2000), Al-Maskri ve ark. (2004), Li ve ark. (2007) ve Mercedes ve ark. (2007) tarafından kullanılan aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır.

$$G\text{-max} = \text{Çimlenme Oranı (\%)} = (G/T) \times 100$$

$$G\text{-ind} = \text{Çimlenme İndeksi} = (1. \text{ günde } G\text{-max} / Dt1) + (2. \text{ günde } G\text{-max} / Dt2) + \dots + (n. \text{ günde } G\text{-max} / Dtn)$$

$$T\text{-mean} = \text{Ortalama Çimlenme Süresi (gün)} = [(1. \text{ günde } G \times 1. \text{ gün}) + (2. \text{ günde } G \times 2. \text{ gün}) + \dots + (n. \text{ günde } G \times n. \text{ gün})] / \text{Toplam } G$$

$$T10 \text{ (gün)} = \text{Çimlenen tohumların \% 10'unun çimlenmesi için geçen süre}$$

$$T25 \text{ (gün)} = \text{Çimlenen tohumların \% 25'inin çimlenmesi için geçen süre}$$

$$T50 \text{ (gün)} = \text{Çimlenen tohumların \% 50'sinin çimlenmesi için geçen süre}$$

$$T75 \text{ (gün)} = \text{Çimlenen tohumların \% 75'inin çimlenmesi için geçen süre}$$

$$T90 \text{ (gün)} = \text{Çimlenen tohumların \% 90'ının çimlenmesi için geçen süre}$$

$$G75-25 = \text{Çimlenme 75-25 Ünlformluk İndeksi (gün)} = \text{Çimlenen tohumların \% 75 ile \% 25'inin çimlenmesi için geçen süre arasındaki zaman}$$

$$G90-10 = \text{Çimlenme 90-10 Ünlformluk İndeksi (gün)} = \text{Çimlenen tohumların \% 90 ile \% 10'unun çimlenmesi için geçen süre arasındaki zaman}$$

Eşitliklerde; G: Çimlenen tohum sayısını, T: Kullanılan toplam tohum sayısını, Dt: Sayım gününü ve n: Son sayım gününü göstermektedir.

Çalışmada elde edilen verilere F testi ile varyans analizi uygulanmış; ortalamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır. Çimlenme oranlarının istatistiki analizinde aç transformasyonu verileri kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA**Bulgular**

Farklı nikel dozlarının domates tohumlarındaki

çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresine olan etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 2’de görülebilmektedir.

Çizelge 2. Farklı nikel (Ni) dozlarının domates tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	93 (75)	30.45	3.33	3.39	1.33	2.33
25	92 (74)	29.60	3.33	3.37	1.00	2.33
50	99 (86)	28.58	3.33	3.72	1.33	2.33
75	95 (79)	30.28	3.33	3.58	1.33	3.00
100	95 (77)	27.21	3.33	3.79	1.33	3.33
200	95 (79)	20.95	4.67	4.76	1.33	2.67
400	87 (69)	18.44	4.67	4.92	1.33	2.33
800	85 (69)	16.84	5.33	5.43	2.00	3.00
1600	77 (62)	18.67	4.33	4.55	2.00	3.00
2000	67 (55)	12.53	5.33	5.60	2.00	3.00
P	0.01	0.001	0.001	0.001	öd	öd
LSD _{0.05}	12.04	3.88	1.03	0.71		

Çizelge 2’deki veriler incelendiğinde en yüksek G-max nikelin 50 mg L⁻¹ dozunda; en düşük ise sırasıyla 2000 ve 1600 mg L⁻¹ Ni dozlarında saptanmıştır. Nikelin çimlenme indeks değerleri üzerine etkisi, kontrol ve aynı gruptaki 100 mg L⁻¹ dozunun dahil olduğu uygulamalarda aynı olmuştur. G-ind dozu sonraki grubu oluşturan 200 ve 1600 mg L⁻¹ arasındaki dozlarda düşmüş; 2000 mg L⁻¹ dozunda en düşük değere ulaşmıştır. Çalışma sonuçlarına göre T50, kontrol ile 100 mg L⁻¹ Ni dozları arasındaki uygulamalarda aynı kalmıştır. Bunun ardından 200 mg L⁻¹ gelmiş; 400 ve 2000 mg L⁻¹ arasındaki dozlarda sürenin uzadığı

görülmüştür. En kısa T-mean değerine 25 mg L⁻¹ Ni dozunda ulaşılmıştır. T-mean içerisinde 100 mg L⁻¹ nikelinde bulunduğu dozlarda daha hızlı bulunmuştur. Bu dozları farklı istatistiki grupları oluşturan 200, 400, 800, 1600 ve 2000 mg L⁻¹ Ni dozları izlemiştir. Artan nikel dozlarının G75-25 ve G90-10 değerlerine etkisinin istatistiksel anlamda önemli olmadığı saptanmıştır.

Araştırmada nikel dozlarının biber tohumlarının çimlenme kabiliyeti ve çimlenme süresi özelliklerine etkisi, uniformluk indeks değerleri dışında önemlidir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı nikel (Ni) dozlarının biber tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	93 (78)	18.58	5.00	5.42	2.67	4.00
25	87 (72)	16.07	6.00	5.84	2.33	4.00
50	84 (67)	13.53	6.00	6.59	2.67	4.33
75	84 (68)	14.40	6.33	6.29	2.33	4.67
100	85 (68)	15.78	6.00	5.89	2.33	4.67
200	73 (59)	13.05	5.67	6.11	2.67	4.67
400	40 (39)	5.82	7.33	7.32	2.00	4.67
800	28 (32)	3.94	8.00	7.60	2.67	5.00
1600	20 (26)	2.58	7.33	7.94	1.67	4.67
2000	19 (25)	2.40	7.33	7.98	1.33	4.67
P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.05	öd
LSD _{0.05}	13.89	2.21	0.72	0.42	1.11	0.00

Çizelge 3’e göre, en yüksek çimlenme oranı kontrolde görülmüştür. Bunu aynı grubun birer üyesi olan 25 ve 100 mg L⁻¹ arasındaki Ni uygulamaları izlemiştir. Çimlenme oranında 400 ve 2000 mg L⁻¹ arasındaki dozlar en düşük değerleri veren uygulamalar

olmuştur. Nikel dozlarının artışı çimlenme indeksi üzerine de olumsuz etki yapmıştır. Kontrolde 18.6 olan G-ind, 800 mg L⁻¹ dahil tüm dozlarda kademeli olarak azalmıştır. En düşük G-ind değerlerine aynı gruptaki 1600 ve 2000 mg L⁻¹ nikel dozlarında ulaşmıştır. T50,

en kısa 75 mg L⁻¹ nikelinde içinde bulunduğu grupta gerçekleşmiştir. Bunun ardından 100 ve 800 mg L⁻¹ Ni dozlarının oluşturduğu grup gelmiştir. Yarı çimlenme süresi, en uzun bir 2000 mg L⁻¹ nikelde bulunmuştur. En kısa T-mean kontrol ve 25 mg L⁻¹ nikelde iken; en uzun

2000 ve 1600 mg L⁻¹ Ni'de gerçekleşmiştir.

Denemede nikel uygulamalarına patlıcan tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi bazında verdiği tepkiler Çizelge 4'tedir.

Çizelge 4. Farklı nikel (Ni) dozlarının patlıcan tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	93 (78)	15.97	6.00	6.25	2.33	4.00
25	87 (70)	13.46	7.00	6.88	2.00	4.00
50	91 (73)	15.43	6.33	6.40	2.33	4.67
75	84 (67)	13.35	6.33	6.67	2.33	4.67
100	84 (66)	13.64	6.00	6.54	2.33	4.33
200	80 (63)	11.90	6.67	7.10	2.67	4.33
400	77 (62)	12.07	6.67	6.86	2.33	4.67
800	44 (41)	6.71	6.67	6.89	2.67	5.00
1600	24 (29)	3.32	7.33	7.57	1.00	5.00
2000	24 (29)	3.24	7.00	7.63	2.00	2.67
P	0.001	0.001	0.05	0.001	öd	öd
LSD _{0.05}	13.32	2.99	0.79	0.53	1.28	0.00

Çizelge 4'e göre en yüksek G-max kontrolden alınmıştır. Bunu nikelin 25 mg L⁻¹ dozundan başlayarak 200 mg L⁻¹ dozunun da içinde bulunduğu uygulamalar izlemiştir. En düşük G-max değerleri aynı gruptaki 2000, 1600 ve 800 mg L⁻¹ Ni dozlarında gözlenmiştir. G-ind için en yüksek değerler kontrol ve 50 mg L⁻¹ nikel dozundadır. En düşük sonuçları ise 2000 ve 1600 mg L⁻¹ nikel dozları vermiştir. Denemede T50'de, en kısa süreler kontrol ve 100 mg L⁻¹ Ni dozundadır. Bunları 50 ve 75 mg L⁻¹ Ni dozları izlemiştir; en uzun T50'ye 1600 mg L⁻¹ dozunda ulaşmıştır. Diğer uygulamalar

aralardaki istatistiki gruplarda yer bulmuşlardır. T-mean değerlerine bakıldığında en kısa süre kontrol uygulamasında gerçekleşmiş; en uzun ise aynı grubu oluşturan 1600 mg L⁻¹ ile 2000 mg L⁻¹ dozlarında ortaya çıkmıştır. Nikelin artan dozları, G75-25 ve G90-10 uniformluk indeks özelliklerinde ise istatistiki anlamda her hangi bir farklılığa neden olmamıştır.

Araştırmada farklı nikel dozlarında hıyar tohumlarının; G-max, G-ind, T50, G75-25 ve G90-10 özellikleri verileri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Farklı nikel (Ni) dozlarının hıyar tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	99 (86)	84.64	1.00	1.42	0.33	1.00
25	99 (86)	83.42	1.00	1.39	0.67	1.33
50	97 (82)	75.89	1.33	1.56	0.67	1.33
75	97 (85)	67.19	2.00	1.79	1.00	1.33
100	95 (82)	63.76	1.67	1.84	1.00	1.67
200	91 (72)	65.44	1.33	1.70	1.00	1.67
400	81 (65)	56.19	1.67	1.85	1.00	2.33
800	81 (69)	47.82	2.00	2.10	1.00	2.33
1600	55 (48)	29.12	2.00	2.62	1.67	3.67
2000	48 (44)	19.79	3.00	3.38	2.33	4.67
P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01	0.001
LSD _{0.05}	14.51	10.09	0.66	0.39	0.86	1.35

Çizelge 5'teki verilere göre; en fazla G-max kontrol ve 25 mg L⁻¹ nikelde elde edilmiştir. Bunları 50, 75 ve 100 mg L⁻¹ dozları takip etmektedir. En düşük G-max ise aynı gruptaki 2000 ve 1600 mg L⁻¹ Ni dozlarında

olduğu saptanmıştır. En yüksek G-ind değerleri kontrol ve 25 mg L⁻¹ nikel dozlarından ve en düşük G-ind değerleri 2000 ve 1600 mg L⁻¹ nikel dozlarından alınmıştır; diğer uygulamalar orta sıralarda yer bulmuştur. En kısa T50'nin kontrol ve 25 mg L⁻¹ dozunda; en uzun

da 2000 mg L⁻¹ Ni dozunda olduğu belirlenmiş; diğer dozlar aradaki sıralarda yerleşmiştir. En kısa T-mean nikelin 25 mg L⁻¹ uygulamasında gözlenmiş; bunun ardından kontrol ve 50 mg L⁻¹ Ni gelmiştir. En uzun T-mean değerlerine ise hepsi tek başına birer istatistik grubu oluşturan 2000, 1600 ve 800 mg L⁻¹ Ni uygulamalarında ulaşılmıştır. G75-25 özelliğinde en başarılı uygulamalar sırasıyla kontrol, 25 ve 50 mg L⁻¹ Ni olmuştur. Bu uygulamaları 75 ile 800 arasındaki dozlarla aynı istatistik grubu oluşturan nikel

uygulamaları izlemiştir; en uzun sürelere de sırasıyla 1600 ve 2000 mg L⁻¹ Ni dozlarında rastlanmıştır. G90-10 değerleri için en kısa süreler, kontrol ile 200 mg L⁻¹ Ni arasındaki dozlardan elde edilmiştir. Nikelin olumsuz etkisi, en çok 2000 (4.67 gün) ve 1600 mg L⁻¹ (3.67 gün) dozlarında görülmüştür.

Çalışmada kabak tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi, yarı çimlenme süresi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkisine ait sonuçlar Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6. Farklı nikel (Ni) dozlarının kabak tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	90 (72)	36.21	2.33	2.74	1.00	1.33
25	88 (70)	36.40	2.00	2.68	1.00	1.33
50	87 (70)	36.29	2.00	2.81	1.00	1.33
75	88 (71)	36.99	2.00	2.72	0.67	1.67
100	87 (69)	33.50	2.67	3.10	1.00	2.00
200	83 (66)	32.91	2.00	2.93	1.00	2.00
400	82 (65)	31.05	2.67	3.18	1.00	2.67
800	80 (64)	28.56	3.00	3.27	1.67	3.00
1600	70 (57)	21.19	3.00	3.92	1.67	3.67
2000	52 (46)	13.08	4.33	4.61	2.00	4.00
P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.05	öd
LSD _{0.05}	9.70	5.44	0.64	0.48	0.79	1.96

Çizelge 6'da en yüksek çimlenme oranları kontrol ile birlikte aynı grupta yer alan 100 mg L⁻¹ dozlarında bulunmuştur. Bunları 200-800 mg L⁻¹ Ni dozları izlemiştir; çimlenme oranı artan dozlarda azalmış 1600 mg L⁻¹ Ni ve nihayet 2000 mg L⁻¹ Ni dozlarında en alt düzeye inmiştir. Çimlenme indeksinde kontrol uygulaması ile aynı grubu oluşturan 75 mg L⁻¹ Ni dozunun da içinde bulunduğu grupta ortalamalar arasında bir farka rastlanmaz iken; özelliğin 100-400 mg L⁻¹ Ni uygulamalarından başlayarak azaldığı; azalmanın 800, 1600 ve 2000 mg L⁻¹ Ni dozuna gidildikçe şiddetlendiği belirlenmiştir. Kabak tohumlarında T50 ve T-mean'nin, kontrol ile 400 mg L⁻¹ Ni dozunun da dahil olduğu iki farklı grupta yer alan uygulamalarda daha kısa sürede gerçekleştiği söylenebilir. En uzun T50 ve T-mean sürelerinin sırasıyla 2000, 1600 ve 800 mg L⁻¹ Ni dozlarında olduğu anlaşılmaktadır. G75-25 üniformluk indeks değerleri en kısa kontrolünde içerisinde yer aldığı 400 mg L⁻¹ Ni'e kadar olan uygulamalarda bulunmuştur. Bunu 1600 ve 800 mg L⁻¹ Ni dozları takip etmiştir. En uzun süre nikelin 2000 mg L⁻¹ dozundadır. G90-10 üniformluk indeks değerleri için nikelin etkisi saptanamamıştır.

Denemede karpuz tohumları üzerinde nikel uygulanmasının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi üzerine etkisi ile ilgili bulgular Çizelge 7'de özetlenmiştir.

Çizelge 7'deki verilere göre nikel dozlarının karpuz tohumlarının G-max değerleri üzerine etkisi

incelendiğinde; kontrolden 400 mg L⁻¹ Ni dozunun da dahil uygulamalara kadar bir fark bulunmadığı görülmektedir. Ancak nikel etkisini 800 mg L⁻¹ Ni dozundan itibaren göstermeye başlamış; G-max 2000 ve 1600 mg L⁻¹ Ni uygulamalarında en düşük değerleri vermiştir. Nikel dozlarındaki artışın çimlenme indeksine etkisi, en yüksek kontrolde iken; kontrolü 25 ile 200 mg L⁻¹ arasındaki Ni dozları izlemiştir. G-ind için en düşük değerlerin 1600 mg L⁻¹ ve 2000 mg L⁻¹ nikel dozlarında olduğu saptanmıştır. Karpuz tohumlarında yarı çimlenme süresi ile tüm nikel uygulamaları arasında istatistik olarak önemli bir farklılık bulunmuştur. Ancak bu farklılık nikel dozlarının kendi aralarında belirlenmemiştir. Nikel dozlarının T-mean değerleri üzerindeki etkisi en kısa kontrol ve 25 mg L⁻¹ Ni dozunda iken, en uzun çimlenmelerin 2000 ve 1600 mg L⁻¹ Ni dozlarında olduğu saptanmıştır. G75-25 üniformluk indeks değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmazken; G90-10 değerlerinin en kısa kontrolde olduğu bunu aynı gruptaki 25 ve 400 mg L⁻¹ Ni dozlarının takip ettiği görülmüştür. Nikelin 800 ve 1600 mg L⁻¹ Ni dozlarının oluşturduğu grup daha sonra gelmiş, en uzun süre ise 2000 mg L⁻¹ nikelde kaydedilmiştir.

Kavunda artan dozlarda nikel uygulanmasının, çimlenme oranına, çimlenme indeksine ve çimlenme süresine yaptığı etkiler Çizelge 8'de sunulmuştur.

Çizelge 7. Farklı nikel (Ni) dozlarının karpuz tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	85 (68)	40.11	2.00	2.19	0.33	0.33
25	83 (66)	38.27	2.00	2.24	0.33	0.67
50	84 (67)	37.50	2.00	2.44	0.33	1.00
75	84 (67)	37.33	2.00	2.43	0.67	1.00
100	83 (66)	36.43	2.00	2.59	0.33	1.33
200	80 (63)	35.03	2.00	2.65	0.33	1.67
400	81 (64)	33.90	2.33	2.59	1.00	1.33
800	64 (53)	27.02	2.00	2.73	1.00	2.00
1600	44 (42)	17.24	2.00	3.16	1.33	3.33
2000	40 (39)	14.06	3.00	3.43	1.33	4.00
P	0.001	0.001	0.001	0.001	öd	0.001
LSD _{0.05}	7.26	5.47	0.31	0.28	0.00	1.45

Çizelge 8. Farklı nikel (Ni) dozlarının kavun tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	83 (66)	19.96	4.00	4.59	1.67	3.67
25	78 (63)	18.84	4.33	4.79	2.67	4.33
50	72 (58)	14.72	5.33	5.59	2.67	5.33
75	67 (55)	14.87	5.00	5.19	2.00	5.33
100	68 (56)	14.65	4.67	5.37	2.67	6.00
200	63 (53)	14.87	4.33	5.05	2.00	5.67
400	62 (52)	13.53	4.67	5.39	2.67	5.67
800	50 (45)	10.82	5.33	5.55	3.33	5.67
1600	32 (34)	5.43	6.67	6.54	3.33	5.67
2000	25 (30)	3.37	7.00	7.61	2.00	5.33
P	0.001	0.001	0.01	0.001	öd	öd
LSD _{0.05}	5.29	2.96	1.38	0.95		

Çizelge 8'e göre en yüksek G-max, kontrol ve 25 mg L⁻¹ Ni uygulamalarında bulunmuştur. Nikel dozlarındaki artışa bağlı olarak G-max değerleri 50 mg L⁻¹ Ni dozundan itibaren düşmeye başlamış; düşüş bu uygulamayı takip eden ve aynı grubu paylaşan 100, 75 ve 200 mg L⁻¹ Ni uygulamalarında artmıştır. En düşük G-max değerleri yine aynı grupta yer alan 2000 ve 1600 mg L⁻¹ Ni dozlarında görülmüştür. G-ind değerleri için kontrol ve 25 mg L⁻¹ nikel dozu birbirinden farklı çıkmaz iken; aynı gruptaki 50 ve 200 mg L⁻¹ dozlarından itibaren düşüşler başlamıştır. En düşük G-ind değerleri 2000 mg L⁻¹ (3.37) ve 1600 mg L⁻¹ (5.43) dozlarında saptanmıştır. En kısa T50 ve T-mean süreleri kontrol ile aralarında hiçbir fark bulunmayan 400 mg L⁻¹ Ni dozuna kadar olan uygulamalarda (50 mg L⁻¹ Ni dozu hariç) belirlenmiştir. Artan nikel, sırasıyla 800, 50, 1600 ve nihayet 2000 mg L⁻¹ Ni dozunda en uzun T50 ve T-mean sürelerine neden olmuştur. Nikel G75-25 ve G90-10 değerleri üzerine istatistiksel olarak etki etmemiştir.

Nikel, banya tohumlarının G90-10 özelliği dışında tüm çimlenme kriterlerine önemli etkide bulunmuştur (Çizelge 9).

Çizelge 9'da en yüksek çimlenme oranlarının, kontrol ile birlikte aynı grup içerisinde yer alan 800 mg L⁻¹ nikelinde bulunduğu uygulamalarda saptanmıştır. Bu uygulamaları en düşük G-max değerlerinin elde edildiği 1600 ve 200 mg L⁻¹ nikel dozları takip etmiştir. Nikel dozlarındaki artışın çimlenme indeksine etkisi, en yüksek kontrolde iken; kontrolü azalan G-ind değerleri ile diğer dozlar izlenmiş; en düşük değerlerin sırasıyla 1600 mg L⁻¹ ve 2000 mg L⁻¹ nikel dozlarında olduğu saptanmıştır. Banya tohumlarında T50; en kısa kontrol, 25 ve 75 mg L⁻¹ Ni dozlarında çıkmıştır. En uzun sürelerin ise sırasıyla 2000 ve 1600 mg L⁻¹ Ni dozlarında olduğu, diğer uygulamaların aralardaki sıralara yerleştiği belirlenmiştir. En kısa T-mean kontrolde ve en uzun ise 2000 mg L⁻¹ Ni dozunda saptanmıştır. Diğer dozlar farklı gruplar oluşturarak aradaki sıralara yerleşmişlerdir. G75-25 değerlerinde en kısa süreyi kontrol vermiş, hemen ardından 25 ile 200 mg L⁻¹ Ni dozlarının bulunduğu grup gelmiştir. Bunları 400, 800 ve 1600 mg L⁻¹ Ni dozlarının izlediği belirlenmiştir. En uzun süre 2000 mg L⁻¹ nikel dozunda ortaya çıkmıştır. G90-10 uniformluk indeks değeri de en kısa kontrolde bulunmuş, bunu 25 ile 800 mg L⁻¹ Ni

dozlarının birlikte bulunduğu grup izlemiştir. En uzun süreleri ise 1600 ve 2000 mg L⁻¹ Ni dozları vermiştir.

Çizelge 10'da fasulye tohumları üzerine farklı

dozlarda nikel uygulanmasının; çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özelliklerine etkileri özetlenmiştir.

Çizelge 9. Farklı nikel (Ni) dozlarının banya tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	99 (86)	42.07	2.00	2.54	0.67	1.67
25	97 (85)	40.36	2.00	2.68	1.00	2.33
50	97 (85)	38.87	2.33	2.78	1.00	2.67
75	96 (83)	39.89	2.00	2.66	1.00	2.33
100	95 (79)	35.58	3.00	2.98	1.33	2.33
200	93 (78)	35.62	2.67	2.89	1.33	2.33
400	89 (74)	33.41	2.67	3.05	1.67	2.67
800	85 (68)	31.07	3.00	3.19	2.33	2.67
1600	41 (40)	10.90	4.67	4.53	2.67	3.67
2000	28 (32)	6.22	5.00	5.04	3.33	3.67
P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.05
LSD _{0.05}	17.29	5.20	0.83	0.44	0.85	1.29

Çizelge 10. Farklı nikel (Ni) dozlarının fasulye tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	93 (78)	41.22	2.00	2.45	0.33	1.67
25	95 (82)	35.03	3.00	2.88	0.67	1.67
50	92 (73)	34.75	3.00	2.85	1.00	2.00
75	93 (78)	35.53	3.00	2.82	1.00	2.00
100	93 (78)	35.39	2.33	2.90	1.67	2.00
200	92 (76)	29.47	3.00	3.40	1.33	2.33
400	77 (61)	27.81	3.00	3.05	1.33	2.00
800	67 (55)	22.64	3.00	3.22	1.33	2.33
1600	63 (53)	17.83	3.67	3.77	1.00	2.33
2000	45 (42)	12.39	4.33	4.19	2.33	3.33
P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.05	0.05
LSD _{0.05}	16.23	5.10	0.56	0.35	0.98	0.92

En yüksek çimlenme oranı, nikelin 25 mg L⁻¹ dozundan alınmış, bunun ardından kontrolünde içinde bulunduğu 50 ile 200 mg L⁻¹ arasındaki nikel uygulamaları gelmiştir. En düşük G-max 2000 mg L⁻¹ nikel dozunda görülmüştür. Çimlenme indeks değerlerinde; en başarılı uygulama yine kontrol olmuş; bunu sırasıyla aynı grupta yer alan 75, 100, 25 ve 50 mg L⁻¹ dozları izlemiştir. En düşük G-ind, 2000 mg L⁻¹ dozunda bulunmuştur. En kısa T50, kontrol ve 100 mg L⁻¹ nikel dozunda görülmüş; 800 mg L⁻¹ nikel dozunun da dahil olduğu nikel uygulamaları grubu bunların ardından gelmiştir. En uzun T50 süreleri sırasıyla 2000 ve 1600 mg L⁻¹ nikel dozlarında çıkmıştır. En kısa sürede çimlenen fasulye tohumlarının nikel verilmeyen ortamlarda olduğu; bunu sırasıyla 75 mg L⁻¹ Ni ile aynı gruptaki 25, 50 ve 100 mg L⁻¹ Ni dozları olduğu belirlenmiştir. En uzun sürede çimlenen fasulye tohumları, 2000 mg L⁻¹ Ni uygulamasında bulunmuştur. Çalışmada G75-25 için en kısa süre kontrolde ve en

uzun süre 2000 mg L⁻¹ Ni dozunda ortaya çıkmıştır. G90-10 üniformluk indeks değerleri için nikelin her hangi bir olumsuz etkisine rastlanmamıştır.

Mısır tohumlarına farklı dozlarda nikel uygulanmasının; çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süreleri üzerine etkisi Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11'deki G-max değerlerinde, kontrole göre 800 mg L⁻¹ Ni dozu dahil tüm nikel muamelelerinden etkilenmediği ancak dozun 1600 ve 2000 mg L⁻¹'a çıkartılmasıyla kayıplara uğradığı kaydedilmiştir. G-ind değerlerinde, kontrol ve 25 mg L⁻¹ Ni dozu arasında bir farklılık yok iken; 400 mg L⁻¹ ve sonraki nikel dozlar kademeli düşüşler kaydedilmiş ve nihayet 2000 mg L⁻¹ en üst düzeye çıkmıştır. Mısırdaki T50 süresi, 200 mg L⁻¹ dozu dahil nikelden etkilenmemiş, aynı gruptaki 400 ve 800 mg L⁻¹ dozlarında gecikmiştir. Gecikme sırasıyla 1600 ve 2000 mg L⁻¹ dozuna gidildikçe en üst düzeye

çıkıştır. T-mean değerleri en kısa kontrol ve 25 mg L⁻¹ dozunda bulunmuş; bunları aynı gruptaki 50-200 mg L⁻¹ arasındaki nikel dozları takip etmiştir. Artırılan nikel dozlarında T-mean süreleri kademeli olarak uzayarak 400, 800, 1600 ve 2000 mg L⁻¹ dozlarında en uzun sürelerde gerçekleşmiştir. G75-25 üniformluk indeks değerleri de en çok 2000 mg L⁻¹ nikel dozundan etkilenmiştir. Bu özellik kontrolle birlikte aynı gruptaki

25, 75 ve 100 mg L⁻¹ nikel dozlarından etkilenmez iken diğer uygulamalar orta sıralarda yer bulmuşlardır. G90-10 üniformluk indeks değerleri için nikelin olumsuz etkisi kontrolle beraber bir grubu oluşturan 25 mg L⁻¹ dozunda saptanamamıştır. Nikelin aynı grupta yer alan 50 ve 200 mg L⁻¹ dozlarında başlayan gecikme 400 ve 800 mg L⁻¹ dozlarında belirgin ve 1600 ve 2000 mg L⁻¹ dozuna gidildikçe kuvvetli bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Çizelge 11. Farklı nikel (Ni) dozlarının mısır tohumlarının G-max (Çimlenme oranı-%) ve G-ind (Çimlenme İndeksi) üzerine etkisi

Nikel (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	T50	T-mean	G75-25	G90-10
0	100 (90)	45.83	2.00	2.25	0.33	1.00
25	100 (90)	45.83	2.00	2.25	0.33	1.00
50	95 (77)	40.68	2.00	2.61	0.67	1.67
75	97 (84)	42.67	2.00	2.48	0.33	1.33
100	93 (78)	40.53	2.00	2.60	0.33	1.67
200	95 (82)	42.28	2.00	2.36	0.67	1.33
400	93 (78)	36.41	3.00	2.90	1.00	2.00
800	92 (76)	27.64	3.33	3.67	1.33	3.00
1600	57 (49)	12.80	4.67	4.86	1.67	3.33
2000	32 (34)	5.39	5.67	5.96	2.00	4.00
P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01	0.05
LSD _{0.05}	15.41	4.31	0.50	0.56	0.93	1.96

Tartışma

Denemede bitkisel materyal olarak kullanılan sebze türlerinde G-max değerleri, artan nikel konsantrasyonlarından etkilenmiş; nikel G-max üzerine biber ve patlıcanda 25 mg L⁻¹; hıyar ve kavunda 50 mg L⁻¹; kabakta 200 mg L⁻¹; domates ve fasulyede 400; karpuzda 800; bamya ve mısırdan 1600 mg L⁻¹; dozlarından başlayarak olumsuz etki yapmıştır. Nikelin G-ind üzerine olumsuz etkisi biber, karpuz, bamya ve fasulyede 25 mg L⁻¹; patlıcanda, hıyar, kavun ve mısırdan 50 mg L⁻¹; kabakta 100 mg L⁻¹; domateste 200 mg L⁻¹ dozlarından itibaren daha belirgin olmuştur. Genelde sebze türlerinin T50 özelliği üzerine nikelin olumsuz etkisi biber, patlıcan ve fasulyede 25 mg L⁻¹; hıyarda 50 mg L⁻¹; kabak ve bamyada 100 mg L⁻¹; domateste 200 mg L⁻¹; mısırdan 400 mg L⁻¹; kavunda 800 mg L⁻¹; karpuzda 2000 mg L⁻¹ dozlarından başlayarak en yüksek düzeylere ulaşmıştır. Nikel T-mean özelliğini de biber, patlıcan, bamya ve fasulyede 25 mg L⁻¹; karpuz ve mısırdan 50 mg L⁻¹; hıyarda 75 mg L⁻¹; kabakta 100 mg L⁻¹; domateste 200 mg L⁻¹; kavunda 400 mg L⁻¹ dozlarından sonra gerilemiştir. Çalışmadan elde edilen bu bulgular bir çok araştırmada ulaşılan sonuçlarla paralellik göstermektedir:

Artan nikel (0, 100, 200, 400 ve 800 µmol) konsantrasyonlarının turpta 48 saat sonraki ölçümlerde çimlenme üzerine dereceli olarak olumsuz etki yaptığını ortaya koymuşlardır (Espen ve ark., 1997). Çim bitkisi olan *Echinochloa colona*'da nikelin 1.25 ve 2.5 mg L⁻¹'a yükseltilecek dozlarında çimlenme oranı metal bulaşık alanlardan alınan tohumlarda etkilenmez, hatta daha yüksek bulunurken; kontrol alanlarından alınan

tohumlarda olumsuz etkilenmiştir (Rout ve ark., 2000). Yulafta çimlenme oranı kontrol ile 5 mg L⁻¹ Ni dozunda % 100 bulunurken; 10 mg L⁻¹ Ni dozunda % 90, 20 mg L⁻¹ Ni dozunda % 80 ve 40 mg L⁻¹ Ni dozunda % 75'e gerilemiştir. Artan nikel konsantrasyonları çimlenme oranını, % 25 düşürmüştür (Peralta ve ark., 2001). Nikel mısırdan yapılan bir çalışmada tohum çimlenmesini ve radikula büyümesini olumsuz etkilerken; aynı çalışmada nikelin bu etkileme düzeyi denemeye konu olan diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında Cd>Ni=Pb>Sr şeklinde bir sıralamanın söz konusu olduğu iddia edilmektedir (Seregin ve Kozhevnikova, 2005). Nikel mısırdan tohum çimlenmesini, kontrole göre sırasıyla 1 mM ve 5 mM dozlarında % 13.7 ve 21.8 oranlarında gerilemiştir (Lukathin ve ark., 2007). Jadia ve Fulekar (2008), içerisinde nikelin 0, 10, 20, 30, 40 ve 50 ppm dozların bulunduğu çözeltileri ayçiçeği tohumlarına uygulamışlar ve nikelin artan dozlarının çimlenme oranında % 66'dan, % 43'e kadar bir gerilemeye neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Denemedeki veriler, kullanılan nikelin artırılan dozlarının çimlenme oranı ve süresini olumsuz etkilediği, önemli kayıplara neden olduğu ortaya konmuştur. Tüm bu engelleme olaylarında nikelinde içinde bulunduğu metallerin, bitkilerin tohumlarında çimlenme öncesi kabuk ve çimlenme sırasında tohum içi dokularda ve çimlenme sonrası özellikle radikulada büyüme-gelişme ile ilgili bazı fizyolojik ve biyokimyasal olaylar üzerine az veya çok birbirine benzer etkisinden kaynaklandığı değişik araştırmacılarca aşağıda bildirilmektedir.

Toprak altında tohumlar, ağır metallerin ilk hedeflerindedir. Tohum çimlenmesi, ağır metallere dayanıklı aşamalardan birisidir. Tohum çimlenmesinde, tohum kabuğunun tüm metaller için genel bir bariyer olup olmadığı tam açıklanamasa da; tohum kabuğunun metal iyonlarına geçirimsiz olmasından dolayı ağır metallere karşı bir toleranslıktan bahsedilmektedir. Ek olarak, tohum kabukları sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ve absorbe edilen farklı metallerin dağılımındaki değişimiyle çimlenme üzerine birbirinden farklı etkiler üretirler. Mekanizmada metallerin tohum kabuğuna çok düşük düzeylerde sızması söz konusudur. Ağır metallerin tohum kabuğunu aşması ile onlar embriyoya girer ve bu aşamada kökçük uzaması aşamasına kıyasla daha toksik olurlar. Metallerin doku içerisine girdikten sonra dağılım gösterdikleri veya biriktikleri bölgeler değişmektedir. Ağır metallerin bitki hücresi ve dokularında dağılımı ortamdaki konsantrasyonlarına, etki sürelerine, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre değişir (Seregin ve Kozhevnikova, 2005).

Nikel gibi ağır metallerin içsel mekanizmalara etkisi yönündeki yaklaşımlarda önemlidir. Yaşamsal önemde olan enzimler inaktif hale dönüşürken enerji oluşturma güçlerini azaltması ve bunun sonucunda nitelikli bol ürün alma olanağını ortadan kaldırması, artan ağır metal konsantrasyonuna bağlı olarak çeşitli enzimlerde aktivitenin önemli ölçüde azalması; hücre duvarında bulunan petkinlerle ve karboksil gruplarıyla tepkimeye girmesi ve bunun sonucunda hücre bölünmesinin azalması ile hücrelerin geçirgenliklerinde ve elastikiyetlerinde gerilemeler olarak belirlenmiştir (Kaçar ve ark., 2002). Ağır metallerin engelleyici etkisi iyon toksisitesi, osmotik etki ve oksin yıkımının bir sonucu olarak bitki büyüme düzenleyicilerinin miktarlarındaki azalma şeklinde de rapor edilmektedir (Hameed ve ark., 2001)

Bitki hücreleri tarafından metalik elementlerin alınımı, özellikle de köklerdeki alımın bitkilerin mikro element olarak çeşitli ağır metallere ihtiyaç duymalarından ötürü, nikelin de içerisinde bulunduğu bu elementlerin taşınması ve birikmesi için uygun mekanizmalarla kolaylaştırılır. Bununla birlikte, bitki toksik elementlerin girmesini aynı mekanizmalarla önleyemeyebilir. Ağır metal iyonları toksisitesi; başlıca solunum ve fotosentezdeki elektron taşınmasına olan müdahalelerin, enerji ve mineral besin alınımının azaltılmasının ve büyümedeki gerilmelerin bir sonucu olarak hayati önemdeki enzimlerin inaktivasyonundan kaynaklanmaktadır (Özcan ve ark., 2001).

SONUÇLAR

Düşük dozlarda bile toksisite oluşturabilen metallere bulaşık alanlarda, tarımsal aktiviteleri sürdürebilme yönünde araştırmalar günümüzde hızla artmaktadır. Bu kapsamda ele alınan çalışmanın çimlenme aşamasında yapılması, metallerin etki mekanizmalarının daha hızlı ortaya konulması açısından faydalı olmuştur. Çalışma ile nikelin çimlenme oranı,

çimlenme indeksi ve çimlenme sürelerini hemen tüm sebze türlerinde olumsuz etkilediği; bu etkinin nikelin farklı iyonik özelliklerine ve türlerin tolerans kabiliyetlerine göre değiştiği ortaya konmuştur. Yine tarımsal alanlarda kirliliğe neden olan ve gittikçe de sorun olabilecek nikel kirliliğine karşı önlem alabilmek için, genotipik bazda tepki ve tolerans kabiliyetlerinden yararlanılmaya çalışılmış; bunun için önemli sıcak mevsim sebze türleri kullanılmıştır. 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 göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmayı destekleyen KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Al-Maskri, A.Y., Khan, M.M., Iqbal M.J., Abbas, M. 2004. Germinability, vigour and electrical conductivity changes in acceleratedly aged watermelon (*Citrullus lanatus* T.) seeds. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 2(3-4): 100-103.
- Belimov, A. A., Safronova, V. I., Tsyganov, V. E., Borisov, A.Y., Kozhemyakov, A. P., Stepanok, V.V., Martenson, A. M., Pearson, V.G., Tikhonovich, I.A. 2003. Genetic Variability in Tolerance to Cadmium and Accumulation of Heavy Metals in Pea (*Pisum Sativum* L.) *Euphytica* 131: 25-35.
- Çepel, N. 1997. Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayın No: 14, Ankara, 3-35s.
- Espen, L., Pirovano, L., Cocucci, S.M. 1997. Effect of Ni During the Early Phases of Radish (*Raphanus sativus*) Seed Germination. *Environmental and Experimental Botany* 38: 187-197.
- Hameed, N., Siddiqui, Z.S., Ahmed, S. 2001. Effects of Copper and Lead on Germination, Accumulation and Phenolic Contents of *Spinacea oleracea* and *Lycopersicum esculentum*. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4(7): 809- 811.
- Jadia, C.D., Fulekar, M.H. 2008. Phytoremediation: The Application of Vermicompost to Remove Zinc, Cadmium, Copper, Nickel and Lead by Sunflower Plant. *Environmental Engineering and Management Journal* 7(5): 547-558.
- Jalink, H., Van Der Schoor, I.R. 2000. SeedCalcular 2.2 User's Guide. Report 10. Plant Research International, Wageningen, pp. 12
- Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş. 2002. Bitki Fizyolojisi. Uludağ Ü. Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198, Vipaş. Yayın No: 74, Livane Matbaası, Bursa, 563s.
- Li, C.X., Feng, S.L., Shao, Y., Jiang, L.N, Lu, X.Y., Hao, X.L. 2007. Effects of arsenic on seed germination and physiological activities of wheat seedlings. *Journal of Environmental Sciences* 19: 725-732.

- Lukatkin, A.S., Gracheva, N.V., Grishenkova, N.N., Dukhovskis, P.V., Brazaitite, A.A. 2007. Cytokinin-Like Growth Regulators Mitigate Toxic Action of Zinc and Nickel Ions on Maize Seedlings. *Russian Journal of Plant Physiology* 54(3): 381-387.
- Mencik, K. 2005. Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.)'in Çimlenme Aşamasında Ağır Metallere Tepkisi. KSU. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş
- Mercedes, F., Carbonell, M.V., Martinez, E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. *Environmental and Experimental Botany* 59: 68-75.
- Nable, R.O., Banuelos, G. S., Paul, J. G. 1997. Boron Toxicity. *Plant and Soil*, 193: 181-98.
- Özcan, S., Gürel, E., Babaoğlu, M. 2001. Bitki Biyoteknolojisi. S.Ü. Vakfı Yayınları, Konya, 456s.
- 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.
- Peralta, J.R., Gardea Torresdey, J.L., Tiemann, K.J., Gomez, E., Arteaga, S., Rascon, E., Parsons, J.G. 2001. Uptake and effects of five heavy metals on seed germination and plant growth in alfalfa (*Medicago sativa*) L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 66(6):727-734.
- Peralta-Videa, J.R., Rosa, G., Gonzalez, J.H., Gardea-Torresdey, J.L. 2004. Effects of The Growth Stage on The Heavy Metal Tolerance of Alfalfa Plants. *Advances in Environmental Research* 8: 679-685.
- Rai, U.N., Tripathi, R.D., Vajpayee, P. 2002. Bioaccumulation of Toxic Metals (Cr,Cd, Pb and Cu) by Seeds of *Euryale Ferox* Salisb. (Makhana). *Chemosphere* 46: 267-272.
- Rout, G.R., Samantary, S., Das, P. 2000. Effects of Chromium and Nikel on Germination and Growth in Tolerant and Non-Tolerant Populations of *Echinochloa colona*. *Chemosphere* 40: 855-859.
- Seregin, I.V., Kozhevnikova, A.D. 2005. Distribution of Cadmium, Lead, Nickel, and Strontium in Imbibing Maize Caryopses. *Russian Journal of Plant Physiology* 52 (4): 565-569.
- Shanker, K.A., Cervantes, C., Loza, H., Avudainayagam, S.T., 2005. Chromium Toxicity in Plants. *Environment International* 31: 739- 753.
- Taboada-Castro, M. M., Dieguez- Villar, A., Taboada-Castro, M.T. 2002. Effect of Soil Use and Agricultural Practices on Heavy Metal Levels in Surface Waters. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33(15-18): 2833-2849.
- Yılmaz, K., Akıncı, İ.E., Akıncı, S. 2009. Effect of lead accumulation on growth and mineral composition of eggplant seedlings (*Solanum melongena*). *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science* 37: 189-199
- Zhang, S., Jin, H., Chen, H., Chen, F., Zheng, Y., Song, W. 2005. Effect of Pb Pollution on Seed Vigor of Three Rice Cultivars. *Rice Science* 12(3): 19-202.
- Zenk, M.H. 1996. Heavy Metal Detoxification in Higher Plants. *Gene* 179: 21-30.