

Besin Çözeltisine Artan Seviyelerde Uygulanan Cd ve Pb İyonlarına Farklı Domates Çeşitlerinin Tepkisinin Belirlenmesi

Esra AKSU Nesrin YILDIZ

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 25240 Erzurum (nyildiz@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 06.07.2007

ÖZET : Bu çalışmada besin çözeltisinde 8 hafta süreyle yetiştirilen iki farklı domates çeşidinin (Rio Grande ve Inuictus Lot. 335) kuru madde üretimi ve mineral element içeriği üzerine farklı seviyelerdeki Cd ve Pb metallere etkisi incelenmiştir. Toprak+kum karışımında çimlenip, 3-4 yaprak aşamasına gelen fideler besin çözeltisine aktarılmış ve 0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50 ve 100 mg/kg Pb; 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 5, 10 ve 20 mg/kg Cd tüm seviyeler için 2 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Çiçeklenme başlangıcında (8. hafta) hasat edilen bitkilerin kuru madde miktarları ve besin içerikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, yapılan varyans analizlerine göre artan Cd ve Pb konsantrasyonlarının her iki çeşitte de kuru madde üretimi üzerine etkisi $p < 0.001$ olasılık düzeyinde önemli olmuştur. Artan Cd düzeyleri her iki çeşitte de bitkide Cd alımını artırırken, P, Ca, K, Mg ve Fe alımını azaltmıştır. Artan Pb düzeyleri yine her iki çeşitte Pb alımını artırmış, P, Ca, Zn ve Mn alımını azaltmıştır. Kadmiyum uygulamasındaki artışa, kuru madde üretimi açısından Rio grande çeşidi daha toleranslı olurken Pb uygulamasına tolerans açısından, çeşitler arasında önemli bir ayrıcalık belirlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, domates, kadmiyum, kurşun, tolerans.

Determining the Response of Different Tomato Cultivars to Cd and Pb Ions Applied to Nutrient Solutions at Increasing Levels

ABSTRACT : This research was conducted to investigate effects of increasing Cd and Pb concentrations (Cd: 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 5, 10, 20 mg/l; Pb: 0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 mg/l) on dry matter weight and mineral contents of different tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum*, *L. inuictus* lot 335 and rio grande) grown in nutrient culture for an 8 weeks period. The test plants were harvested just before flowering. The results of this study showed that increasing Cd and Pb application had significant ($p < 0.001$) effect on dry matter weight of both tomato cultivars. In general, the vegetative growth was better when plants were grown in solution no containing both Cd and Pb. With increasing Cd in nutrient solution, plant total Cd uptake increased but P, Ca, Mg, K and Fe uptake decreased, in two cultivars. With increasing Pb in nutrient solution, plant total Pb uptake increased while P, Ca, Zn and Mn uptake decreased in cultivars. On the other hand, Rio grande tomato cultivar was tolerated than other to Cd application. Both of two cultivars were tolerated to Pb similarly.

Key words: Cadmium, heavy metals, lead, tolerance, tomato.

GİRİŞ

Gerçekte bir çevre bileşeni olarak toprak, hava ve su kadar önemlidir. Çünkü insan faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için gerekli olan bileşenlerin başında mekân gelir. Ayrıca insanlar için gerekli besin maddelerinin büyük bir kısmı toprakta depolanmaktadır. Aynı şekilde evcil hayvanların hemen hepsi karada beslenir. Bu nedenle, insan yaşamında toprağın önemi büyüktür. İnsanlar başından beri toprağa bağımlı olmuşlardır ve olmaya devam edeceklerdir (Yıldız, 1996).

Birçok durumda topraklar, ağır metaller için son depolanma yeri olabilmektedir. Bu olayda toprakların doğal filtre edici özellikleri ile tamponlanma kapasiteleri büyük önem taşımaktadır. Toprak çözeltisinde serbest halde bulunan ağır metaller toprak mikroorganizmaları ve bitki kökleri tarafından alınır veya yıkanarak yeraltı suyu kalitesinin bozulmasına, besin zincirinin kirlenmesine etken 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).

Ağır metaller içinde en şiddetli zehir etkisi olanların Cd, Pb ve Hg olduğu ifade edilmektedir. Ağır metaller, yağışların durumuna göre, doğrudan doğruya toprağa gelip, oradan bitkilere, hatta bazı koşullarda taban sularına ulaşabilirler. Kısmen de yüzeysel akışla daha uzak alanlara yayılabilmektedirler. Bunun dışında, mineral gübreler ve pestisitler ile de toprağa karışırlar. Ağır metallerin en sorunlu ve tehlikeli yanı, bunların insan, hayvan ve bitki bünyesinde birikmesi ve ayrılmayan maddeler olmalarıdır. Zarar verme dereceleri topraktaki yoğunluklarına göre değişir. Ağır metallerin bitkilerde birikme durumunu belirlemek amacıyla yaprak analizleri veya bitki analizleri yapılmaktadır. Bunun amacı bu değerlerden "biyoidikatör" olarak yararlanmaktır (Çepel, 1997).

Ekolojik yönden ağır metal terimi kirlenme ve toksite bakımından bir yan anlam olarak kullanılmakta ve yoğunlukla atom numarası 20' den büyük olan metaller bu kapsama girmektedir. Ekolojik bakımdan önemli 20 element bu anlamda

dikkat çekmektedir. Krom, kobalt, bakır, demir, mangan, molibden, nikel, uranyum, vanadyum, çinko metalleri hayvan ve bitkiler için gerekli oldukları gibi, aynı zamanda toprakta bulunan miktarlarına bağlı olarak bitkilere toksik etki yapabilen maddelerdir. Gümüş, kadmiyum, civa, kurşun, platin, talyum, kalay ve zirkon metalleri ise bitkiler ve hayvanlar için gerekli değildir. Ancak bu metaller bitkiler için toksik maddelerdir. Olumlu veya olumsuz (toksik) etkiler yalnızca elementin tipi ve toprak solüsyonundaki konsantrasyonuna bağlı olmayıp, değişik türlerin genetik esaslı fizyolojik davranışları ile de yakından ilgilidir (Yıldız, 2001).

Tarım topraklarında müsaade edilebilir toplam Cd konsantrasyonu 3 mg/kg olup normalde 0.1 mg/kg civarındadır (Alloway, 1990). Kabata-Pendias ve Pendias (1984), topraklar için 0.01-2 mg/kg Cd'ü normal değer olarak belirlerken, 3-8 mg/kg'ı ise kritik değer olarak bildirmektedirler. Christensen (1984) ise Cd'un toprak eriyiğinde 50 µg/kg, toplam miktar itibarıyla ise 20 mg/kg'dan fazla olmaması gerekliliğine değinmektedir.

Kabata-Pendias ve Pendias (1984), bitkiler için kuru madde bazında 0.1-2.4 mg/kg Cd değerlerini normal, 5-30 mg/kg'ı ise kritik olarak bildirmektedirler.

Kurşunun çoğunluğu otomobil endüstrisinde kullanılmaktadır. Batarya ve benzin katkısı olarak kullanılan tetraetil ve tetrametil, kurşunun önemli kaynaklarını oluştururlar. Tarımda kurşun içeren pestisitler ise bu kaynakların daha az düzeyini oluşturur (Haktanır ve Arcaç, 1998).

Topraklarda oluşan kurşun kirlenmesinde en büyük etkenlerden birisi, benzinin yanması sonucu, atmosferde oluşmuş Pb nedeniyledir. Bu atmosfer oluşumlu kaynağın önemi, büyük karayolları ile bölünen arazilerdeki bitki ve topraklarda kurşunun önemli konsantrasyonlarda bulunması ile doğrulanmaktadır. Örneğin, Los Angeles gibi büyük bir kentin yol kenarlarındaki toprakların Pb düzeylerinin 2400 mg/kg'a ulaştığı bildirilmektedir (Haktanır ve Arcaç, 1998).

Kabata-Pendias ve Pendias (1984) topraklar için normal kabul edilen kurşun değişim sınırını 2-300 mg/kg, bitkiler için ise 0.2-20 mg/kg olarak bildirmektedirler.

Bu çalışmanın amacı, besin çözeltisine farklı konsantrasyonlarda uygulanan Cd ve Pb metallerinin farklı domates çeşitlerinde gelişime (kuru madde ağırlığı) ve mineral içerik üzerine etkisi şeklindeki tepkisinin incelenmesi ve bu metallere bağlı olarak çeşitler arasındaki farklılıkların belirlenmeye çalışılmasıdır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü bitki büyütme odasında yürütülmüştür. Deneme bitkisi olarak Rio Grande ve Inuictus Lot. 335 domates çeşitleri kullanılmıştır. Tohumlar 1+3 oranında toprak+kum karışımında çimlendirilmiştir. 3-4 yaprak aşamasına gelen fideler Arnon (1938) besin çözeltisine aktarılmışlardır. Kültür kabı olarak 3.5 l kapasiteli plastik saksılardan Cd uygulaması için 40 adet, Pb uygulaması için 36 adet saksı kullanılmıştır. Denemede 0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50 ve 100 mg/l Pb, 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 5, 10 ve 20 mg/l Cd dozları kullanılmıştır. Cd taşıyıcısı olarak Cd(NO₃)₂, Pb taşıyıcısı olarak da Pb(NO₃)₂ tuzu kullanılmıştır.

Metot

Deneme Planı ve Deneme Süreçleri

Deneme saksılarındaki besin çözeltilerinde yosunlaşmayı önlemek için saksılara deneme süresince siyah poşetler geçirilmiştir. Bitkilerin, sıcaklık, ışıklanma vb. faktörlerden eşit olarak yararlanmaları amacıyla kültür kaplarının yerleri periyodik olarak değiştirilmiştir. Bu çalışmada Cd ve Pb tüm seviyeler için 2 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Çimlendikten sonra 3-4 yaprak aşamasına gelen fideler, deneme planına uygun olarak Arnon besin çözeltisine aktarılmışlardır. Her bir saksıya 2 adet bitki yerleştirilmiştir. Saksı kapakları üzerinde açılan deliklere domates fideleri sünger parçaları vasıtasıyla tutturulmuştur. Besin çözeltilerinin başlangıç pH'sı belirlendikten sonra deneme saksılarına artan seviyelerde Pb (0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50 ve 100 mg/l) ve Cd (0, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 5, 10 ve 20 mg/l) uygulanmıştır. Deneme süresince haftada bir saksılar boşaltılıp besin çözeltileri yenilendikten sonra Cd ve Pb uygulamaları belirtilen dozlar sabit tutulmaya çalışılarak tekrarlanmıştır. Deneme 8 hafta sürdürülmüştür. Saksılardaki çözeltinin havalandırılması hava kompresörleri yardımıyla her gün ortalama 2 saat süreyle yapılmıştır. Deneme sonunda bitkilerin gövdesi (sap+yaprak) hasat edilmiştir.

Besin Çözeltisinde pH Ölçümü

Deneme bitkisinin yetiştiği besin çözeltisi, başlangıç pH değerindeki değişimlerin incelenmesi amacıyla haftada bir değiştirilmiş ve pH değerleri Pb ve Cd uygulamalarından önce ve sonra potansiyometrik olarak cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmüştür (Peach, 1965).

Kuru Madde Miktarı (g)

Çiçeklenme başlangıcında hasat edilen domates bitkileri, yıkanıp kök ile gövde olarak ayrıldıktan sonra bir gün havada kurutulmuşlardır. Daha sonra

kese kâğıtlarına konularak kurutma dolabında 70°C de sabit kuru ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları tartılarak belirlenmiştir (Kacar, 1972).

Mineral İçerik Analizleri

Kurutulup öğütülen bitki örneklerinden 0.5 g alınmış, nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakmaya tabii tutulmuşlardır. Yaş yakma sonucu, elde edilen bitki çözeltilerinde P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb ve Cd içerikleri belirlenmiştir (Kacar, 1972).

Nitrik-perklorik asit karışımında yaş yakmaya tabii tutulan bitki örneklerinin P içerikleri vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemi ile, K içerikleri fleymfotometrik olarak, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Cd ve Pb içerikleri ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrede (AAS) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Kacar, 1972).

İstatistiksel Değerlendirmeler

Bu çalışma sonucunda elde edilen verilerin, tam sansa bağlı faktöriyel deneme desenine göre varyans

analizleri yapılmıştır. Elde edilen varyans analizi sonuçları F testine göre değerlendirilmiş ve bu değerlendirme sonucunda önemli çıkan uygulamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre karşılaştırılmıştır (Yıldız ve Bircan, 1994).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Besin Çözeltilerinde pH Değişimi

Deneme bitkisinin yetiştirildiği besin çözeltilerinin pH değişimleri haftada bir belirlenmiştir. Başlangıçta 6.1 dolayında olan çözelti pH'sı kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) uygulamalarından sonra ölçüldüğünde, uygulama dozlarındaki farklılıklara bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Çizelge 1'in incelenmesiyle görüleceği gibi farklı dozlarda Cd ve Pb uygulamalarına bağlı olarak besin çözeltisinin pH' sı başlangıç pH değerlerine göre düşme eğilimi göstermiştir.

Çizelge 1. Artan konsantrasyonlarda Cd ve Pb uygulamasının pH üzerine etkisi

Cd seviyeleri:	0	0.05	0.1	0.5	1	2	3	5	10	20
Ortalama pH değerleri:	6.1	6.08	6.06	6.00	5.98	6.01	6.00	5.97	5.96	5.61
Pb seviyeleri:	0	0.5	1	2	5	10	20	50	100	
Ortalama pH değerleri:	6.08	6.1	6.07	6.02	6.01	6.00	5.98	5.82	5.8	

Deneme Süresince Bitkilerin Gelişme Durumları

Farklı düzeylerde uygulanan Cd'a bağlı olarak bitki gelişmesi uygulanan Cd dozu arttıkça deneme başından itibaren çarpıcı şekilde azalmıştır. Bitkilerde, büyüme yönünden bodurlaşma, yapraklarda klorozlaşma ve nekroz şeklinde belirtiler gözlenmiştir.

Aynı şekilde artan şekilde uygulanan Pb dozlarının bitki gelişmesini olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir. Bitki gelişmesindeki gerileme doğal olarak bitki kuru madde miktarına da yansımıştır.

Artan Konsantrasyonlarda Uygulanan Kadmiyumun ve Kurşunun Kuru Madde Miktarına ve Mineral İçeriğe Etkisi

Çizelge 2'de verilen varyans analiz sonuçlarına göre, domates bitkilerinin kuru madde üretimi üzerinde artan dozlarda uygulanan Cd'un etkisi önemli ($p<0.001$) olmuştur. Ayrıca kök üstü kuru

madde üretimine çeşidin etkisi de önemli ($p<0.001$) olmuştur. Besin çözeltisinde artan kadmiyum bitki üst kısmının P, K ve Ca içeriği üzerinde de önemli ($p<0.001$) etkiye sahiptir. Cd uygulaması bitkinin Mg içeriğinde $p<0.01$ ve Fe içeriğinde $p<0.05$ seviyesinde önemli olurken Zn ve Mn içeriği üzerinde önemli etki yapmamıştır.

Çizelge 3'ün incelenmesiyle görüleceği gibi, domates bitkilerinin kuru madde üretimi üzerine farklı dozlarda uygulanan Pb'un etkisi yine önemli ($p<0.001$) olmuştur. Bitki üst kısmının kuru madde üretimine çeşidin etkisi de önemli ($p<0.001$) bulunmuştur. Artan dozlarda uygulanan Pb bitki üst kısmının Mn içeriği üzerinde önemli ($p<0.001$) etkiye sahiptir. Pb uygulaması bitkinin P, Ca, Zn içeriğinde $p<0.01$ seviyesinde önemli iken K, Mg, Fe ve Cu içeriği üzerinde önemli etkiye sahip değildir.

Çizelge 4 Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde görüleceği gibi, artan Cd konsantrasyonlarına bağlı olarak kuru madde

Çizelge.2. Farklı Cd konsantrasyonlarına bağlı olarak domates çeşitlerinde ölçülen parametrelerin varyans analiz sonuçları (F değerleri)

Varyans Kaynağı	S. D.	Kuru Madde g	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe mg/kg	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Cd mg/kg
Domates	1	63845***	0.178	11.815**	119.351***	0.132	12.555**	113.357***	24.42***	0.015
Çeşidi	9	107273.64***	18.395***	11.277***	48.385***	0.188**	2.948*	0.853	0.380	94.94***
Cd seviyesi	9	2889.89***	0.708	3.557**	9.292***	0.243***	2.041	17.54***	0.311	0.367
Hata	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

Çizelge.3. Farklı Pb konsantrasyonlarına bağlı olarak domates çeşitlerinde ölçülen parametrelerin varyans analiz sonuçları (F değerleri)

Varyans Kaynağı	S. D.	Kuru Madde g	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe mg/kg	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Pb mg/kg
Domates	1	67957.56***	9.512**	7.552*	13.534**	0.017	6.910*	1.566*	39.382***	5.263	15.061**
Çeşidi	8	10799.25***	4.776**	1.746	4.760**	1.943	1.519	1.847**	6.072***	5.322	47.698***
Pb seviyesi	8	912.06***	2.273	1.458	9.091***	0.385	2.177	2.191	1.520	0.722	8.184***
Hata	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

açısından *Rio grande* domates çeşidi *Inuictus lot 335* domates çeşidine göre daha etkindir. Bitki K, Ca, Fe ve Zn içerikleri açısından etkin olan domates çeşidi *Rio grande*'dir. Bitkilerin Mn içerikleri açısından

etkin olan çeşit *Inuictus lot 335* domates çeşididir. Bitki P, Mg ve Cd içeriklerinde çeşitler arasında fark bulunmamıştır.

Çizelge 4. Besin kültüründe yetiştirilen domates bitkilerinin kuru madde miktarı ve mineral içeriği üzerine Cd konsantrasyonlarının etkisinin ortalama değerleri için Duncan test sonuçları

Parametreler	Cd seviyeleri, mg/kg	Çeşitler		
		Rio grande	Inuictus lot	Ortalama
Kuru madde miktarı. g/saksı	0	9.22	10.07	9.65a
	0.05	5.08	3.77	4.43b
	0.1	4.63	2.77	3.7c
	0.5	4.12	2.21	3.17d
	1	3.24	2.23	2.74e
	2	3.22	2.03	2.63f
	3	3.15	2.07	2.61f
	5	3.17	2.04	2.61f
	10	2.78	1.39	2.09g
	20	2.00	0.73	1.37h
	Ortalama	4.06a	2.93b	
P, %	0	1.09	1.05	1.07a
	0.05	0.94	0.98	0.96b
	0.1	0.88	0.90	0.89bc
	0.5	0.81	0.88	0.85c
	1	0.83	0.79	0.81cd
	2	0.83	0.77	0.80cd
	3	0.75	0.70	0.73de
	5	0.75	0.68	0.72de
	10	0.67	0.66	0.67e
	20	0.60	0.66	0.63e
	Ortalama	0.82a	0.81a	
K, %	0	6.1	8.52	7.31ab
	0.05	4.94	7.01	5.98bc
	0.1	8.36	6.79	7.58a
	0.5	7.97	5.51	6.74ab
	1	6.82	5.05	5.94bc
	2	8.32	5.86	7.09ab
	3	5.50	2.67	4.09de
	5	5.25	3.72	4.49cd
	10	4.96	3.64	4.30d
	20	3.31	2.25	2.78e
	Ortalama	6.15a	5.10b	
Ca, %	0	2.31	1.28	1.80a
	0.05	1.23	0.99	1.11b
	0.1	1.17	1.01	1.09b
	0.5	1.03	1.03	1.03b
	1	0.99	0.74	0.87c
	2	0.96	0.72	0.84c
	3	1.03	0.74	0.89c
	5	0.92	0.72	0.82c
	10	0.88	0.60	0.74c
	20	0.96	0.54	0.75c
	Ortalama	1.15a	0.84b	

Çizelge 4. Devam

Parametreler	Cd seviyeleri, mg/kg	Çeşitler		
		Rio grande	Inuictus lot	Ortalama
Mg, %	0	1.24	0.75	1.00d
	0.05	1.76	0.81	1.29bcd
	0.1	1.2	1.02	1.11cd
	0.5	1.56	1.21	1.39abc
	1	1.60	1.19	1.40abc
	2	1.41	1.45	1.43abc
	3	1.46	1.33	1.40abc
	5	1.66	1.73	1.70a
	10	1.4	1.84	1.62a
	20	1.16	1.96	1.56ab
	Ortalama	1.45a	1.33a	
Fe, mg/kg	0	160.13	89.93	125.03bc
	0.05	257.14	285.52	271.33a
	0.1	200.80	272.46	236.63ab
	0.5	149.85	92.91	121.38bc
	1	387.65	154.26	270.96a
	2	312.92	93.39	203.16abc
	3	307.35	125.92	216.64abc
	5	98.36	85.95	92.16c
	10	89.92	85.95	87.94c
	20	284.76	43.98	164.37abc
	Ortalama	224.89a	133.03b	
Zn, mg/kg	0	97.13	31.50	64.31a
	0.05	89.25	23.63	56.44a
	0.1	86.63	23.63	55.13a
	0.5	86.63	44.63	65.63a
	1	73.50	49.88	61.69a
	2	68.25	55.13	61.69a
	3	65.63	52.50	59.07a
	5	65.63	52.50	59.07a
	10	52.50	73.25	62.88a
	20	47.25	65.63	56.44a
	Ortalama	73.24a	47.23b	
Mn, mg/kg	0	62.27	71.16	66.72a
	0.05	53.37	186.80	120.09a
	0.1	80.06	106.74	93.40a
	0.5	44.48	115.64	80.06a
	1	44.48	106.74	75.61a
	2	62.27	80.06	71.17a
	3	80.06	133.43	106.75a
	5	62.27	80.06	71.17a
	10	44.63	106.74	79.69a
	20	53.37	106.74	80.06a
	Ortalama	58.73b	109.41a	

Çizelge 4. Devam

Parametreler	Cd seviyeleri, mg/kg	Çeşitler		
		Rio grande	Inuictus lot	Ortalama
Cd, mg/kg	0	2.20	1.88	2.04g
	0.05	65.65	87.75	76.70f
	0.1	103.30	103.18	103.24ef
	0.5	150.18	143.38	146.78e
	1	274.18	246.05	260.12d
	2	311.73	335.88	323.81c
	3	322.35	369.98	346.17c
	5	450.95	399.40	425.18b
	10	459.18	471.03	465.11b
	20	685.75	693.75	689.75a
	Ortalama	282.55a	285.23a	

a, b, c, d, e, f, g, h; Cd uygulamaları arasındaki önem farklılıkları

Besin kültüründe yetiştirilen domates bitkilerinin kuru madde miktarı ve mineral içeriği üzerine Pb konsantrasyonlarının etkisinin ortalama değerleri için yapılan Duncan test sonuçları Çizelge 5'de incelendiğinde kuru madde açısından *Inuictus lot 335* domates çeşidinin *Rio grande* domates çeşidine göre daha etkin olduğu görülmüştür. Bitki P, Ca ve Mn

içerikleri açısından *Rio grande* domates çeşidi etkindir. Bitkilerin Fe, Zn ve Pb içerikleri açısından etkin olan çeşit *Inuictus lot 335* domates çeşididir. Bitkilerde belirlenen K, Mg ve Cu içerikleri açısından çeşitler arasında önemli ayrıcalıklar bulunmamıştır.

Çizelge 5. Besin kültüründe yetiştirilen domates bitkilerinin kuru madde miktarı ve mineral içeriği üzerine Pb konsantrasyonlarının etkisinin ortalama değerleri için Duncan test sonuçları

Parametreler	Pb seviyeleri, mg/kg	Çeşitler		
		Rio grande	Inuictus lot	Ortalama
Kuru madde miktarı g/saksı	0	3.77	5.84	4.81a
	0.5	2.77	3.88	3.33b
	1	2.46	3.82	3.14c
	2	2.25	3.85	3.05d
	5	2.27	3.52	2.90f
	10	2.32	3.54	2.93e
	20	2.18	3.01	2.60g
	50	2.19	2.81	2.50h
	100	1.77	2.77	2.27ı
	Ortalama	2.20b	3.40a	
P, %	0	1.14	0.73	0.94a
	0.5	1.10	0.73	0.92ab
	1	0.94	0.72	0.83abc
	2	0.75	0.69	0.72bcd
	5	0.80	0.67	0.73abcd
	10	0.72	0.66	0.69cd
	20	0.67	0.64	0.66cd
	50	0.45	0.63	0.54d
	100	0.70	0.61	0.65cd
	Ortalama	0.81a	0.68b	

Çizelge 5. Devam

Parametreler	Pb seviyeleri, mg/kg	Çeşitler		
		Rio grande	Inuictus lot	Ortalama
K, %	0	6.34	6.03	6.18ab
	0.5	5.38	5.2	5.29b
	1	6.29	5.55	5.92ab
	2	6.32	7.66	6.99a
	5	6.42	4.43	5.42b
	10	5.56	5.00	5.28b
	20	7.81	5.47	6.64ab
	50	6.95	5.66	6.31ab
	100	6.49	5.20	5.84ab
	Ortalama	6.40a	5.58a	
Ca, %	0	1.98	1.81	1.90de
	0.5	2.16	1.87	2.02bcde
	1	2.17	1.82	1.99bcde
	2	2.70	1.73	2.22abc
	5	2.70	1.81	2.26ab
	10	2.02	2.30	2.16abcd
	20	2.08	2.60	2.34a
	50	1.78	2.12	1.95cde
	100	1.97	2.65	1.81e
	Ortalama	2.17a	1.97b	
Mg, %	0	1.16	1.17	1.17a
	0.5	1.15	1.11	1.13ab
	1	1.13	1.17	1.15a
	2	1.13	1.14	1.14ab
	5	1.18	1.11	1.15a
	10	1.09	1.10	1.10ab
	20	1.09	1.20	1.14a
	50	1.03	1.04	1.04ab
	100	1.03	0.98	1.003b
	Ortalama	1.11a	1.11a	
Fe, mg/kg	0	110.25	110.25	110.25ab
	0.5	92.25	112.50	102.38ab
	1	83.25	74.25	78.75b
	2	85.50	74.25	79.88b
	5	72.00	92.25	82.13b
	10	67.50	335.25	201.38a
	20	74.25	247.50	160.88ab
	50	69.75	171	120.38ab
	100	90	63	76.5a
	Ortalama	82.75b	142.25a	
Cu, mg/kg	0	21.25	16.5	18.88a
	0.5	19.5	16.5	18ab
	1	14.5	11.5	13ab
	2	15.5	14.5	15ab
	5	5.5	30.5	18ab
	10	12.5	12.5	12.5ab
	20	3	15.5	9.25ab
	50	7	11	9ab
	100	9.5	5	7.25b
	Ortalama	12.03a	14.83a	

Çizelge 5. Devam

Parametreler	Pb seviyeleri, mg/kg	Çeşitler		
		Rio grande	Inuictus lot	Ortalama
Zn, mg/kg	0	324	317.25	320.63a
	0.5	315	317.25	316.13a
	1	276.75	290.25	283.5a
	2	261	267.75	264.38ab
	5	263.25	357.75	310.5a
	10	238.5	330.75	284.63a
	20	171	290.25	230.63ab
	50	150.75	220.5	185.63bc
	100	117	130.5	123.75c
	Ortalama	235.75b	280.25a	
Mn, mg/kg	0	282.5	191.25	236.88a
	0.5	297.5	155	226.25ab
	1	240	140	190abc
	2	280	157.5	218.75ab
	5	150	132.5	141.25cd
	10	207.5	135	171.25bc
	20	180	180	180abc
	50	182.5	127.5	155cd
	100	152.5	60	106.25c
	Ortalama	219.17a	142.08b	
Pb, mg/kg	0	2.40	39.49	20.94d
	0.5	20.02	52.86	36.44cd
	1	28.21	29.08	28.65cd
	2	37.33	59.35	48.34c
	5	51.72	148.87	100.29b
	10	118.71	79.42	99.06b
	20	88.98	131.12	110.05b
	50	103.82	124.54	114.17b
	100	183.67	141.23	162.45a
	Ortalama	70.54b	89.55a	

a, b, c, d, e, f, g, h, i; Pb uygulamaları arasındaki önem farklılıkları

Kurşun ve kadmiyum tolerans indeksleri (Das *et. al.* 1997) aşağıdaki model esas alınarak hesaplanmış, Çizelge 6 ve Çizelge 7’de verilmiştir.

Uygulama yapılan bitkinin kuru ağırlığı (g)

Tolerans İndeksi=—————

Uygulama yapılmayan bitkinin kuru ağırlığı (g)

Çizelge 6’ da görüldüğü gibi, farklı Cd uygulama konsantrasyonlarına bağlı olarak domates çeşitlerinin tolerans indeks değerleri 55-7 arasında değişiklik göstermiştir. İki çeşit için de en yüksek tolerans indeksi 0.05 mg/kg Cd konsantrasyonunda, en düşük değer ise 20 mg/kg Cd konsantrasyonunda hesaplanmıştır. Çeşitler arasında tolerans indeksi bakımından fark olduğu da görülmektedir. *Rio*

grande domates çeşidinin tolerans indeks değerleri *Inuictus lot* 335 domates çeşidinin tolerans indekslerinden daha yüksektir.

Çizelge 6. Artan konsantrasyonlarda Cd uygulamasına bağlı olarak domates çeşitlerinin tolerans indeksleri

Cd konsantrasyonları (mg/kg)	Rio grande	Inuictus lot 335
0.05	55	37
0.1	50	28
0.5	45	22
1.0	35	22
2.0	35	20
3.0	34	21
5.0	34	20
10.0	30	14
20.0	22	7

Çizelge 7. Artan konsantrasyonlarda Pb uygulamasına bağlı olarak domates çeşitlerinin tolerans indeksleri

Pb konsantrasyonları (mg/kg)	Rio grande	Inuictus lot 335
0.5	74	66
1.0	65	65
2.0	60	66
5.0	60	60
10.0	62	61
20.0	58	52
50.0	58	48
100.0	47	47

Çizelge 7'de görüldüğü gibi, farklı kurşun konsantrasyonlarına karşı domates çeşitlerinin tolerans indeksleri 74-47 arasında değişiklik göstermiştir. Her iki çeşit için de en yüksek tolerans indeksi 0.5 mg/kg Pb uygulama konsantrasyonunda hesaplanmıştır. En düşük tolerans indeksi ise 100 mg/kg Pb uygulamasında her iki çeşit için de eşittir. Tolerans indeksi bakımından çeşitler arasında önemli bir fark yoktur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilindiği gibi belli bir bitki çeşidi veya hatları arasında çevresel stres koşullarına büyüme tepkisi (tolerans veya duyarlılık) ayrıcalık göstermektedir. Yani aynı çeşit içerisinde bile genetik ayrıcalık söz konusudur. Stres koşullarına toleranslı bitki çeşitlerinin uyumu konusunda bitki seçimi ve ıslah çalışmalarında çok önemli gelişmeler kaydedilmiştir (Marschner 1995).

Bu bilgiler ışığı altında tasarlanan bu çalışmada, bitki yetişme ortamında artan Cd ve Pb metali konsantrasyonları bitki kuru madde üretimini

dolayısıyla gelişmesini ne yazık ki olumsuz etkilemiştir. Ancak bu etki özellikle Cd'a tolerans açısından bitki genetiğinin etkisini daha açık bir şekilde ortaya koymuştur. *Rio grande* domates çeşidinin Cd stresine karşı diğer çeşide göre daha toleranslı olduğu görülmüştür. Diğer taraftan Pb metali stresine karşı çeşitler arasında böylesi önemli bir tolerans farklılığı tesbit edilmemiştir (Çizelge 6, 7).

Geniş kapsamlı sistematik bir programda, önce aşırı toprak koşullarına uyumlu genotipler seçilir, bunlar kendi aralarında melezlenir ve istenen özellikleri taşıyan melez bitki tohumları elde edilir. Bu da kimyasal özellikleri yönünden uygun olmayan marjinal alanların, pahalı toprak ıslah işlemlerine gerek kalmaksızın tarımsal üretime kazandırılmasını sağlamıştır (Marschner 1995).

Bu çalışmada dikkat çeken diğer bir sonuç, domates bitkisi çeşitlerinin her ikisinin de artan Pb metali konsantrasyonlarına karşı büyüme farklılığı olarak Cd'da olduğu gibi depresyona girmemeleridir. Diğer bir ifade ile, Pb akümüle etme yeteneklerinin (üst aksamda) olduğudur. Bu anlamda, tüketenler için çok zararlı olabilecek bitki kısımları, görünüşte Pb toksisitesini ifade eden önemli belirti vermemektedir.

KAYNAKLAR

- Alloway, B. J., 1990. Heavy Metals in Soils. ed. Alloway. B. J. Jhon Wiley and Sons. Inc., New York.
- Arnon, D. I., 1938. Micro Elements in Culture Solution Experiments with Higher Plants. American J. Bot, 25; 322-325.
- Christensen, T. H., 1984. Water, Air and Soil Pollution. 105-114.
- Çepel, N., 1997. Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları No:14 İstanbul.
- Das, P. S., Samantaray and G. R. Rout. 1997. Studies on Cd Toxicity in Plants ; a review. India.
- Haktanır, K., Arcaç, S., 1998. Çevre Kirliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:1503, Ankara.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H., 1984. Trace Elements in Soils and Plants. CRC. Press. Boca Raton.
- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi yayınları. 453. Uygulama Klavuzu; 155; 55-390.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2. ed. Academic Press, London.
- Peach, 1965. Hydrogen Ion Activity in Methods of Soil Analyses part. Amer. Soc. Agronomy Madison Wisconsin, 2, 941-924. USA.
- Yıldız, N., 1996. Tarımsal Faaliyetlerin Toprak Ekosistemi Üzerine Olumsuz Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 27 (2), 324-333.
- Yıldız, N., 2001. Toprak Kirlenici Bazı Ağır Metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. 32 (2), 207-213, Erzurum.
- Yıldız, N., Bircan, H. 1994. Araştırma ve Deneme Metodları. Atatürk Üni., Ziraat Fak. Yay. No. 697, Erzurum.