

Kurşunun Bazı Yazlık Sebzelerde Tohum Çimlenmesi ve Tolerans Düzeyleri Üzerine Etkisi

İrfan Ersin AKINCI*, Ülkü ÇALIŞKAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü,
Kahramanmaraş-TÜRKİYE

*Corresponding author: akinci.ie@ksu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada kurşunun (0, 100, 200, 400 ve 800 mg L⁻¹) artan dozlarının bazı önemli yazlık sebzelerin (domates, biber, patlıcan, hıyar, karpuz, bamyada, mısır, kabak, kavun ve fasulye) çimlenmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Kurşunun yazlık sebze tohumlarında G-max (çimlenme oranı), G-ind (çimlenme indeksi), T-mean (ortalama çimlenme süresi) ve T50 (yarı çimlenme süresi) G75-25 ve G90-10 uniform çimlenme süreleri üzerine etkileri türlere göre değişmiştir. Kurşunun çimlenme oranı üzerine etkisi domates, biber, fasulye ve mısırdaki 100 mg L⁻¹ Pb; bamyada 400 mg L⁻¹ Pb; hıyar ve kavunda 800 mg L⁻¹ Pb'da olumsuz olmuştur. Çimlenme indeksi domates, biber, patlıcan, hıyar, kabak, fasulye ve mısırdaki 100 mg L⁻¹ Pb; karpuz ve bamyada 400 mg L⁻¹ Pb; kavunda 800 mg L⁻¹ Pb'da azalmıştır. Yarı çimlenme süresi biber, patlıcan, kabak, fasulye ve mısırdaki 100 mg L⁻¹ Pb; karpuzda 400 mg L⁻¹ Pb; domates, hıyar ve kavunda 800 mg L⁻¹ Pb'da gecikmiştir. Ortalama çimlenme süresi biber, patlıcan, kabak, kavun, fasulye ve mısırdaki 100 mg L⁻¹ Pb; karpuzda 200 mg L⁻¹ Pb; hıyar ve bamyada 400 mg L⁻¹ Pb; domateste 800 mg L⁻¹ Pb'da uzamıştır. Bu verilere göre kavun, hıyar, domates, bamyada ve karpuz kurşuna karşı biraz daha toleran bulunduğundan görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Çimlenme, kurşun (Pb), sebze, toksisite

Effect of Lead on Seed Germination and Tolerance Levels in Some Summer Vegetables

Abstract

Increasing concentrations of lead (0, 100, 200, 400 ve 800 mg L⁻¹) on germination of some important summer vegetables (tomato, pepper, eggplant, cucumber, watermelon, okra, maize, squash, melon ve bean) was investigated. Effects of lead 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 of summer vegetable seeds was different according to species. Effect of lead was negatively on germination rate in tomato, pepper, bean and maize at 100 mg L⁻¹ Pb; in okra at 400 mg L⁻¹ Pb; in cucumber and melon at 800 mg L⁻¹ Pb. Germination index decreased in tomato, pepper, eggplant, cucumber, squash, bean and maize at 100 mg L⁻¹ Pb; in watermelon and okra at 400 mg L⁻¹ Pb; in melon at 800 mg L⁻¹ Pb. Germination half time delayed in pepper, eggplant, squash, bean and maize at 100 mg L⁻¹ Pb; in watermelon at 400 mg L⁻¹ Pb; in tomato, cucumber and melon at 800 mg L⁻¹ Pb. Mean germination time limited in pepper, eggplant, squash, melon, bean and maize at 100 mg L⁻¹ Pb; in watermelon at 200 mg L⁻¹ Pb; in cucumber and okra 400 mg L⁻¹ Pb; in tomato at 800 mg L⁻¹ Pb. According to this data, melon, cucumber, tomato, okra and watermelon was more tolerant against to lead.

Keywords: Germination, lead (Pb), vegetable, toxicity

Akinci İE, Çalışkan Ü (2010) Kurşunun Bazı Yazlık Sebzelerde Tohum Çimlenmesi ve Tolerans Düzeyleri Üzerine Etkisi. Ekoloji 19, 74, 164-172.

GİRİŞ

Son yıllarda, çevre kirliliğine neden olan ve gittikçe daha büyük boyutlarda tehlike oluşturan en önemli etmenlerin başında ağır metaller gelmektedir. Ağır metallerin (Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, Mo, Co, Cu, Zn, Cd, Cr, Fe gibi) toprak ve su kirlenmesi ile çevreye yaptığı zararlar çok önemli güncel sorunlar haline gelmiştir. 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). Bunun sonucunda da, insan açısından ekolojik döngü kavramının önemli bir uygulaması olan biyolojik birikim denilen olayla karşılaşılır. Kirletici maddelerin bir kısmı besin zincirinde birikirken, bir kısmı ise birikmez. Bazı kirleticiler besin zincirinin ilk halkalarında düşük düzeylerde bulunsalar bile, birbirini izleyen halkalarda artan yoğunluklarda bulunabilirler ki, bu olaya "biyolojik birikim" denir. Bazı metal iyonları

Geliş: 16.07.2009 / Kabul: 14.12.2009

da biyolojik olarak birikebilen maddelerdendir. Bitkiler değişik kaynaklardan toprağa bulaşmış olan ağır metalleri derişimlerine bağılı olarak biriktirme eğilimindedir (Vural 1993). Bu metallere birisi olan kurşunun da topraklarda birikiminin başlıca kaynakları mineral-organik gübreler, sanayi atıkları, pestisitler, akarsuyla sulama ve kireçleyici maddelerin kullanımı olabilmektedir. Nitekim kurşun tarımsal anlamda organik gübrelerde 6,6-15, azotlu gübrelerde 2-27, fosforlu gübrelerde 7-225, pestisitlerde 60, akarsuda 50-3000 ve kireçleyici maddelerde 20-1250 mg kg⁻¹ (kuru toprak) düzeyinde bulunmakta (Mikayilov ve Acar 1998) ve bitkilerce besin zincirine geçirilmektedir.

Çevre kirlenmesinde ve bitkisel yaşamda önemli sorunlara neden olan ağır metallere bulaşık veya bulaşması olasılığı yüksek tarım alanlarında başarılı bir şekilde üretim yapabilmek, verimli ve kaliteli ürün elde edebilmek için ağır metallere bu etkilerinden kaçınılabilecek bazı önlemlerin alınması olanak dahilindedir. Ancak bu uygulamalar çoğunlukla tek başına yeterli olmayabilir. Tarım topraklarının kirlenmesinin önüne geçmek için kombine tedbirlere ihtiyaç vardır (Mikayilov ve Acar 1998). Böyle sorunlu olan veya olabilecek alanlarda uygulanabilecek kombine yöntemlerden birisi, toleranslı bitki tür ve çeşitlerinin kullanımıdır. Her ne kadar metal biriktirme özelliği olan özel türler bulunsun da bu uygulama daha çok tarım alanı kazanmaya ve fitoremediasyon (ağır metallere kirli toprakların bitkilerle temizlenmesi) amaçlıdır. Tarım alanlarındaki çevre kirliliğinin kontrolü ve toprakların performansının en iyi şekilde değerlendirilebilmesi için, insanların beslenmesinde ve faydalanmasında kullanılan ekonomik önemi yüksek kültürel bitkilerle çalışılması faydanın katlanmasında daha etkili olabilir. Çünkü aruk metalle bulaşık alanların tarıma açılmasından çok daha önemlisi, sürekli tarım yapılarak kültür bitkilerinin yetiştirildiği tarım toprakları üzerindeki kirlilik tehdidinin bilincine varmak ve önlemleri şimdiden almak gerekmektedir.

Kurşun gibi ağır metal kirliliği artmakta olan topraklarda kirliliğinin kontrolü için bitki tür ve çeşitlerinin seçiminin yanında, en kısa sürede sonuca gidecek uygulamalar önem arz etmektedir. Strese veya toksisiteye neden olan faktörün bitkilerde gözlenmesi en fazla bilenen uygulamalardır. Nitekim, ağır metallere bitkilerdeki etkilerine değişik büyüme ve gelişme dönemlerinde rastlamakla birlikte (Uysal ve Taner 2007), bitkilerin

ilk ve hassas büyüme-gelişme dönemleri olan çimlenme ve fide aşamalarındaki etkileri çok daha önemlidir. Çünkü bu aşamalarda bitkilerin stres veya toksisite faktörlerine tepkileri daha belirgin olabilmektedir (Zenk 1996, Nable ve ark. 1997, Belimov ve ark. 2003). Strese karşı sadece çimlenme kabiliyetinin ölçülmesi de zaman zaman yetersiz kalabilmektedir. Çimlenme kabiliyeti yanında çimlenmenin ne kadar sürede gerçekleştiği ve çimlenme performansının ne derece etkilendiğinin de bilinmesi önemlidir.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda kurulan bu çalışmada, bitkilerin stres koşullarına en fazla tepkiyi verdikleri çimlenme aşamasında; bitkisel materyal olarak seçilen önemli yazlık sebze türlerinin (domates, biber, patlıcan, kavun, karpuz, hıyar, kabak, fasulye, bamya ve mısır) ağır metallere birisi olan Pb'un farklı konsantrasyonlarındaki toksik etki düzeylerinin ortaya konulması ve toksisite sınırlarının henüz çimlenme aşamasında belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece kirlenmekte olan tarım topraklarında, kültür bitkilerinin verdiği tepkiler incelenerek pratik bir yaklaşım sunulmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Denemede bitkisel materyal olarak Tablo 1'de verilen ekonomik önemi yüksek yazlık sebze türlerine ait çeşitlerin tohumları kullanılmıştır.

Tablo 1. Araştırmaya konu olan bitkisel materyal.

Sebze Türü	Latince	Familiya	Çeşit	Kaynağı
Domates	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	Solanaceae	Falcan	May Tohumculuk
Biber	<i>Capicum annuum</i> L.	Solanaceae	Serademre8	May Tohumculuk
Patlıcan	<i>Solanum melongena</i> L.	Solanaceae	Kemer	May Tohumculuk
Hıyar	<i>Cucumis sativus</i> L.	Cucurbitaceae	Armad F1	Petasced
Kabak	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitaceae	Sakr	Biotek tohumculuk
Karpuz	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Mansf.	Cucurbitaceae	Candan F1	Multi Tohumculuk
Kavun	<i>Cucumis melo</i> L.	Cucurbitaceae	Ananas	Kibçik Çiçik/Tohumculuk
Bamya	<i>Abelmoschus esculentus</i> L.	Malvaceae	Sulfani	Biotek tohumculuk
Fasulye	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Leguminosae	Strike	May Tohumculuk
Mısır	<i>Zea mays</i> L.	Gramineae	Akdeniz	Batem

Çimlenme denemelerinde, her sebze türü ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Öncelikle tohumlar, olası hastalıkların önüne geçilebilmesi için 5 dakika % 5'lik NaClO (hypo) içerisinde bekletilmiş ardından 3 defa steril saf sudan geçirilerek, dezenfekte edilmiştir. Bu işlemi, tohumların kurutma kağıdı arasında bekletilerek nemi alınması izlemiştir. Ardından sebze türlerinin sağlam ve benzer büyüklükteki tohumları, petri kaplarına yerleştirilmiştir. Tohumları yerleştirmede, kaplara konulan iki kat kağıt havlu arasında kalmaları ve birbirine temas etmemeleri esas alınmıştır. Petri kaplarına konulan tohum sayıları domates, biber, patlıcan, hıyar, karpuz, bamya ve mısır için 25 adet; kabak, kavun ve fasulye için 20 adet olmuştur.

Çalışma her petri kabı (10 cm çaplı) bir tekrerrür

olacak şekilde, üç tekerrürlü olarak "Tesadüf Parselleri Deneme Desenine" göre kurulmuştur. Deneme faktörlerini, kaplardaki sebze tohumlarına, her türün gereksinimine göre üç-dört gün aralıklarla ve toplamda iki-üç kez olacak şekilde 5 ml hacminde uygulanan Pb'nin 0, 100, 200, 400 ve 800 mg L⁻¹ konsantrasyonları oluşturmuştur. Kurşun ilaveli sıvıların pH'ları 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 radikulanın kabuktan 2 mm çıkması yeterli kriter olarak alınmıştır.

Denemede tüm sebze türlerine ait tohumların çimlenmesi üzerine kurşunun etkilerinin belirlenmesinde; Al-Maskri ve ark. (2004), Li ve ark. (2007) ve Mercedes ve ark. (2007) tarafından kullanılan aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır.

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

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

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

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

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

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

Çalışmada elde edilen verilere F testi ile varyans analizi uygulanmış; ortalamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında LSD testi kullanılmıştır. İstatistik analizlerde COSTAT bilgisayar paket programından yararlanılmıştır.

BULGULAR

Domates

Denemede kurşun dozlarının domates tohumlarında çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi üzerine etkileri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2'deki veriler incelendiğinde domates tohumlarındaki çimlenme oranı, değeri en yüksek kontrol uygulamasında görülmüştür. Bunu aynı grupta yer alan diğer uygulamalar izlemiş; kurşun

Tablo 2. Farklı kurşun (Pb) dozlarının domates tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	99 (86)	34.84	3.05	3.00	0.67	1.67
100	93 (76)	33.43	3.01	3.00	1.00	2.00
200	92 (74)	28.74	3.49	3.00	0.67	2.67
400	88 (70)	26.65	3.57	3.33	1.00	2.67
800	73 (60)	18.19	4.27	4.00	1.33	2.67
P	0.01	0.001	0.01	0.01	öd	öd
LSD _{0.05}	9.75	5.58	0.52	0.49		

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üni-formluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, açılı dönüşüm değerleridir.

dozlarının artması ile düşüşler meydana gelmiştir. En düşük çimlenme oranı değeri 800 mg L⁻¹ kurşun dozunda belirlenmiştir. Çimlenme indeksi değerlerinde de en başarılı uygulama kontrol olmuş bunun ardından 100 mg L⁻¹ kurşun dozu gelmiştir. Çimlenme indeksi değerlerinde kurşun dozlarının artışına paralel olarak gerilemeler kaydedilmiş; en düşük değer 800 mg L⁻¹ Pb dozunda saptanmıştır. Çimlenme süreleri özelliklerinden T50, tüm dozlarda kontrolden farklılık göstermemiş; ancak 800 mg L⁻¹ kurşun dozunda oldukça gecikmiştir. Ortalama çimlenme süresi sürelerine bakıldığında tohumların en kısa 100 mg L⁻¹ dozunda çimlendiği görülebilmektedir. Bunu aynı grubun birer üyesi olan kontrol ve 200 mg L⁻¹ Pb dozu takip etmiştir. G75-25 ve G90-10 üniformluk indeks değerleri, kurşundan etkilenmemiştir.

Biber

Kurşun ile muamele edilen biber tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi üzerine etkisine ilişkin verilere Tablo 3'te ulaşılabilmektedir.

Tablo 3'teki veriler incelendiğinde artan miktarlarda kurşun dozlarının biberde çimlenme oranı üzerine p<0,05 düzeyinde ve çimlenme indeksi üzerine p<0,001 düzeyinde önemli etki yapmıştır. En yüksek çimlenme oranı, kontrol uygulamasında bulunmuştur. Kurşunun artan dozlarında çimlenme oranı değerleri kademeli olarak düşmüş; 800 mg L⁻¹ kurşunda en düşük orana gerilemiştir. En yüksek çimlenme indeksi değerlerine kontrol uygulamasında ulaşılmış, aynı gruptaki 100 mg L⁻¹ ile 400 mg L⁻¹ dozlarında azalmış ve 800 mg L⁻¹ Pb dozunda en düşük düzeye gerilemiştir. T50'nin en kısa kontrolde olduğunu bunu gittikçe artan gecikme değerleriyle artan kurşun dozlarının izlediği saptanmıştır. En uzun

T50 süresi 800 mg L⁻¹ Pb dozundan alınmıştır. Araştırmada biber tohumlarının en erken çimlenmeyi kontrol uygulamasında gerçekleştirdiği; bunun ardından 200 ve 100 mg L⁻¹ dozlarının geldiği anlaşılmıştır. En uzun çimlenen tohumların ise 800 mg L⁻¹ Pb uygulamasında olduğu ortaya çıkarılmıştır. G75-25 ve G90-10 üniformluk indeks değerleri, istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır

Patlıcan

Patlıcan tohumlarına uygulanan farklı düzeylerde kurşun dozlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi, yarı çimlenme süresi, ortalama çimlenme süresi, G75-25 üniformluk indeks ve G90-10 üniformluk indeks özellikleri üzerine etkileri Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4'te elde edilen gözlemlere bakıldığında kurşunun çimlenme oranı üzerine etkisi önemsiz bulunmuş; çimlenme indeksinde ise sırasıyla 27,58 ve 19,97'lik değerlerle kontrol ve 100 mg L⁻¹ dozu en başarılı uygulamalar olmuştur. En düşük çimlenme indeksi değeri 12,58 ile 800 mg L⁻¹ dozundan alınırken; 200 ve 400 mg L⁻¹ dozları tek başlarına orta sıralardaki grupları oluşturmuşlardır. Kurşun ile yürütülen deneme sonuçlarına göre patlıcan tohumlarının en kısa T50 sürelerine kontrolde ulaşılmış, artan kurşun dozlarının olumsuz etkide bulunduğu saptanmıştır. Buna göre T50; 100 mg L⁻¹ dozu ile aynı gruptaki 200 ve 400 mg L⁻¹ dozunda düşmüş, bu düşüş 800 mg L⁻¹ Pb'de şiddetlenmiştir. Ortalama çimlenme süresi değerlerinde ise kontrolde en kısa süreye ulaşılmış; bunu sırasıyla 100 ve 200 mg L⁻¹ dozları izlemiştir. En uzun ortalama çimlenme süreleri ile sırasıyla 800 ve 400 mg L⁻¹ dozlarında karşılaşılmıştır. G75-25 ve G90-10 üniformluk indeks değerlerinde, kontrol ve uygulanan diğer dozlar arasında istatistiksel bir fark belirlenmemiştir.

Hıyar

Hıyar tohumlarına uygulanan farklı kurşun dozlarının, çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresine etkileri Tablo 5'de görülebilmektedir.

Tablo 5'den elde edilen verilere bakıldığında; kurşun dozlarının hıyarda çimlenme oranı üzerine etkisi p<0,01 düzeyinde ve çimlenme indeksi üzerinde p<0,001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çimlenme oranının sadece tek başına farklı bir istatistiki grubu oluşturan 800 mg L⁻¹ dozundan etkilendiği belirlenmiştir. Çimlenme indeksi ise; her bir uygulama farklı bir grubu oluşturarak ve dozlardaki artışa paralel olarak olumsuz etkilenmiş-

Tablo 3. Farklı kurşun (Pb) dozlarının biber tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	99 (86)	21.88	4.67	4.85	1.67	3.67
100	95 (79)	18.72	5.67	5.47	2.33	4.33
200	89 (72)	19.00	5.00	5.25	2.33	4.67
400	85 (68)	17.37	5.33	5.46	2.33	4.67
800	72 (58)	11.85	6.00	6.63	3.00	5.33
P	0.05	0.001	0.05	0.001	öd	öd
LSD _{0.05}	14.29	1.86	0.81	0.45		

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üniformluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, açılı dönüşüm değerleridir.

Tablo 4. Farklı kurşun (Pb) dozlarının patlıcan tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	97 (82)	27.58	4.00	4.00	2.00	4.00
100	92 (77)	19.97	4.67	5.07	2.33	4.33
200	88 (71)	16.54	5.67	5.81	2.00	4.33
400	83 (66)	14.98	5.67	5.95	2.00	4.33
800	75 (61)	12.58	6.33	6.54	2.67	4.67
P	öd	0.001	0.05	0.001	öd	öd
LSD _{0.05}		4.26	1.35	0.81		

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üniformluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, açılı dönüşüm değerleridir.

Tablo 5. Farklı kurşun (Pb) dozlarının hıyar tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	96 (78)	70.44	1.67	1.60	1.00	1.00
100	97 (82)	60.89	2.00	1.77	0.67	1.00
200	96 (81)	58.56	2.00	1.82	0.33	1.00
400	93 (75)	51.15	2.00	2.62	1.67	4.33
800	73 (59)	28.24	3.00	3.67	2.33	4.67
P	0.01	0.001	0.01	0.001	0.01	0.01
LSD _{0.05}	10.36	6.09	0.49	0.34	0.81	1.70

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üniformluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, açılı dönüşüm değerleridir.

tir. En yüksek çimlenme indeksi kontrolde iken en düşük çimlenme indeksi 800 mg L⁻¹ dozunda saptanmış; diğer uygulamalar orta sıralarda yer bulmuşlardır. Kurşun dozlarının hıyarda T50 üzerine etkisi kontrole göre olumsuz bulunmuş; T50, kontrol dışında yer alan ve aynı grubun birer üyesi olan tüm kurşun dozlarında gecikmiştir. Ortalama çimlenme süresi ise kontrol ile aynı gruptaki düşük Pb dozlarından etkilenmemiş; doz 400 mg L⁻¹'ye çıkarılınca gecikmiş ve 800 mg L⁻¹

dozunda en uzun sürede gerçekleşmiştir. En kısa G75-25 üniformluk indeks değerleri 200 ve 100 mg L⁻¹ dozlarında saptanmış; Bunu sırasıyla kontrol ve 400 mg L⁻¹ dozu izlemiştir. En uzun sürelerin ise 800 mg L⁻¹ dozunda olduğu ortaya çıkmıştır. G90-10 üniformluk indeks değerlerinde ise kontrolle aynı gruptaki 100 ve 200 mg L⁻¹ Pb'de bir fark bulunamamış; doz 400 ve 800 mg L⁻¹'ye çıkarılınca olumsuz etki saptanmıştır.

Kabak

Denemede kabak tohumları üzerine farklı dozlarda kurşunun, çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresine etkileri ile ilgili bulgular Tablo 6'da rapor edilmiştir.

Tablo 6'dan elde edilen verilere bakıldığında; istatistiksel analizlere göre çimlenme oranının önemsiz ve çimlenme indeksi, p<0,05 düzeyinde önemli olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek çimlenme indeksi değerlerine kontrol ve 100 mg L⁻¹ dozunda ulaşılmıştır. Bunu 200 mg L⁻¹ dozu ile aynı grupta yer almasının yanında en düşük değerleri veren 400 ve 800 mg L⁻¹ dozları izlemiştir. Kontrolle karşılaştırıldığında kurşunun T50 üzerine etkisi 100, 200 ve 400 mg L⁻¹ dozlarından başlayarak olumsuz olmuş; 800 mg L⁻¹ dozunda en üst düzeyde bulunmuştur. En kısa ortalama çimlenme süresi kontrolde bulurken bunu 200 ve 100 mg L⁻¹ dozları izlemiştir. En uzun ortalama çimlenme süresi ise sırasıyla 3,32 ve 3,53 gün ile 400 ve 800 mg L⁻¹ kurşun dozlarında saptanmıştır. G75-25 üniformluk indeks değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmazken, G90-10 üniformluk indeks değerleri, en erken kontrol ve 100 mg L⁻¹ dozunda gerçekleşmiştir. En geç G90-10 üniformluk indeks değerleri veren uygulama ise 800 mg L⁻¹ kurşun dozu olmuştur.

Karpuz

Tablo 7'de karpuz tohumlarının, farklı dozlarda kurşun uygulamalarına çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi ile ilgili tepkilerinin özet sonuçları yer almaktadır.

Tablo 7'ye göre, kurşun dozlarının çimlenme oranı üzerine her hangi bir etkisinin olmadığı görülebilmektedir. Çimlenme indeksi ise kontrolle aynı gruptaki 100 ve 200 mg L⁻¹ Pb'den etkilenmemiş ancak 400 ve 800 mg L⁻¹ Pb dozlarında düşmüştür. Çimlenme sürelerinden T50 değerleri en kısa kontrol, 100 ve 200 mg L⁻¹ Pb uygulamalarında 2,00 gün ile gerçekleşmiştir. T50; Pb'nin 400 mg L⁻¹'ye çıkartılmasıyla 3,00 güne ve 800 mg L⁻¹'ye

Tablo 6. Farklı kurşun (Pb) dozlarının kabak tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	87 (73)	37.78	2.00	2.41	0.67	1.00
100	82 (65)	32.45	2.33	2.92	1.00	1.33
200	75 (60)	28.60	2.67	2.90	1.00	2.00
400	68 (56)	24.03	2.67	3.32	1.67	3.67
800	65 (54)	22.41	3.00	3.53	2.00	4.33
P	öd	0.01	0.05	0.05	öd	0.05
LSD _{0.05}		6.60	0.69	0.66		2.09

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üniformluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, açılı dönüşüm değerleridir.

Tablo 7. Farklı kurşun (Pb) dozlarının karpuz tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	93 (76)	40.20	2.00	2.59	0.67	2.33
100	93 (78)	41.69	2.00	2.56	0.33	2.33
200	91 (76)	37.38	2.00	3.00	0.67	3.00
400	83 (65)	25.40	3.00	3.77	1.33	4.33
800	75 (60)	21.24	3.67	4.37	2.33	5.67
P	öd	0.05	0.001	0.01	0.05	öd
LSD _{0.05}		6.79	0.49	0.83	1.26	

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üniformluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, açılı dönüşüm değerleridir.

çıkartılmasıyla 3,67 güne uzamıştır. Ortalama çimlenme süresinde en kısa süre 2,56 ve 2,59 gün ile sırasıyla 100 mg L⁻¹ Pb dozu ve kontrolde saptanmıştır. Bunu 3,00, 3,77 ve 4,37 gün gibi gecikmeli sürelerle sırasıyla 200, 400 ve 800 mg L⁻¹ Pb dozları takip etmiştir. G75-25 üniformluk indeks değerleri üzerine 100 ve 200 mg L⁻¹ Pb dozlarının etkisi kontrolden farklı bulunamaz iken sırasıyla 400 mg L⁻¹ Pb'de 1,33 güne ve 800 mg L⁻¹ Pb'de 2,33 güne gerilemiştir. G90-10 üniformluk indeks değerleri üzerine kurşun uygulamalarının etkisinin olmadığı görülmüştür.

Kavun

Kavun tohumlarına farklı dozlarda kurşun uygulanmasının; çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 8'deki verilere bakıldığında; çimlenme oranı ve çimlenme indeksi özelliklerinin kurşunun 800 mg L⁻¹ dozundan olumsuz etkilendiği; ne var ki diğer tüm kurşun dozlarının etkisinin kontrolden farklı olmadığı ortaya konmuştur. Kavun tohumlarında artan kurşun konsantrasyonlarının etkisi

T50'de kontrol ile aynı grupta yer alan 100-400 mg L⁻¹ Pb benzer iken; 800 mg L⁻¹ dozunda daha uzun sürede olmuştur. Ortalama çimlenme süresi değerlerinin artan kurşun dozlarından etkilenmesi ise 100 ve 200 mg L⁻¹ dozları ile başlamaktadır. Ortalama çimlenme süresi sırasıyla 400 ve 800 mg L⁻¹ dozlarında daha belirgindir. G75-25 üniformluk indeks değerleri kurşunun artırılan dozlarından etkilenmemiştir. En kısa G90-10 üniformluk indeks değerleri kontrolde bulunmuş bunu sırasıyla 100 mg L⁻¹ dozu ve aralarında bir fark saptanamayan 200 ve 400 mg L⁻¹ izlemiş; en geç çimlenmelerin ise 800 mg L⁻¹ kurşun dozunda olduğu gözlenmiştir.

Bamya

Elde edilen verilere göre bamya tohumlarının çimlenme oranı ve indeksi üzerine kurşun dozlarının etkisi istatistikî olarak p<0,001 düzeyinde, ortalama çimlenme süresinde ise p<0,05 düzeyinde önemli bulunur iken, yarı çimlenme süresi ve üniformluk indeks değerleri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 9).

Tablo 9'a göre bamya tohumlarının en yüksek çimlenme oranı kontrol ve onunla aynı grubu paylaşan 100 ve 200 mg L⁻¹ dozlarından elde edilirken; en düşük değerler sırasıyla 800 ve 400 mg L⁻¹ Pb dozlarından alınmıştır Kurşun dozlarındaki artışın çimlenme indeksine etkisi, kontrolle aralarında istatistikî bir fark bulunamayan 100 ve 200 mg L⁻¹ kurşun uygulamasında belirlenemez iken 400 ve 800 mg L⁻¹ dozları olumsuz etkide bulunmuştur. Kurşun dozlarının bamya tohumları üzerine etkisi, T50 ve üniformluk indeks değerlerinde önemsiz olduğu izlenebilmektedir. Ortalama çimlenme süresi süresinde ise en kısa sürede çimlenmelerin kontrol ile birlikte aynı grubun üyeleri olan 100 ve 200 mg L⁻¹ dozlarında meydana geldiği saptanmıştır. En uzun çimlenen tohumların ise 400 ve 800 mg L⁻¹ kurşun uygulamaları olduğu anlaşılmıştır.

Fasulye

Farklı dozda kurşun uygulanmalarının fasulye tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkileri Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10'daki verilere göre; en yüksek çimlenme oranı, kontrol uygulamasında görülmektedir. Kurşun dozlarındaki artışa bağlı olarak çimlenme oranı değerleri düşmüş, bu özellik tüm kurşun uygulamalarından olumsuz etkilenmiştir. Çimlenme indeksi değerlerinde dozların artması ile gerilemelerin olduğu görülmektedir. Kontrolde

Tablo 8. Farklı kurşun (Pb) dozlarının kavun tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	82 (69)	32.92	2.67	3.04	1.67	3.33
100	77 (61)	27.18	3.00	3.52	2.00	4.33
200	72 (58)	24.85	3.00	3.97	3.67	5.67
400	67 (55)	26.30	3.00	3.87	3.67	6.33
800	28 (32)	6.31	6.00	6.28	4.00	7.33
P	0.05	0.01	0.001	0.001	öd	0.05
LSD _{0.05}	19.61	10.53	0.49	0.87		2.20

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üniformluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, açığa dönüşüm değerleridir.

Tablo 9. Farklı kurşun (Pb) dozlarının bamya tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	100 (90)	44.93	2.00	2.33	0.67	1.00
100	100 (90)	45.04	2.00	2.35	0.67	1.33
200	97 (85)	42.42	2.00	2.46	1.00	1.67
400	79 (63)	29.67	2.67	2.88	1.00	2.00
800	63 (53)	23.58	2.33	2.89	1.33	2.33
P	0.001	0.001	öd	0.05	öd	öd
LSD _{0.05}	11.23	5.06		0.38		

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üniformluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, açığa dönüşüm değerleridir.

Tablo 10. Farklı kurşun (Pb) dozlarının fasulye tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	91 (73)	35.82	2.67	2.70	1.00	1.67
100	81 (64)	28.11	3.67	3.18	1.67	2.00
200	80 (63)	28.84	3.00	3.12	1.67	2.33
400	76 (61)	23.44	3.67	3.58	1.33	3.00
800	75 (60)	21.61	4.33	4.19	2.00	3.67
P	0.05	0.01	0.05	0.05	öd	0.05
LSD _{0.05}	8.67	6.10	1.06	0.78		1.56

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üniformluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, açığa dönüşüm değerleridir.

35,82 olan çimlenme indeksi değeri; kurşunun 200 ve 100 mg L⁻¹ dozlarında 28,84 ve 28,11'e, 400 mg L⁻¹ Pb dozunda 23,44'e ve nihayet 800 mg L⁻¹ Pb'da 21,61'e kadar düşmüştür. Kurşun dozlarının fasulye tohumlarında T50 üzerine etkisi, en düşük çimlenme oranının alındığı kontrol ve 200 mg L⁻¹ dozunda benzer bulunmuştur. Bu dozları sırasıyla 100 mg L⁻¹ ile 400 mg L⁻¹ dozu izlemiş, en uzun sürenin ise 800 mg L⁻¹ de olduğu belirlenmiştir.

Ortalama çimlenme süresi değerlerinde en kısa süre kontrol uygulamasında bulunmuş bunu 100 ve 200 mg L⁻¹ dozları izlemiştir. Özellik en fazla 800 mg L⁻¹ dozundan etkilenirken, 400 mg L⁻¹ dozu bundan hemen önce gelmiştir. G75-25 üniformluk indeks değerleri istatistiksel olarak önem arz etmemiştir. En kısa G90-10 üniformluk indeks değerlerine ise kontrol ve 100 mg L⁻¹ dozunda ulaşılmış; bunu aynı gruptaki 200 ve 400 mg L⁻¹ dozları takip etmiştir. En uzun G90-10 üniformluk indeks süreleri 800 mg L⁻¹'de saptanmıştır.

Mısır

Tablo 11'de mısır tohumları üzerine kurşun uygulamalarının; çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkileri görülebilmektedir.

Tablo 11'de farklı kurşun dozlarının mısır tohumlarına uygulanması sonucu yapılan sayımlardan elde edilen verilere göre; en fazla tohum çimlenme oranı ve çimlenme indeksi değerlerinin kontrol uygulamasında olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla 100 mg L⁻¹ dozu ile aynı gruptaki 200 ve 400 mg L⁻¹ dozları takip etmiş; en düşük değerler ise 800 mg L⁻¹ dozunda bulunmuştur. Mısır tohumlarının farklı kurşun dozları ile muamele edilmesi sonucunda en kısa T50 sürelerinin, kontrol uygulamasında olduğu saptanmıştır. Bunu 100 ve 200 mg L⁻¹ dozları takip etmiş en uzun sürelere ise 400 ve 800 mg L⁻¹ dozlarında ulaşılmıştır. Ortalama çimlenme süresinde en başarılı uygulama kontrol olmuş bunu gittikçe geciken çimlenme süreleriyle 100, 200 ve 400 mg L⁻¹ dozları izlemiş ve en uzun çimlenmenin 800 mg L⁻¹ doz uygulamasında olduğu saptanmıştır. Kurşun uygulamalarının G75-25 üniformluk indeks değerlerini etkilemediği anlaşılmıştır. G90-10 üniformluk indeks süresinde aynı gruptaki kontrol

Tablo 11. Farklı kurşun (Pb) dozlarının mısır tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve çimlenme süresi özellikleri üzerine etkisi.

Kurşun (mg L ⁻¹)	G-max	G-ind	Çimlenme Süresi Özellikleri			
			T-mean	T50	G75-25	G90-10
0	91 (73)	40.93	2.00	2.33	0.67	1.00
100	83 (65)	33.64	2.67	2.61	1.00	1.00
200	65 (54)	25.91	2.67	2.73	1.00	1.67
400	63 (52)	22.58	3.00	3.01	1.33	2.00
800	39 (38)	11.37	3.67	3.79	1.67	3.33
P	0.001	0.001	0.05	0.001	sd	0.01
LSD _{0.05}	6.76	3.61	0.84	0.37		0.97

G-max: Çimlenme Oranı; G-ind: Çimlenme İndeksi; T-mean: Ortalama Çimlenme Süresi; G75-25 ve G90-10: Çimlenme 75-15 ve 90-10 Üniformluk İndeksi. Parantez içindeki rakamlar, aç dönüşüm değerleridir.

ve 100-400 mg L⁻¹ arasındaki dozlarda, uygulamalar arasında her hangi bir fark bulunamaz iken, 800 mg L⁻¹ doz uygulamasının etkisi olumsuz olmuştur.

TARTIŞMA

Kurşun konsantrasyonlarındaki artış ile çimlenme oranı domates, biber, fasulye ve mısırdaki 100 mg L⁻¹; bamyada 400 mg L⁻¹; hıyar ve kavunda 800 mg L⁻¹ dozlarından itibaren olumsuz etkilenirken, kurşun patlıcan, kabak ve karpuzda çimlenme oranı üzerine olumsuz etkide bulunmadığı görülmüştür. Çimlenme indeksi domates, biber, patlıcan, hıyar, kabak, fasulye ve mısırdaki 100 mg L⁻¹; karpuz ve bamyada 400 mg L⁻¹; kavunda 800 mg L⁻¹ kurşun dozlarından sonra önemli kayıplara uğramıştır. Yarı çimlenme süresi kurşundan biber, patlıcan, kabak, fasulye ve mısırdaki 100 mg L⁻¹; karpuzda 400 mg L⁻¹; domates, hıyar ve kavunda 800 mg L⁻¹ dozlarından itibaren gecikmeye uğramış, bamyada bir etki kaydedilememiştir. Ortalama çimlenme süresi de kurşunun biber, patlıcan, kabak, kavun, fasulye ve mısırdaki 100 mg L⁻¹; karpuzda 200 mg L⁻¹; hıyar ve bamyada 400 mg L⁻¹; domateste 800 mg L⁻¹ dozlarından başlayarak daha geç sürelerde gerçekleşmiştir.

Çalışmada kullanılan sebze türlerinin tohumlarındaki çimlenme performansları üzerine Pb'un artırılmış dozlarının engelleyici etkileri ve kullanılan dozların düzeyleri, daha önce rapor edilmiş araştırma bulguları ile destek görmektedir. Kurşunun 10, 50, 100 ve 150 ppm dozları domates ve ıspanakta önemli çimlenme kayıplarına yol açmıştır (Hameed ve ark. 2001). Ortamda tolerans sınırlarının üzerinde bu elementin bulunması kontrole göre çimlenme oranının *Albizia lebeck*'te 500 ppm ve *Leucaena leucocephala*'da 700 ppm'de azaldığı rapor edilmektedir (Iqbal ve Shazia 2004). Artan dozlarda kurşun ile yapılan çimlenme oranı ve çimlenme hızı denemelerinde, domatesin bu özelliklerinin büyük oranlarda sekteye uğradığı bildirilmektedir (Jaja ve Odoemena, 2004). Kurşunun 100 mM ve özellikle 150 ve 200 mM'den yüksek dozları *Arabidopsis thaliana*'da çimlenme yüzdesi üzerine oldukça yüksek düzeylerde geriletici etki yapmıştır (Weiqiang ve ark. 2005). Kurşunun artırılan dozlarının çeltikte (Mishra ve Choudhuri 1998), hıyar ve buğdayda (Munzuroğlu ve Geckil 2002) da çimlenmeyi geriletmediği rapor edilmektedir. Pirişte teste alınan üç çeşitte kurşunun 100, 300, 500 ve 700 mg L⁻¹ dozlarına gidildikçe çimlenme oranının iki çeşitte ve çimlenme indeksinin bir çeşitte azaldığı kaydedilmiştir

(Zhang ve ark. 2005).

Çalışmamızda ele alınan sebze türlerinin çimlenme ve çimlenme sürelerinin artırılan kurşun dozlarına tepkileri farklılıklar göstermiştir. Çünkü sebze türlerinin kurşunu tohum kabuklarıncı absorbe etmesi, bu absorpsiyonun tohum kabuğundaki zararı, tohum kabuğunu geçen kurşunun tohum içi dinamikleri bozması ve embriyo gibi organlara toksisitesi ile zarar vermesi gibi farklı fizyolojik etkilerin olduğu ve toleranslılıklarının değiştiği tahmin edilmektedir. Öyle ki bu bulgular, kurşunun çimlenme ve çimlenme süresi üzerindeki fizyolojik etkisini 12 familyaya ait 25 türde kapsamlı olarak inceleyen bir çalışma ile destek görmektedir. Çalışmada her türün artırılan (100, 1000 ve 10000 mg L⁻¹) kurşuna tepkileri farklı bulunmuş; çimlenme oranından daha çok çimlenme süresi, türlerin çoğunda olumsuz etkilenmiştir. Türlerin bir çoğunun Pb iyonuna karşı geçirimi olan tohum kabuklarına sahip olduğu, kurşun geçirgen özelliği olan tohum kabuklarına sahip bu türlerde artan dozlara bağlı olarak tohumların çimlenme yeteneğinin kısmen azaldığı ve çimlenmenin geciktiği belirlenmiştir. Tohumlarının geçirgenliği daha dirençli olan bir çok türde ise kurşunun etkisinin ortamdaki yoğunluğuna, etki süresine ve penetrasyon direncine bağlı olarak çok yüksek dozlar gerektirdiği saptanmıştır. Bunda türlere göre değişimle birlikte kurşunun imbibisyon aşamasının farklı dönemlerindeki etkisi rol oynamıştır. Tohum kabukları imbibisyon aşamasının ilk periyodunda suyu fazlaca geçirirken kurşuna geçirimsiz olabilmekte, daha sonra su alımı azalırken kurşun alımı ise artmaktadır. Kurşun imbibisyonun son aşamasında ise embriyoya ulaşmakta böylece çimlenmeyi geçikirebilmektedir. Buna göre kurşunun tohum kabuğuna sızma ve zarar verme düzeyinin, tohum kabuğunu aşip tohum içine girme süresi ve miktarının, tohum içinde başta embriyo olmak üzere tüm dokulara toksik olmasının büyük rolü bulunmaktadır (Wierzbicka ve Obidzinska 1998).

Nitekim toprak altında tohumlar, kurşun gibi ağır metallerin ilk hedeflerindedir ve bu nedenle çimlenme, ağır metallere dayanıklı bir aşama gibi algılanır. Çünkü tohum çimlenmesinde, tohum kabuğunun metal iyonlarına geçirimsizliğinden dolayı, ağır metallere karşı toleranslık söz konusudur. Ancak tohum kabuğunun tüm metaller için genel bir bariyer olup olmadığı açık değildir. Ek olarak, tohum kabukları sahip olduğu fiziksel-

kimyasal özellikleriyle ve absorbe edilen farklı metallerin dağılımındaki değişimi nedeniyle, tohum çimlenmesi üzerine farklı etkiler üretirler. Metallerin, tohum kabuğuna çok düşük düzeylerde sızması ilk etkidir. Ağır metaller tohum kabuğunu aşınca embriyoya girer ve bu aşamada kökçük uzaması aşamasına kıyasla daha toksik olurlar. Çünkü metallerin doku içerisine girdikten sonra dağılım gösterdikleri veya biriktikleri bölgeler değişir. Ağır metallerin bitki hücresi ve dokularında dağılımı ortamdaki konsantrasyonlarına, etki sürelerine, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre değişir. Bitki hücreleri tarafından metalik elementlerin alınımı, özellikle de köklerdeki alımın bitkilerin mikro element olarak çeşitli ağır metallere ihtiyaç duymalarından ötürü, bu elementlerin taşınması ve birikmesi için uygun mekanizmalarla kolaylaştırılır. Ağır metallerin engelleyici etkisi ise iyon toksisitesi, osmotik etki ve oksin yıkımın bir sonucu olarak bitki büyüme düzenleyicilerinin miktarlarındaki azalma şeklinde ortaya çıkar (Hameed ve ark. 2001, Özcan ve ark. 2001, Seregin ve Kozhevnikova 2005).

Denemedeki verilere ve önceki araştırma sonuçlarına göre; kurşunun artırılan dozlarının çimlenme oranı ve süresi değerlerini olumsuz etkilediği, kayıplara yol açtığı ortaya konmuştur. Bu engellemeye ağır metallerin, bitki tohumlarında çimlenme öncesi kabuk, çimlenme sırasında tohum içi dokular ve çimlenme sonrası özellikle radikulada büyüme-gelişme ile ilgili fizyolojik ve biyokimyasal olaylar üzerine etkilerinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Denemeye konu olan sebze türlerinin kurşuna tepkilerinin ve tolerans sınırlarının değiştiği; bunda kurşunun türlere göre değişen tohum kabuğu direnci ve geçirgenlik mekanizmalarının rol oynadığı söylenebilir. Buna göre kurşun ile bulaşık veya bulaşması söz konusu olabilecek alanlardaki tarımsal üretimlerde, kültür bitkilerinin kullanılması durumunda çimlenme aşamasının belirleyici bir aşama olabileceği anlaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmayı destekleyen Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Al-Maskri AY, Khan MM, Iqbal MJ, 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 AA, Safronova VI, Tsyganov VE, Borisov AY, Kozhemyakov AP, Stepanok VV, Martenson AM, Pearson VG, Tikhonovich IA (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.
- Hameed N, Siddiqui ZS, Ahmed S (2001) Effects of copper and lead on germination, accumulation and phenolic contents of *Spinacea oleracea* and *Lycopersicum esculentum*. *Pakistan Journal of Biological Science* 4, 7, 809-811.
- Iqbal ZM, Shazia Y (2004) Differential tolerance of *Albizia lebbek* and *Leucaena leucocephala* at toxic levels of lead and cadmium. *Polish Journal of Environmental Studies* 13, 4, 439-442.
- Jaja ET, Odoemena CSI (2004) Effect of Pb, Cu and Fe compounds on the germination and early seedling growth of tomato varieties. *Journal of Applied Science and Environmental Management* 8, 2, 51-53.
- Li CX, Feng SL, Shao Y, Jiang LN, Lu XY, Hao XL (2007) Effects of arsenic on seed germination and physiological activities of wheat seedlings. *Journal of Environmental Sciences* 19, 725-732.
- Mercedes F, Carbonell MV, Martinez E (2007) Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. *Environmental and Experimental Botany* 59, 68-75.
- Mikayilov FD, Acar B (1998) Toprak ekosistemlerinde kirleticilerin taşınım mekanizmasının incelenmesi ve modellenmesi. *Ekoloji* 7, 28, 20-23.
- Mishra A, Choudhri MA (1998) Amelioration of lead and mercury effects on germination and rice seedling growth by antioxidants. *Biologia Plantarum* 41, 3, 469-473.
- Munzuroglu O, Geckil H (2002) Effects of metals on seed germination, root elongation, and coleoptile and hypocotyl growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 43, 2, 203-213.
- Nable RO, Banuelos GS, Paul JG (1997) Boron toxicity. *Plant and Soil* 193, 181-198.
- Özcan S, Gürel E, Babaoğlu M (2001) Bitki Biyoteknolojisi. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya.
- Rai UN, Tripathi RD, Vajpayee P (2002) Bioaccumulation of toxic metals (Cr, Cd, Pb and Cu) by seeds of Euryale *Ferox Salisb.* (Makhana). *Chemosphere* 46, 267-272.
- Seregin IV, Kozhevnikova AD (2005) Distribution of cadmium, lead, nickel, and strontium in imbibing maize caryopses. *Russian Journal of Plant Physiology* 52, 4, 565-569.
- Shanker KA, Cervantes C, Loza H, Avudainayagam ST (2005) Chromium toxicity in plants. *Environment International* 31, 739-753.
- Uysal Y, Taner F (2007) The Effect of Cadmium Ions on the Growth Rate of the Freshwater Macrophyte Duckweed *Lemna minor*. *Ekoloji* 16, 62, 9-15.
- Vural H (1993) Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Ekoloji* 2, 8, 3-8.
- Weiqiang L, Mohammad AK, Shinjiro Y, Yuji K (2005) Effects of heavy metals on seed germination and early seedling growth of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Growth Regulation* 46, 45-50.
- Wierzbicka M, Obidzinska J (1998) The effect of lead on seed imbibition and germination in different plant species. *Plant Science* 137, 155-171.
- 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, 197-202.
- Zenk MH (1996) Heavy metal detoxification in higher plants. *Gene* 179, 21-30.