

Kuraklık ve tuz stresine toleransı yüksek patlıcan ıslah hatlarında ağır metal (Pb) toleransının belirlenmesine yönelik olarak ticari anaçlarla mukayeseli bir çalışma

Mevlûde Nur TOPAL¹ Sevinç KIRAN² Çağla ATEŞ² Murat EKİCİ¹ Şeküre Şebnem ELLİALTIOĞLU³
Rukiye TIPIRDAMAZ⁴ Gökçen BAYSAL FURTANA¹ Kenan SÖNMEZ⁵

¹ Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Ankara

² Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

³ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara

⁴ Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Ankara

⁵ Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Eskişehir

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: nurtopal92@gmail.com

Makale Bilgisi/Article Info

Derim, 2017/34(1):1-10

doi: 10.16882/derim.2017.305194

Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 01.07.2016

Kabul Tarihi/Accepted: 01.12.2016



Öz

Bitkilerde ağır metallerin olumsuz etkileri, hücre membranlarındaki lipidlerin peroksidasyonu, serbest oksijen radikallerinin üretimi, fotosentezde bozukluk, DNA hasarı ve sonuç olarak hücre ölümüdür. En toksik ağır metallerden birisi olan kurşun (Pb) stresine maruz kalan bitkilerde bitki gelişimi, meyve verim ve kalitesi azalmaktadır. Ağır metal stresinin de aralarında yer aldığı abiyotik streslerin etkisini hafifletmek amacıyla, esasen kullanım amaçları biyotik stres etkenlerine dayanım sağlamak olan 'anaç kullanımı' bir çözüm olarak değerlendirilebilir görünmektedir. Patlıcan üretiminde toprak kökenli patojenler ve nematoda karşı, anaç olarak yabancı türler ve hibritler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, anaç ıslahına yönelik olarak yerel gen kaynaklarından geliştirilen ıslah hatlarının, abiyotik streslerden biri olan ağır metal stresine karşı olan tepkileri belirlenmiştir. Kurşun (Pb) stresine karşı dayanım durumlarının belirlenmesinde ticari olarak kullanılan patlıcan anaçları ile karşılaştırma yapılmıştır. Kuraklık ve tuz streslerine dayanım potansiyelleri daha önce ortaya konmuş olan 4 kültür patlıcanı (*S. melongena*: Burdur Bucak, Mardin Kızıltepe, Artvin Hopa ıslah hatları ve Kemer çeşidi) ile; 6 adet yabancı patlıcan türleri veya hibritlerinden oluşan anaçlar (AGR-703, Doyran, Hawk, Hikyaku, Köksal-F1 ve Vista-306) Pb stresi bakımından test edilmiştir. Patlıcan fideleri 4-5 gerçek yaprak aşamasında 0, 150 ve 300 ppm Pb çözeltisi (Pb(NO₃)₂) uygulamasına tabi tutulmuştur. Uygulamadan 20 gün sonra bitkilerde yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, gövde ve kök uzunluğu, yaprak alanı belirlenmiştir. Köksal F1 ve AGR703 anaçlarının Pb toleransı diğer ticari anaçlara göre daha üstün bulunmuştur. Abiyotik stres toleransı yüksek Mardin Kızıltepe ve Burdur Merkez genotiplerinin Pb stresi altında yeşil aksam yaş ağırlığı ve gövde yüksekliği gibi stres belirtilerinin kontrole göre azalma oranları, hassas genotipler olan Artvin Hopa ve Kemer'e ve aynı zamanda bazı anaçlara göre daha az olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Biyomas, Genotip, Pb, *Solanum* sp.

A comparative study with commercial rootstocks to determine the tolerance to heavy metal (Pb) in the drought and salt stress tolerant eggplant breeding lines

Abstract

Negative effects of heavy metals on plants are peroxidation of lipids in cell membranes, production of free oxygen radicals, disorders in photosynthesis, damages in DNAs and as a result death of the cell. Plant development, productivity and quality of the fruits are decreased in the plants that are exposed to Pb stress which is one of the most toxic heavy metals. Usage of rootstocks which is mainly used against biotic stress conditions also seems to be defined as a solution to abiotic stress conditions such as heavy metal stresses. In eggplant production, wild species and hybrids are used as rootstocks against soil based pathogens and nematode. Reactions of improvement lines derived from local gene resources for rootstock improvement to heavy metal stress which is one of the abiotic stresses were determined. While determining the resistance against Pb stress, commercially used eggplant rootstocks are compared. In this study 4 eggplant cultivars (*S. melongena*: Burdur Bucak, Mardin Kızıltepe, Artvin Hopa and Kemer) whose resistance potential against salt and drought stresses had been previously revealed and 6 rootstocks of wild eggplant species or hybrids (AGR-703, Doyran, Hawk, Hikyaku, Köksal-F1 and Vista-306) were tested against Pb stress. Eggplant seedlings were applied to 0, 150 and 300 ppm Pb solutions (Pb(NO₃)₂) during 4-5 true leaf stage. 20 days after the stress application wet and dry weight of green parts and roots, height of the body part and leaf areas were measured. Pb tolerance of Köksal F1 and AGR703 rootstocks were higher than other commercial rootstocks. Mardin Kızıltepe and Burdur Merkez

genotypes which have high tolerances against abiotic stress gave lower values with respect to Artvin Hopa and Kemer which are sensitive genotypes and many other rootstocks while comparing the reduction ratios of stress signs such as shoot fresh weight and shoot length according to control under Pb stress.

Keywords: Heavy metal, Biomass, Genotype, Pb, *Solanum* sp.

1. Giriş

Kurşun, bitki büyümesi ve gelişmesi için gerekli olmayan, toksik etkiye sahip önemli ağır metallere biridir. Yoğun endüstriyel faaliyet yapılan bölgelere yakın tarım arazilerinde kurşun miktarında önemli artışlar tespit edilmektedir. Pb ile kirlenmiş topraklarda birikimin yüzey tabakalarda daha fazla olduğu, derinlere doğru azaldığı belirlenmiştir (de Abreu vd., 1998). Bu durum özellikle tek yıllık bitkiler için kurşunun tehdit edici bir toksik madde olabileceğini işaret etmektedir. Toprakta kolayca alınan ve bitkilerin farklı organlarında biriken kurşunun yüksek konsantrasyonları strese neden olmakta, bitkide kök uzaması ve biyomas miktarında azalma, klorofil biosentezinde engellenme, bazı enzim aktivitelerinde tetiklenme veya engellenme gibi etkilere yol açmaktadır (Fargasova, 1994; Miranda ve Llangovan, 1996). Bitkilerin kurşun stresine karşı gösterdiği tepkiler, mevcut miktarına ve strese maruz kalan bitkinin genotipine göre değişebilmektedir. Bitki türlerinin, hatta aynı türe ait genotiplerin kurşun alımı konusundaki seçicilikleri, bünyelerinde biriktirme kapasitesi ve kurşun toksisitesine toleransları farklılık gösterebilmektedir (Janmohammadi vd., 2013; Yılmaz vd., 2009). Genotipik farklılıkların etkisi ve etki mekanizması tam anlaşılacakla birlikte; çeltikte (Huang vd., 2006), kanolada (Bandehagh, 2013), buğdayda (Janmohammadi vd., 2013) ve fasulyede (Hassan ve Mansoor, 2014) kurşun stresinin bitki üzerindeki etkileri incelenerek bazı bulgular elde edilmiştir.

Toprakta kaynaklanan çeşitli biyotik ve abiyotik streslere karşı anaç ve aşılı bitki kullanımı konusu, ağır metal stresinde de araştırılmış olup sebzelerde uygun anaç kullanımı ve aşılamanın ağır metal alımını önemli ölçüde sınırlandırdığı (Arao vd., 2008), böylelikle ağır metallere ürün performansı ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin azaldığı bildirilmektedir (Savvas vd., 2010). Ağır metal toksisitesinin patlıcan genotipleri ve anaçları üzerine etkisi ile ilgili çalışmalara literatürde rastlanmamakla birlikte, mevcut az sayıdaki araştırmanın da kadmiyum toksisitesi

üzerine olduğu görülmüştür. Bu çalışmalarda; anaç kullanımının kadmiyumun alınımını ve sürgüne iletimini önemli ölçüde sınırlandırdığı, bunda genotipik farklılıkların önemli rol oynadığı belirlenmiştir (Sugiyama vd., 2007; Mori vd., 2009). Özellikle *S. torvum* üzerine aşılama patlıcanlarda kadmiyum konsantrasyonunun, kendi üzerine ve *S. integrifolium* üzerine aşılama oranlarına nispeten önemli ölçüde düşük seviyede kaldığı, aşılama sayesinde kökten sürgüne kadmiyum taşınımının engellendiği tespit edilmiştir (Arao vd., 2008).

Ülkemizde en fazla tercih edilen ve tüketilen sebzelerden bir olan patlıcan, yaklaşık 800 bin ton'luk üretime sahiptir (FAO, 2014). Patlıcan üretiminde toprak kökenli patojenler ve nematoda karşı *S. torvum* başta olmak üzere, yabancı tür kökenli anaçlar aşılama da yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte abiyotik stres faktörlerine karşı anaçların performanslarına yönelik araştırma ve bilgi yeterli değildir. Anaçların yabancı türler veya bunların hibritlerinden oluşması, bazı uygulama sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Abiyotik streslere toleransı yüksek yerel kaynaklarımızdan geliştirilen bazı ıslah hatlarının anaç ıslahı programlarında kullanılmasına yönelik çalışmalar tarafımızca yürütülmektedir. Bu ıslah hatlarının hem duyarlı genotiplerle hem de piyasada mevcut ticari patlıcan anaçlarının öne çıkanları ile karşılaştırmalı olarak ağır metal kirlenmesinde en fazla karşılaşılanlardan biri olan kurşun stresine karşı olan dayanım durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bazı ticari patlıcan anaçlarının tuz stresi koşullarında göstermiş oldukları dayanım durumları hakkında bilgiler oluşturulmaya başlanmış ise de (Kıran vd., 2015a; Talhouni, 2016), diğer abiyotik streslere gösterdikleri tepkiler hakkında yapılmış çalışmalara rastlanmamıştır. Ağır metallere de aralarında bulunduğu abiyotik streslere dayanımı yüksek yerli anaçların aşılama kullanılması, açıkta ve örtüaltı patlıcan yetiştiriciliğinde olumsuz çevre koşullarında bitkilerin verimliliğini korumada uygulanabilir bir strateji olabilecektir. Burada sunulan çalışmada; anaç ıslahı programında

yer alan tuza ve kurağa toleransı yüksek iki adet yerli patlıcan hattının; hassas genotiplerle ve yabancı türlerden kan taşıyan ticari anaçlarla birlikte kurşun (Pb) stresine tabi tutularak dayanım durumlarının mukayeseli olarak ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular neticesinde Pb stresine dayanım için bitki tarafından kullanılan savunma mekanizması, Pb taşınımı ve anaç kullanımının meyvede toksik madde birikimi üzerindeki etkilerinin incelenmesi de ileriye yönelik hedefleri oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmada 6 adet ticari patlıcan anacı (AGR-703, Doyran, Hawk, Hikyaku, Köksal-F1 ve Vista-306) ile 4 adet kültür patlıcanı (Burdur Bucak, Mardin Kızıltepe, Artvin Hopa ve Kemer) kullanılmıştır. Çalışma sera koşullarında yürütülmüş, sera içi sıcaklığının 23-26°C ve nispi nemin %50-55 olması sağlanmıştır. Anaçlara ve diğer genotiplere ait tohumlar, içinde 2:1 oranında torf ve perlit karışımı bulunan viyollere ekilmiştir. Fideler tohum ekiminden 20 gün sonra, içinde toprak karışımı (1:1:1= kum: çiftlik gübresi: orta bünyeli toprak) bulunan yaklaşık 4 l hacminde plastik saksılara nakledilmiştir. Bitkiler 4-5 gerçek yapraklı aşamaya ulaştıklarında 20 gün boyunca suyla sulanmıştır. Uygulamalar; 1) Kontrol, 2) 150 ppm Pb, 3) 300 ppm Pb olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bitkilere uygulanan Pb çözeltisi, Pb(NO₃)₂'den hazırlanmıştır. Final konsantrasyona üç gün içinde ulaşılacak şekilde sulama suyu ile birlikte uygulama yapılmıştır. Uygulaması yapılan bitkilerin 20 gün boyunca sera koşullarında gelişimi sağlandıktan sonra bitkiler sökülmüş, ölçümler için örnek alınmıştır. Bitkilerde yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, kök-gövde boyu, yaprak alanı ve klorofil içerikleri belirlenmiştir. Her uygulamadan tesadüfi olarak seçilen 3'er bitki, gövde ve kök kısımlarına ayrılmıştır. Bitkiler yaş ağırlıkları kaydedildikten sonra kuru ağırlıklarını belirlemek amacıyla 48 saat süreyle 65°C'deki bir etüvde tutulmuştur. Tartımlarda 1/1000 g hassasiyetli bir teraziden yararlanılmıştır.

Bitkilerin kök ve gövde boyları milimetrik bir cetvel yardımıyla, yaprak alanları ise Licor LI-3000A model yaprak alan ölçer ile ölçülmüştür. Uygulamada kullanılan dozlarına bağlı olarak

çeşitlerin verdiği tepkilerdeki farklılıklar esas alınmıştır. Kontrol grubuna göre uygulamalardaki oransal (%) değişimler belirlenmiş; az-orta-çok olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Pb stresinden çok etkilenen anaçlar 1.; orta derecede etkilenen anaçlar 2.; az etkilenen anaçlar da 3. sınıfta gruplandırılmıştır. Belirlemiş olduğumuz bu üç sınıfa göreceli puan verilirken 1-3-5 ölçeği kullanılmıştır. Az etkilenen 3. sınıftaki gruba 5, orta derecede etkilenen 2. sınıfa 3, çok etkilenen 1. sınıfa da 1 puan verilmiştir.

Hangi anacın incelenen parametreler bakımından ilk sıralarda bulunduğunu belirlemek amacıyla tartılı derecelendirme yöntemi kullanılmıştır (Sönmez, 2014). Bu yöntem, araştırmacı tarafından belirlenen ve tamamen subjektif önem derecelerine göre oluşturulan seçim kriterlerine puan verme yoluyla oluşturulmuş bir sıralama biçimidir. Tarafımızca yapılan değerlendirmede yeşil aksam yaş ağırlık, yeşil aksam kuru ağırlık, kök yaş ağırlık, kök kuru ağırlık, üst aksam boyu, kök boyu, üst aksam (yaprak) alanı değerleri kullanılmış olup özelliklerin önem değerlerini ifade eden sınıf puanları (SP) ve grup puanları (GP) sonuçlarla birlikte verilmiştir. Tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre kurulan denemelerden elde edilen sayısal değerler varyans analizine tabi tutulmuştur. Uygulamalar arasındaki farklılıklar için %5 düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Bu amaçla MSTAT-C (Freed vd., 1989) paket programı kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

İstatistiksel olarak 'Pb dozu x Anaç genotipi' interaksiyonunun etkisi, yeşil aksam-kök yaş ağırlıkları, yeşil aksam-kök kuru ağırlıkları, kök-gövde boyları ve yaprak alanı bakımından önemli bulunmuştur (p<0.05). Kurşun uygulamaları patlıcan anaçlarının yeşil aksam yaş ve kuru ağırlık değerlerinde kontrol bitkilerine göre kayıplara yol açmıştır. Bu kayıplar 150 ppm Pb dozunda genel olarak daha düşük olurken, 300 ppm Pb dozunda daha fazla meydana gelmiştir. Yeşil aksam yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki en yüksek değeri, kontrol ile aynı istatistiksel grup içinde kalarak yüksek performans sergileyen 'Köksal-F1 x 150 ppm Pb' vermiştir (35.83 g bitki⁻¹) (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kurşun uygulamaları sonucunda patlıcan anaçlarının bitkisel özelliklerinde meydana gelen değişimler

Anaç adı	Pb (ppm)	YAYA (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	YAKA (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	KYA (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	KKA (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Hiyaku	0	36.89 a [*]		4.42 a		13.10 c		1.47 c	
	150	32.18 de	-12.76	4.07 ce	-7.99	11.98 d	-8.58	1.39 de	-5.43
	300	30.33 eh	-17.77	3.88 df	-12.29	11.27 ef	-13.94	1.36 ef	-7.47
Köksal-F1	0	37.31 a		4.00 cf		14.88 a		1.72 a	
	150	35.83 ab	-3.97	3.95 df	-1.08	14.41 a	-3.20	1.64 b	-4.47
	300	35.00 bc	-6.20	3.75 fh	-6.09	13.67 b	-8.17	1.60 b	-6.99
Vista-306	0	31.37 ef		4.23 ac		11.43 e		1.33 fg	
	150	28.00 im	-10.73	4.12 bd	-2.52	10.87 fh	-4.93	1.23 h	-7.75
	300	27.83 jm	-11.26	3.91 df	-7.57	8.90 lm	-22.16	1.18 hi	-11.50
Doyran	0	34.18 bc		4.34 ab		10.57 gi		1.43 cd	
	150	29.85 fi	-12.66	4.02 cde	-7.37	9.60 jk	-9.15	1.29 g	-10.23
	300	27.30 lm	-20.12	3.47 ij	-20.03	9.17 kl	-13.25	1.17 i	-18.60
AGR-703	0	31.24 ef		3.55 hj		10.90 fh		1.15 ij	
	150	29.33 gj	-6.11	3.35 ik	-5.63	10.28 ı	-5.69	1.08 kl	-6.38
	300	28.75 hl	-7.97	3.32 ik	-6.48	9.72 j	-10.8	1.05 lm	-8.41
Hawk	0	25.00 no		2.35 n		11.07 eg		1.18 hi	
	150	23.60 o	-5.6	2.08 o	-11.49	10.44 hı	-5.75	1.11 jk	-5.92
	300	19.95 p	-20.2	1.89 o	-19.57	9.76 j	-11.89	1.00 mn	-15.21
Mardin Kızıltepe	0	30.80 eg		3.57 gi		9.54 jk		0.96 np	
	150	28.67 hl	-6.93	3.37 ik	-5.60	8.90 lm	-6.74	0.91 pq	-5.38
	300	27.65 jm	-10.23	3.18 kl	-11.01	8.26 no	-13.45	0.89 qr	-7.64
Burdur Merkez	0	31.05 eg		3.39 ik		8.83 lm		0.92 oq	
	150	29.37 gj	-5.42	3.31 jk	-2.46	8.54 mn	-3.32	0.85 rs	-7.97
	300	27.15 lm	-12.55	2.85 m	-15.83	7.77 op	-12.04	0.73 tu	-21.01
Kemer	0	33.40 cd		3.82 eg		8.93 lm		0.87 qs	
	150	29.23 gk	-12.48	3.45 ij	-9.77	7.43 pq	-16.79	0.70 u	-19.54
	300	26.51 mn	-20.62	3.03 lm	-20.59	6.93 q	-22.39	0.63 v	-27.59
Artvin Hopa	0	31.50 ef		3.43 ijk		10.64 gi		0.97 no	
	150	27.40 km	-13.03	2.86 m	-16.72	9.65 jk	-9.30	0.83 s	-14.09
	300	24.85 no	-21.12	2.53 n	-26.14	8.61 mn	-19.14	0.76 t	-21.31
VK (%)		3.87		4.54		3.13		2.3	
LSD 0.05		1.88		0.26		0.52		0.05	

* Aynı harfle belirtilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05)

YAYA: Yeşil aksam yaş ağırlığı, YAKA: Yeşil aksam kuru ağırlığı, KYA: Kök yaş ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı.

Yeşil aksam kuru ağırlığı bakımından ise en yüksek değerleri ise 'Vista-306 x 150 ppm Pb', Hiyaku x 150 ppm Pb' ve 'Doyran x 150 ppm Pb' uygulamaları vermiştir (sırasıyla: 4.12, 4.07 ve 4.02 g bitki⁻¹). Hawk ticari anacı ve Artvin Hopa hassas genotipi kuru ağırlık bakımından en geride kalanlar olmuştur. Kontrole göre yeşil aksam yaş ağırlığı (oransal değişim veya % değişim) bakımından en az kayıp oranları; 150 ppm Pb uygulanan Köksal-F1 (%3.97) ve Burdur Merkez (%5.42) genotiplerinde belirlenmiştir. En fazla kayıp oranlarına ise Artvin Hopa (%21.12), Kemer (%20.62) ve Hawk (%20.2) sahip olmuştur. Yeşil aksam kuru ağırlıkları açısından en düşük kayıp oranlarını veren genotipler: Köksal-F1 (%1.08) ve Burdur Merkez (%2.46) iken, en yüksek kayıp oranlarını ortaya koyan genotipler: Artvin Hopa (%26.14) ve Kemer (%20.59) olmuştur. Nitekim Artvin Hopa ve Kemer diğer abiyotik stres faktörlerinden olan tuz ve kuraklık stresi

koşullarında da en fazla etkilenen genotipler olmuşlardır (Yaşar 2003; Kıran vd., 2014). Yüksek dozda kurşunun klorofil biyosentezi, fotosentetik aktivite, mineral beslenme, membran geçirgenliği gibi çok sayıda fizyolojik olayı olumsuz yönde etkilediği önceki çalışmalarda da ifade edilmiştir (Sharma ve Dubey 2005; Ghani vd., 2010). Jazi vd. (2011) kolzada, Mroczek-Zdyrska ve Wójcik (2012) baklada ve Kıran vd. (2015a) marulda kurşun uygulamalarının yeşil aksam yaş ve kuru ağırlık değerlerinde azalmalara yola açtığını bildirmişlerdir.

Kök yaş ve kuru ağırlıkları, kurşun uygulamalarından olumsuz etkilenmiştir. Stres uygulanan bitkiler arasında kök yaş ve kuru ağırlıkları bakımından 14.41 g bitki⁻¹ ve 1.64 g bitki⁻¹ değerleriyle Köksal-F1 x 150 ppm Pb uygulaması en yüksek değerleri vermiştir. Bunu Köksal-F1 x 300 ppm Pb (13.67 ve 1.60 gbitki⁻¹)

izlemiştir (Çizelge 1). En düşük kök yaş ve kuru ağırlığı değerleri; Kemer x 300 ppm Pb (6.93 ve 0.63 g bitki⁻¹), Kemer x 150 ppm Pb (7.43 ve 0.70 g bitki⁻¹) kombinasyonlarında elde edilmiştir. Kurşun stresi altında kök yaş ağırlığı azalma oranı bakımından en az etkilenerek en az kayıpları veren genotipler: 150 ppm Pb uygulanan Köksal-F1 (%3.2), Burdur Merkez (%3.32) ve Vista-306 (%4.93) olarak belirlenmiş, en fazla kayıplar 300 ppm Pb dozunda ortaya çıkmıştır (Kemer %22.39, Vista-306 %22.16, Artvin Hopa %19.14). Kök kuru ağırlıkları açısından en az kayıp vererek düşük oranda etkilenen anaçlar: 150 ppm Pb uygulanan Köksal-F1 (%4.47) ve Mardin Kızıltepe (%5.38) iken; en fazla etkilenenler ise sırasıyla 300 ppm Pb uygulamasında Kemer (%27.59), Artvin Hopa (%21.31) olarak belirlenmiştir. Kemer ve Artvin Hopa, stres altında yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıklarında

olduğu gibi kök yaş ve kuru ağırlıkları bakımından da en fazla kayba uğrayan genotiplerdir. Pb toksisitesinin kök uzama ve gelişimini azalttığı, hasarlı kök sisteminin su, mineral ve besin maddesi alımını kısıtladığı önceden bildirilmiştir (Sharma ve Dubey, 2005). Fargašová (1994), kurşun stresine maruz kalmış bitkilerin kök yaş ve kuru ağırlıklarında azalmaların meydana geldiğini; Jiang ve Liu (2000), sarımsakta kurşunun kökte biriktiğini ve kök kuru ağırlık değerlerinde azalmalara yol açtığını kaydetmiştir. Kurşun uygulamaları doz artışına paralel olarak, patlıcan anaçlarının üst aksam boylarında da kontrol bitkilerine oranla azalmalara neden olmuştur. Stres konularında en yüksek gövde boylarını veren uygulamalar: Vista-306 x 150 ppm Pb (28.58 cm), Doyran x 150 ppm Pb (28.45 cm) olmuş; Hawk x 300 ppm Pb (18 cm) ise denemedeki en kısa boy değerini vermiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kurşun uygulamaları sonucunda, patlıcan anaçlarının üst aksam ve kök boyu ile yaprak alanında meydana gelen değişimler

Anaç adı	Pb (ppm)	Üst aksam boyu (cm)	Değişim (%)	Kök boyu (cm)	Değişim (%)	Üst aksam (yaprak) alanı (cm ² yaprak ⁻¹)	Değişim (%)
Hikyaku	0	29.67 ab ^x		35.00 a		35.09 bc	
	150	27.67 df	-6.74	30.00 dh	-14.29	31.75 df	-9.50
	300	25.33 hj	-14.61	26.08 ln	-25.48	30.33 fg	-13.55
Köksal-F1	0	22.00 lm		35.00 a		38.03 a	
	150	20.67 mn	-6.06	31.75 bc	-9.29	36.00 b	-5.35
	300	19.33 no	-12.12	30.52 cg	-12.81	35.67 b	-6.22
Vista-306	0	31.00 a		33.33 ab		25.84 kl	
	150	28.58 bd	-7.80	29.25 el	-12.25	24.23 lm	-6.23
	300	26.00 gj	-16.13	25.25 mo	-24.25	21.34 n	-17.4
Doyran	0	30.00 ab		31.08 cd		27.67 ik	
	150	28.45 be	-5.17	28.17 ik	-9.38	25.77 kl	-6.87
	300	26.67 fi	-11.11	25.67 mn	-17.43	23.16 mn	-16.30
AGR-703	0	29.38 ac		34.43 a		33.54 cd	
	150	26.83 eh	-8.67	28.92 gj	-16.02	28.75 gi	-14.27
	300	25.17 ij	-14.34	28.00 ik	-18.68	27.94 ij	-16.71
Hawk	0	21.67 m		35.00 a		36.85 ab	
	150	19.58 no	-9.62	30.67 cf	-12.38	28.21 hi	-23.44
	300	18.00 o	-16.92	27.38 jl	-21.76	27.83 ij	-24.48
Mardin Kızıltepe	0	28.00 cf		30.83 ce		32.96 de	
	150	26.75 fi	-4.46	28.67 hj	-7.03	27.47 ik	-16.66
	300	25.55 gj	-8.74	23.67 o	-23.24	25.95 jl	-21.26
Burdur Merkez	0	27.67 df		29.00 fj		31.42 ef	
	150	26.00 gj	-6.02	27.80 ik	-4.14	30.17 fh	-3.97
	300	24.83 jk	-10.24	24.92 no	-14.08	28.30 hi	-9.91
Kemer	0	31.00 a		26.00 ln		32.95 de	
	150	27.00 dg	-12.9	21.39 p	-17.74	30.36 fg	-7.86
	300	24.83 jk	-19.89	17.33 q	-33.33	26.09 jl	-20.82
Artvin Hopa	0	30.67 a		26.67 km		26.77 ik	
	150	26.52 fi	-13.52	21.00 p	-21.25	21.40 n	-20.08
	300	23.50 kl	-23.37	18.00 q	-32.50	18.57 o	-30.63
VK (%)		3.88		3.72		4.21	
LSD 0.05		1.65		1.70		2.00	

^x Aynı harfle belirtilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p > 0.05)

Her genotipte gövde boyu bakımından kendi kontrolüne göre gösterdiği azalma oranı esas alınarak bir sıralama yapıldığında, en az zarar gören genotipler sırasıyla; 150 ppm Pb uygulanan Mardin Kızıltepe (%4.46), Doyran (%5.17) ve Burdur Merkez (%6.02) olmuştur. Bu özellik bakımından kurşun stresinden en fazla zarar gören genotipler; 300 ppm Pb uygulanmış Artvin Hopa (%23.37) ve Kemer (%19.89)'dir. Üst aksam boyunda Pb konsantrasyonlarındaki artışla birlikte meydana gelen azalmalar ile ilgili bulgularımız Yong vd. (2011), Kaur vd. (2012)'nin bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Ayrıca Hussain vd. (2013), kurşun stresinin bitki gelişimini sınırlandıran en önemli faktörlerden biri olarak yeşil aksam yüksekliğini azalttığını vurgulamaktadır.

Kurşun uygulanan genotiplerin kök boylarında da, kontrole göre azalma meydana gelmiş, en düşük değerler 300 ppm Pb uygulamasında tespit edilmiştir. Köksal-F1 kök sistemini stres koşullarında da korumuş, Kemer ve Artvin Hopa bu özellik bakımından da en geride kalan hassas genotipler olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Stres sonrasında kök boyları açısından elde edilen bulgular tüm genotiplerin kök boylarının, gövde boylarına göre kurşun stresinden daha fazla etkilendiklerini ortaya koymuştur. Kök boyu açısından yapılan oransal artış özelliğine göre yapılan değerlendirme sonucunda kurşun stresine en dayanıklı anaçlar sırasıyla: 150 ppm Pb uygulanmış Burdur Merkez (%4.14), Mardin Kızıltepe (%7.03) ve Köksal-F1 (%9.29) olmuştur. En fazla etkilenen genotipler ise 300 ppm Pb uygulanmış Kemer (%33.33), Artvin Hopa (%32.5)'dir. Kök büyümesinin kurşun toksisitesine çok fazla duyarlı olduğu bilinmektedir. Kurşunun, hücre bölünmesini engellemesinden dolayı kök boyunda azalmalara yol açtığı rapor edilmiştir (Eun vd., 2000; Ghani vd., 2010; Yong vd., 2011).

Kurşun uygulamaları doz artışına paralel olarak kontrol bitkilerine oranla yaprak alanlarında önemli düzeyde azalmalara yol açmıştır. Stres uygulamaları arasındaki en yüksek yaprak alanı 36.00 ve 35.67 cm² değerleriyle Köksal-F1 x 150 ppm Pb ve Köksal-F1 x 300 ppm Pb'den elde edilmiştir. En düşük yaprak alanı değerleri Artvin Hopa x 300 ppm Pb (18.75cm²) ve Artvin Hopa x 150 ppm Pb (21.40cm²)'dan alınmıştır. Yaprak alanı azalma oranı bakımından kurşun

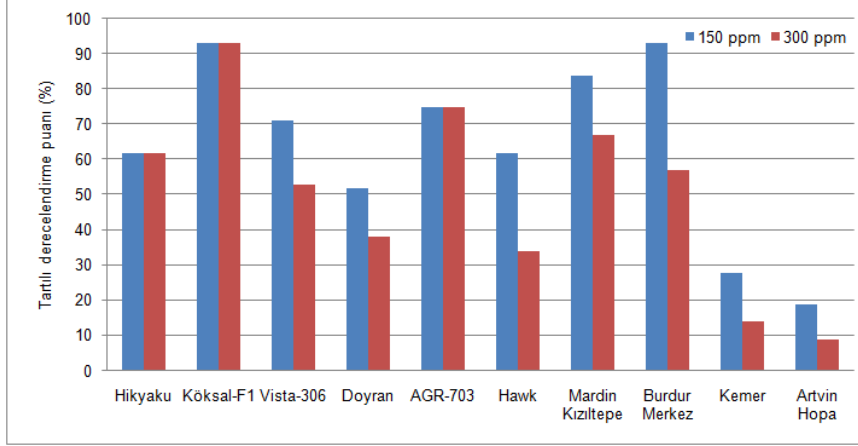
stresinden en az etkilenenler: 150 ppm Pb dozunda Burdur Merkez (%3.97) ve Köksal-F1 (%5.35) şeklinde sıralanırken, en yüksek oranda etkilenenler ise: 300 ppm Pb dozu uygulanan Artvin Hopa (%30.63) ve Hawk (%24.48) olmuştur. Yaprak alanına ilişkin olarak ortaya çıkan bu sonuçlar, stres süresince kurşuna en duyarlı bitki organının sadece kök olmadığını, yaprakların da önemli oranda etkilendiğini göstermiştir. Nitekim Sharma ve Dubey (2005), kurşun elementinin hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesini, stoma hareketlerini ve yaprak alanını azalttığını bildirmişlerdir. Jazi vd. (2011) ve Bharwana vd. (2014), kurşun toksisitesinin yaprak alanı değerlerinde azalmalara yol açabildiğini rapor etmişlerdir.

Tartılı derecelendirme yöntemi ile yapılan değerlendirmeden elde edilen bulgular Şekil 1, Çizelge 3 ve 4'te belirtilmiştir. Şekil 1'de grafiksel olarak görüldüğü gibi her iki kurşun dozu uygulamasında da Köksal F1 anacı en yüksek, Artvin Hopa genotipi en düşük sayısal değerleri almıştır. 150 ppm Pb dozunda Köksal F1 anacı ile aynı genel toplamı alarak en yüksek dayanımı sergileyen Burdur Merkez yerel ıslah hattı, doz 300 ppm'e çıktığında dayanım özelliğini önemli ölçüde kaybetmiştir. Bununla birlikte Köksal F1, AGR 703 anaçları ile bunları takip eden Mardin Kızıltepe ıslah hattı yüksek kurşun dozunda ilk üç sırayı almışlardır. Bazı abiyotik streslere karşı dayanımları incelenen iki yerel kaynaklı ıslah hattının, Pb stresi bakımından da dikkate değer performansı, anaç ıslah çalışmaları için bu iki materyalin önemini vurgulamaktadır. Ayfer ve Çelik (1977), Toprakkarıştıran (1997), Demir ve Beyhan (2000), Düzeltir ve Yanmaz (2004) ve Mercan (2005) da çalışmalarında tartılı derecelendirme yöntemini kullanmışlar, öne çıkan ve selekte edilmesi gereken genotip veya uygulamayı belirleyebilmek amacıyla önemli buldukları özelliklere yüksek puanlar vererek ıslah materyallerini seçmişlerdir.

4. Sonuç

Tuz ve kuraklık streslerine karşı toleransı yüksek Burdur Merkez ve Mardin Kızıltepe yerel patlıcan ıslah hatlarının önemli ağır metallere karşı dayanım durumlarının; abiyotik stres toleransı düşük olan Artvin Hopa ve Kemer genotipleri ve ticari patlıcan anaçlarının bazıları ile karşılaştırmalı

Topal vd. / Derim 34(1):1-10



Şekil 1. İki farklı Pb dozu uygulamasında anaçların aldıkları tartıli derecelendirme puanlarına göre grafiksel değerlendirme

Çizelge 3. 150 ppm Pb dozunda yeşil aksam yaş-kuru ağırlık, kök yaş-kuru ağırlık, gövde ve kök boyu, yaprak alanı değerlerinin kontrol grubuna göre % değişim değerleri ile elde edilmiş tartıli derecelendirme skorları

Özellikler	Anaçlar									
	Hikyaku	Köksal-F1	Vista-306	Doyran	AGR-703	Hawk	Mardin Kızıltepe	Burdur Merkez	Kemer	Artvin Hopa
YAYA										
Değişim (%)	-12.76	-3.97	-10.73	-12.66	-6.11	-5.60	-6.93	-5.42	-12.48	-13.03
SP	1	3	1	1	3	3	3	3	1	1
GP	1	5	1	1	5	5	5	5	1	1
Toplam	1	15	1	1	15	15	15	15	1	1
YAKA										
Değişim (%)	-7.99	-1.08	-2.52	-7.37	-5.63	-11.49	-5.60	-2.46	-9.77	-16.72
SP	2	3	3	2	3	2	3	3	2	1
GP	3	5	5	3	5	3	5	5	3	1
Toplam	6	15	15	6	15	6	15	15	6	1
KYA										
Değişim (%)	-8.58	-3.20	-4.93	-9.15	-5.69	-5.75	-6.74	-3.32	-16.79	-9.30
SP	2	3	3	2	3	3	3	3	1	2
GP	3	5	5	3	5	5	5	5	1	3
Toplam	6	15	15	6	15	15	15	15	1	6
KKA										
Değişim (%)	-5.43	-4.47	-7.75	-10.23	-6.38	-5.92	-5.38	-7.97	-19.54	-14.09
SP	3	3	3	2	3	3	3	3	1	2
GP	5	5	5	3	5	5	5	5	1	3
Toplam	15	15	15	6	15	15	15	15	1	6
GB										
Değişim (%)	-6.74	-6.06	-7.80	-5.17	-8.67	-9.62	-4.46	-6.02	-12.90	-13.52
SP	3	3	2	3	2	2	3	3	1	1
GP	5	5	3	5	3	3	5	5	1	1
Toplam	15	15	6	15	6	6	15	15	1	1
KB										
Değişim (%)	-14.29	-9.29	-12.25	-9.38	-16.02	-12.38	-7.03	-4.14	-17.74	-21.25
SP	2	3	2	3	1	2	3	3	1	1
GP	2	1	2	1	3	2	1	1	3	3
Toplam	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3
YA										
Değişim (%)	-9.50	-5.35	-6.23	-6.87	-14.27	-23.44	-16.66	-3.97	-7.86	-20.08
SP	3	3	3	3	2	1	2	3	3	1
GP	5	5	5	5	3	1	3	5	5	1
Toplam	15	15	15	15	6	1	6	15	15	1
Genel Toplam	62	93	71	52	75	62	84	93	28	19

YAYA: Yeşil aksam yaş ağırlığı, YAKA: Yeşil aksam kuru ağırlığı, KYA: Kök yaş ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı, GB: Gövde (üst aksam) boyu, KB: Kök boyu, YA: Yaprak alanı, SP: Sınıf puanı, GP: Grup puanı.

Çizelge 4. 300 ppm Pb dozunda yeşil aksam yaş-kuru ağırlık, kök yaş-kuru ağırlık, gövde ve kök boyu, yaprak alanı değerlerinin kontrol grubuna göre % değişim değerleri ile elde edilmiş tartılı derecelendirme skorları

Özellikler	Anaçlar										
	Hikyaku Köksal-F1	Vista-306	Doyran	AGR-703	Hawk	Mardin Kızıltepe	Burdur Merkez	Kemer	Artvin Hopa		
YAYA	Değişim (%)	-17.77	-6.20	-11.26	-20.12	-7.97	-20.20	-10.23	-12.55	-20.62	-21.12
	SP	1	3	2	1	3	1	2	2	1	1
	GP	1	5	3	1	5	1	3	3	1	1
	Toplam	1	15	6	1	15	1	6	6	1	1
YAKA	Değişim (%)	-12.29	-6.09	-7.57	-20.03	-6.48	-19.57	-11.01	-15.83	-20.59	-26.14
	SP	3	3	3	1	3	1	3	2	1	1
	GP	5	5	5	1	5	1	5	3	1	1
	Toplam	15	15	15	1	15	1	15	6	1	1
KYA	Değişim (%)	-13.94	-8.17	-22.16	-13.25	-10.8	-11.89	-13.45	-12.04	-22.39	-19.14
	SP	2	3	1	2	3	3	2	3	1	1
	GP	3	5	1	3	5	5	3	5	1	1
	Toplam	6	15	1	6	15	15	6	15	1	1
KKA	Değişim (%)	-7.47	-6.99	-11.5	-18.60	-8.41	-15.21	-7.64	-21.01	-27.59	-21.31
	SP	3	3	3	2	3	2	3	2	1	1
	GP	5	5	5	3	5	3	5	3	1	1
	Toplam	15	15	15	6	15	6	15	6	1	1
GB	Değişim (%)	-14.61	-12.12	-16.13	-11.11	-14.34	-16.92	-8.74	-10.24	-19.89	-23.37
	SP	2	3	2	3	2	2	3	2	1	1
	GP	3	5	3	5	3	3	5	3	1	1
	Toplam	6	15	6	15	6	6	15	6	1	1
KB	Değişim (%)	-25.48	-12.81	-24.25	-17.43	-18.68	-21.76	-23.24	-14.08	-33.33	-32.5
	SP	2	3	2	3	3	2	2	3	1	1
	GP	2	1	2	1	1	2	2	1	3	3
	Toplam	4	3	4	3	3	4	4	3	3	3
YA	Değişim (%)	-13.55	-6.22	-17.40	-16.30	-16.71	-24.48	-21.26	-9.91	-20.82	-30.63
	SP	3	3	2	2	2	1	2	3	2	1
	GP	5	5	3	3	3	1	3	5	3	1
	Toplam	15	15	6	6	6	1	6	15	6	1
Genel Toplam	62	93	53	38	75	34	67	57	14	9	

YAYA: Yeşil aksam yaş ağırlığı, YAKA: Yeşil aksam kuru ağırlığı, KYA: Kök yaş ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı, GB: Gövde (üst aksam) boyu, KB: Kök boyu, YA: Yaprak alanı, SP: Sınıf puanı, GP: Grup puanı.

olarak incelendiği çalışmada, 150 ppm kurşun nitrat içeren sulama uygulaması bitki gelişmesi üzerinde 20 gün içerisinde dramatik seviyede sarsıcı bir etki yapmamış olmakla birlikte, stres belirtilerine yol açmıştır. Stres faktörünün dozu 300 ppm'e çıkartıldığında ise, bitki büyüme ve gelişme parametreleri belirgin bir şekilde azalmıştır. Yeşil aksam ve köklerin yaş ve kuru ağırlıklarında, kök ve gövde boyunda, yaprak alanı değerlerinde Pb dozlarına bağlı olarak düşüş meydana gelmiştir. Genotiplerin Pb stresine gösterdikleri tepkiler farklı olmuştur. Denemenin temel başlangıç noktasını oluşturan Burdur Merkez ve Mardin Kızıltepe ıslah hatları Pb stresi altında oldukça iyi performans göstermişlerdir. 150 ppm Pb dozunda Köksal-

F1 ve AGR 703 anaçları ile neredeyse aynı dayanımı sergileyen bu iki yerel kaynaklı genotip, stres dozunun artmasıyla birlikte yabancı türlerden kan taşıyan ticari anaçlarla yarışmamış ve önemli düzeyde gelişme kayıpları yaşamıştır. Abiyotik streslere tolerans gösteren ve antioksidant enzim aktivitelerini yüksek kapasitede çalıştıran genotipler olan Mardin Kızıltepe ve Burdur Merkez ıslah hatlarının (Kıran vd., 2014), stres faktörünün kümülatif yoğunluğa (örneğin 300 ppm) uzun sürede ulaşacak şekilde küçük dozlarla (300 ppm / 20 ppm = 15 kere sulama) verilmesi durumunda farklı tepki verme olasılığı bulunmakta olup, yapılacak çalışmalarda kültür alanlarındaki performansına yakın

değerlendirmeler yapılabilir. Ancak Kemer ve Artvin Hopa hassas genotipleri, Pb stresinin hem düşük hem de yüksek doz uygulamasında en geride kalan ve fazla etkilenen genotipler olmuşlardır. Abiyotik streslerden birine dayanımı yüksek olan bir genotipin potansiyel olarak diğer abiyotik streslere de az veya çok dayanım gösterebileceği öngörülebilir. Kurşun içeren sulama sularının henüz genç dönemdeki patlıcan bitkilerinde hasar oluşturan etkilerinin bulunduğu görülmüştür. Patlıcanın da aralarında bulunduğu kültür bitkilerinin üretimleri, çok yoğun Pb üreten sanayi kuşağının nispeten uzağındaki yerlerde yapılmaktadır. Böylece kurşun etkisi birden değil, yavaş yavaş görülmektedir. Göreceli stres uygulaması durumunda bitkiler genç dönemlerini atlatabilmekte, ileri gelişme dönemlerine ulaşabilirlerse toleranslılıkları da artmaktadır. Bu konuda çalışmaların ileri gelişme düzeylerinde de yapılması, uzun süreli kümülatif yoğunluğun zaman içinde tamamlandığı denemelerin planlanması gerekli görülmektedir. Ayrıca sadece bitkinin toleransı ve gelişimi açısından değil, topraktan alımı ve bitkide, özellikle meyvede biriken kurşun miktarı üzerindeki sınırlayıcı etkisi bakımından da anaç kullanımı ve aşılama etkisinin çalışılması yararlı olacak konular arasındadır.

Kaynakça

- Arao, T., Takeda, H., & Nishihara, E. (2008). Reduction of cadmium translocation from roots to shoots in eggplant (*Solanum melongena*) by grafting onto *Solanum torvum* rootstock. *Soil Science & Plant Nutrition*, 54(4):555-559.
- Ayfer, M., & Çelik, M. (1977). Akça, Ankara ve Williams armut çeşitleri ile S.Ö. ayva anaçlarının uyumları üzerinde araştırmalar. *TÜBİTAK VI. Bilim Kongresi*, s:111-112.
- Bandehagh, A. (2013). Comparative study of some characteristics in leaves and roots of two canola genotypes under lead stress. *Journal of Plant Physiology & Breeding*, 1(1):23-33.
- Bharwana, S.A., Shafaqat, A.S., Farooq, M.A., Iqbal, N., Hameed, A., Abbas, F., & Ahmad, M.S.A. (2014). Glycine betaine-induced lead toxicity tolerance related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes suppressed lead uptake and oxidative stress in cotton. *Turkish Journal of Botany*, 38(2):281-292.
- de Abreu, C.A., de Abreu, M.F., & de Andrade, J.C. (1998). Distribution of lead in the soil profile evaluated by DTPA and Mehlich-3 solutions. *Bragantia*, 57(1):185-192.
- Demir, T., & Beyhan, N. (2000). Samsun ilinde yetiştirilen fındıkların seleksiyonu üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 24:173-183.
- Düzeltir, B., & Yanmaz, R. (2004). Çekirdek kabağında (*Cucurbita pepo* L.) seleksiyon yoluyla ıslah. *V. Sebze Tarımı Sempozyumu*, 21-24 Eylül, Çanakkale, s:63-68.
- Eun, S.O., Youn, H.S., & Lee, Y. (2000). Lead disturbs microtubule organization in the root meristem of *Zea mays*. *Physiologia Plantarum*, 110(3):357-365.
- FAO (2014). Statistical database. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> Erişim tarihi: 15 Aralık 2015.
- Fargasova, A. (1994). Effect of Pb, Cd, Hg, As and Cr on germination and root growth of *Sinapis alba* seeds. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 52(3):452-456.
- Freed, R., Einensmith, S.P., Guets, S., Reicosky, D., Smail, V.W., & Wolberg, P. (1989). User's guide to MSTAT-C, an analysis of agronomic research experiment. Michigan State University, USA.
- Ghani, A., Shah, A.U., & Akhtar, U. (2010). Effect of lead toxicity on growth, chlorophyll and lead (Pb) content of two varieties of maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(9):887-891.
- Hassan, M., & Mansoor, S. (2014). Oxidative stress and antioxidant defense mechanism in mung bean seedlings after lead and cadmium treatments. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 38(1):55-61.
- Huang, Y.Z., Hu, Y., Liu, Y.X., & Zhu, Y.G. (2006). Effects of bone char on uptake and accumulation of heavy metals by three rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Nongye Huanjing Kexue Xuebao*, 25(6):1481-1486.
- Hussain, A., Abbas, N., Arshad, F., Akram, M., Khan, Z.I., Ahmad, K., Mansha, M., & Mirzaei, F. (2013). Effects of diverse doses of Lead (Pb) on different growth attributes of *Zea mays* L. *Agricultural Sciences*, 4(5):262-265.
- Janmohammadi, M., Bihamta, M.R., & Ghasemzadeh, F. (2013). Influence of Rhizobacteria inoculation and lead stress on the physiological and biochemical attributes of wheat genotypes. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 46(1):49-67.
- Jazi, S. B., Yazdi, H.L., & Ranjbar, M. (2011). Effect of salicylic acid on some plant growth parameters under lead stress in *Brassica napus* var. Okapi. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 1(3):177-185.
- Jiang, W., & Liu, D. (2000.) Effects of Pb²⁺ on root growth, cell division, and nucleolus of *Zea mays* L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 65(6):786-793.
- Kaur, G., Singh, H.P., Batish, D.R., & Kohli, R.K. (2012). Growth, photosynthetic activity and oxidative stress in wheat (*Triticum aestivum*) after exposure of lead to soil. *Journal of Environmental Biology*, 33(2):265-269.
- Kıran, S., Özkay, F., Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş. (2014). Tuz Stresine Tolerans Seviyeleri

- Belirlenmiş Bazı Genotiplerin Kuraklık Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu: A-02.P-04, Ankara.
- Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Özgün, Ö., Sönmez, K., Özbek, H., & Ellialtıoğlu, Ş.Ş. (2015a). Bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk stresi koşullarındaki gelişmelerinin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1):20-30.
- Kıran, S., Özkay, F., Kuşvuran, Ş., & Ellialtıoğlu, Ş.Ş. (2015b). Effect of lead of some morphological and biochemical properties in crisp lettuce plants (*Lactuca sativa* var. *crispa*). *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 5(1):83-88.
- Mercan, T. (2005). Organik gübreleme yapılarak tarım ilacı kullanmadan ve klasik yöntem uygulanarak üretilen domatesler ile bunlardan elde edilen bazı ürünlerin kalitelerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Miranda, M.G., & Ilangovan, K. (1996). Uptake of lead by *Lemna gibba* L. influence on specific growth rate and basic biochemical changes. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 56(6):1000-1007.
- Mori, S., Uraaguchi, S., Ishikawa, S., & Arao, T. (2009). Xylem loading process is a critical factor in determining Cd accumulation in the shoots of *Solanum melongena* and *Solanum torvum*. *Environmental Experimental Botany*, 67(1):127-132.
- Mroczek-Zdyrska, M., & Wójcik, M. (2012). The influence of selenium on root growth and oxidative stress induced by lead in *Vicia faba* L. minor plants. *Biological Trace Element Research*, 147(1-3): 320-328.
- Savvas, D., Colla, G., Roupael, Y., & Schwarz, D. (2010). Amelioration of heavy metal and nutrient stress in fruit vegetables by grafting. *Scientia Horticulturae*, 127(2):156-161.
- Sharma, P., & Dubey, R.S. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1):35-52.
- Sönmez, K. (2014). Likopen, β-karoten ve morfolojik özellikler bakımından yerel sofralık domateslerde genotip x çevre etkileşimini. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Sugiyama, M., Ae, N., & Arao, T. (2007). Role of roots in differences in seed cadmium concentration among soybean cultivars-proof by grafting experiment. *Plant and Soil*, 295(1):1-11.
- Talhouni, M. (2016). Patlıcanda tuzluluk stresine dayanımın artırılmasında anaçların ve yerel gen kaynaklarının etkinliği üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Toprakkarıştıran, G. (1997). Çekirdek kabaklarında seleksiyon işlahı: 1. döl kademesinin elde edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Yaşar, F. (2003). Tuz stresi altındaki patlıcan genotiplerinde bazı antioksidant enzim aktivitelerinin in vitro ve in vivo olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- 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 Horticultural Science*, 37(3):189-199.
- Yong, X., Zhang, Z., & Yang, Q. (2011). Effect of lead stress on growth characteristic and physiological indexes of *Alternanthera philoxeroides*. *Agricultural Science & Technology-Hunan*, 12(3):347-349.