

established in
2016



MAS JOURNAL of Applied Sciences

ISSN 2757-5675

DOI: <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.173>

Araştırma Makalesi

Farklı Ağır Metal Uygulamalarının Tek Yıllık Çim (*Lolium multiflorum*) Bitki Gelişimi ve Fizyolojisi Üzerine Etkisi

Zeynep GÜL^{1*}, Abdullah YAZICI²

¹Atatürk Üniversitesi, Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi, Erzurum

²Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Programı, Erzurum

*Sorumlu yazar: zduumlu@atauni.edu.tr

Geliş Tarihi: 15.09.2021

Kabul Tarihi: 25.10.2021

Özet

Bu çalışma, sera şartlarında kadmiyum (Cd) (0, 100, 150 ve 200 mg/kg) ve kurşun (Pb) (1000, 1500 ve 2000 mg/kg) uygulamalarının tek yıllık çimin (*Lolium multiflorum*) bitki gelişimi ve bazı fizyolojik özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Tek yıllık çimde fide boyu, bitki kök taze ve kuru ağırlıkları, yaprak sayısı, klorofil, yaprak alanı, elektriksel iletkenlik ve DOSİ gibi parametreler ağır metal stresinden olumsuz etkilenmişlerdir. Cd artan dozlarında (150,200 mg/kg) tohum çıkışı sağlanamamıştır. Fide boyu ve ağırlıklarda (bitki kök taze ve kuru ağırlıkları) kurşunda kontrol grubuna göre artış gözlemlenirken, kadmiyum uygulamalarında düşme kaydedilmiştir. Araştırma konusu metallerin konsantrasyonunun artışıyla beraber klorofil ve yaprak alanının düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu çalışma, kadmiyum ağır metalinin tek yıllık çimde kurşundan daha fazla stres oluşturduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Tek yıllık çim (*Lolium multiflorum*) Cd, Pb, ağır metal

Effects of Different Heavy Metal Applications on Plant Growth and Physiology of Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum*)

Abstract

This study investigated the plant growth of cadmium (Cd) (0, 100, 150 and 200 mg kg⁻¹) and lead (Pb) (0, 1000, 1500 and 2000 mg kg⁻¹) applications in one-year grass (*Lolium multiflorum*) under greenhouse conditions. and to determine the effects on some physiological properties. Parameters such as seedling height, plant root fresh and dry weight, number of leaves, chlorophyll, leaf area, electrical conductivity and DOSI were negatively affected by heavy metal stress. Seed emergence could not be achieved at increasing doses of Cd (150,200 mg kg⁻¹). While an increase was observed in lead in seedling height and weight compared to the control group, a decrease was observed in cadmium applications. It was observed that the chlorophyll and leaf area decreased with the increase in the concentration of the metals. This study showed that cadmium heavy metal causes more stress in annual grass than lead.

Keywords: Annual grass (*Lolium multiflorum*) Cd, Pb, heavy metal

GİRİŞ

Çeşitli atıklarla kirletilmiş toprakların bitkiler yoluyla temizlenme fikri yeni bir uygulama değildir. Tarih olarak 300 yıl önce dahi bitkilerin atık suların kirlettiği alanlarda kullanılması önerilmiştir (Hartman, 1975). 19. yüzyıl sonunda *Thlaspi caerulescens* ve *Viola calaminaria* bitkileri yapraklarında yüksek oranlarda metal biriktiren ilk bitki türleri olarak kayda geçmiştir (Baumann, 1985). Son yıllarda özellikle bitkinin kökleri vasıtasıyla metali alarak hasat edilebilen organlarına iletebilmesinin (fitoekstraksiyon) biyolojisini araştıran çok sayıda çalışmalar yapılmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda metal depolayabilen bitkilere rastlanması bu araştırmaları özellikle özgün kılmaktadır. İyileştirici ajan olarak da tanımlanan bu bitkilerin belirlenebilmesi toprak ve su kaynaklarının birçok kirleticiye maruz kaldığı günümüzde oldukça önemlidir. Bitkilerin yetişme ortamında bulunan elementleri düşük oranlarda dahi olsa bünyelerine aldığı bilinmektedir. Bu elementlerden 16 tanesi (C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B, Cl, ve Mo) bütün bitkiler için mutlak gerekli besin maddeleridir (Okçu ve ark., 2009). Diğer 6 element (Co, Al, Na, Si, Ni ve V) ise sadece bazı bitkilere veya prosesler için gerekli olduğu kabul edilen yararlı elementlerdir (Yıldız, 2003). Bitkiler için mutlak zararlı olan ağır metaller ise Co, Ni, Cd, Cr, Hg ve Pb olarak değerlendirilmektedir (Bergman 1992; Altınbaş vd. 2004). Adı geçen ağır metaller bitkiler üzerinde ciddi toksik etkilere neden olmaktadır. Bunun yanında bitki bünyesindeki biyokimyasal bazı tepkimeleri de olumsuz bir biçimde etkilemektedirler. Bitkilerin transpirasyon oranı, fotosentez olayı, stomaların bazı hareketleri, bitkilerin dışarıdan su adsorbsiyonu, tohumların çimlenmesi, bitki bünyesinde

bazı enzimlerin aktivitesi ve gerekli bazı proteinlerin sentezlenmesi gibi bitkiler için hayati derecede önemli olan birçok fizyolojik ve biyokimyasal tepkime ağır metal toksisitesinden olumsuz olarak etkilenmektedir (Kennedy ve Gonsalves, 1987). Yapılan çalışmalar ağır metallerin bitkilerde vejetatif organların yanısıra generatif organları da önemli derecede etkilediğini göstermiştir (Zheljazkov ve Nielsen, 1996). Kadmiyumun (Cd), çok sayıda sanayi faaliyetlerinde kullanılması hava, toprak ve suyla gıda maddelerine bulaşma riskini arttırmaktadır. Bunun yanında tarımsal faaliyetlerden kaynaklı metallerinde başında gelmektedir (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010; Özkan, 2017). Ağır metaller arasında kadmiyum (Cd), yüksek derecede toksik ve biyolojik olarak parçalanamayan bir kirleticidir ve bitki kökleri tarafından kolayca alınır, diğerlerine aktarılır (Nocito ve ark., 2011). Bu durum insan sağlığını ve ekosistem güvenliğini tehdit etmektedir (Agami ve Mohamed, 2013) Bitkilerin tolere edilebilir alım düzeyleri her metal için farklıdır. Bu durum kadmiyum (Cd) içinde geçerlidir. Yapılan bir araştırmada mısır, bezelye ve fasulyenin düşük miktarlarda kadmiyum (Cd) akümüle ettiği, buna karşılık salatalık, ıspanak, kereviz ve lahananın ise yüksek oranlarda kadmiyumu (Cd) akümüle edebildiği tespit edilmiştir (Davis ve Calton-Smith, 1980). Günümüzde madenlerden her yıl 4 milyon ton kurşun çıkarıldığı bilinmektedir (Nassouhi, 2018). Kurşunlu benzin kullanımı, boyalar, elektronik atıklar ve piller kurşunun oranını artıran etmenlerden bazılarıdır. Bu gibi faaliyetler kurşun elementinin son 30 yılda 1000 katına çıkmasına sebep olmuştur (Sağlam ve Cihangir, 1995). Hava, su ve toprak yoluyla; besin maddelerine dahil olup, biyolojik sistemlere girebilmektedir. Yüksek düzeyde zehirleyici etkilere

sahip olmasının yanında, endüstride de en çok kullanılan metaller arasındadır (Aslanhan, 2012). Bitkilerin kurşunu bünyesine alarak, ortamdaki miktarıyla orantılı olarak kök, gövde, yaprak, kök modülleri ve tohumlarında biriktirdikleri bilinir (Singh ve ark., 1997). Kurşunun vücutta birikerek kronik zehirlenmeye neden olması, bu elementin yiyecekler ve sudaki miktarlarının belirlenmesini önemli hale getirmiştir (Mertz, 1987; Dilgin, 1999). Çevresel kirliliğe sebep olan en önemli ağır metal olmasının yanı sıra, insan faaliyetleri ile ekolojik sistemi olumsuz etkileyen ilk metaldir (Çetinkaya, 2011). Tek yıllık çim (*Lolium multiflorum*), son yıllarda ülkemizde ekim alanları artan bir bitkidir. Kuru ot, otlak silaj, toprak muhafaza, pelet yem ve çim bitkisi olarak kullanılan önemli bir yem bitkisidir (Tan, 2018). Ekimden sonra hızlı büyümesi ve tek yıllık oluşu ile, hava kirliliği olan bölgelerde, hava kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan en popüler bitkilerden birisidir (Borowiak ve ark., 2014). Hızlı kök gelişimi ve besin alımının yanında iz elementlerini absorpsiyonunda kolay olan bir bitkidir (Hannaway ve ark., 1999). Bu avantajlarının yanı sıra pek çok yerde bulunma ihtimalinden dolayı potansiyel bir biyoindikatör olarak kabul edilmiştir (Borowiak ve ark., 2014). Tek yıllık çim (*Lolium multiflorum*), havadaki ağır metal konsantrasyonuna olan toleransı ile ilgili yapılan çok sayıda çalışma mevcuttur ancak sera koşullarında yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Bitkilerin ağır metallerden etkilenme durumu çok değişkenlik göstermektedir. Aynı bitkinin türleri bile farklı tolerans eşiklerine sahip olabilmektedir. Bazı bitkiler hafif metal konsantrasyonlarında strese girerken bazı bitkilerin metal ağırlıklı topraklarda dahi endemik olduğu ve diğer toksik bileşenlerin alışılmış miktarından da

daha fazlasını tolere edebildiği yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir (Dahmani-Muller ve ark., 2000; Banuelos ve ark., 1997; Raskin ve Ensley, 2000; Blaylock ve Huang, 2000).

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi uygulama seralarında saksılarda yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak Tek yıllık çim (*Lolium multiflorum*)'e ait 'Turgo' çeşidi kullanılmıştır. Gübre olarak %20-21'lik amonyum sülfat ve %43-44'lük TSP gübresi uygulanmıştır.

3.1. Denemenin Kurulması

Tohumlar 2 litre hacminde bahçe toprağı: torf: kum karışımı ile doldurulmuş saksılara 1-1,5 cm derinliğe her saksıya 7 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Fide oluşumundan sonra her saksıda homojen görünüme sahip dört bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Saksıların nem durumu kontrol edilerek ihtiyaç olduğunda saksılara tarla kapasitesine kadar su verilmiştir.

3.2. Ağır Metal Uygulamaları

Kadmiyum 4 doz ($CdSO_4 \cdot 8H_2O$) (50, 100, 150 ve 200 mg/kg), kurşun 4 doz ($PbNO_3$) (500, 1000, 1500, 2000 mg/kg), 1 kontrol grubu (hiçbir uygulama yapılmayan), olmak üzere 9 uygulama, 3 tekerrür ve her tekerrürden 2 saksı olacak şekilde toplamda 54 ($9 \times 3 \times 2 = 54$) saksıda tesadüf parselleri deneme deseninde çalışma yürütülmüştür. Toprağı kirletmek için farklı konsantrasyonlarda kadmiyum (100, 150 ve 200 mg/kg) ve kurşun (1000, 1500 ve 2000 mg/kg) ortama karıştırılarak tarla kapasitesine kadar sulandıktan sonra 3 haftalık inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda tek yıllık çim (*Lolium multiflorum*) tohumları ekilmiştir. Saksı çalışması 50 günde tamamlanmış ve

deneme sonunda bitkiler saksılardayken veya saksılardan alındıktan sonra aşağıda belirtilen gözlem, ölçüm, tartım ve analizler yapılmıştır.

Fide boyu: Cetvel ile cm olarak ölçülmüştür.

Toprak üstü taze ağırlık: Hassas terazide g olarak tartılmıştır.

Toprak üstü kuru ağırlık: Etüvde 68 °C de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutularak g olarak tartılmıştır.

Kök taze ağırlık: Hassas terazide g olarak tartılmıştır.

Kök kuru ağırlık: Etüvde 68 °C de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutularak g olarak tartılmıştır.

Yaprak sayısı: Adet olarak belirlenmiştir.

Klorofil miktarı (Klorofil metre ile SPAD değeri olarak): Bitki yapraklarının klorofil içeriği, (SPAD–502, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan marka) SPAD-502 klorofil metre ile saptanmıştır.

Yaprak alanı: Her bir uygulamadaki bitkilerin yaprak alanları yaprak alan ölçer (LICOR, Model: LI-3100, Lincoln, NE, ABD) kullanılarak belirlenmiştir.

Doku Elektriği İletkenliği: Bitkide meydana gelen stresin hücre zarlarında ve yaprak dokusunda meydana getirdiği hasarın bir belirtisi de yaş yaprak dokularında yapılan elektrik iletkenlik ölçümleridir. Bu amaçla her bir tekrardan tesadüfi olarak seçilen 2 bitkinin en son gelişmiş gerçek yapraklarından alınan diskler (1 cm çapında) 20 ml saf su içeren cam şişelerin içine konarak çalkalayıcıda 24 saat çalkalanıp ve ardından ıslatma suyunun elektriksel iletkenliği Kaya ve ark., (2003)'da belirtilen yöntemle ölçülerek, hücre zarlarının geçirgenliği (zarar görme oranı) tespit edilmiştir (EC1). Örnekler otoklavda 121°C'de 20 dakika bekletilerek hücre ve dokuların tamamen parçalanması sağlanarak ardından ikinci ölçüm yapılmıştır (EC2).

EC1/ EC2 arasındaki oran hesaplanarak göreceli elektriksel iletkenlik değerleri hesaplanmıştır.

Doku Oransal Su İçeriği (DOSİ): Hayatta kalan bitkiler arasında rastgele seçilen 2 bitkiden alınan yaprak diskleri (1 cm çapında) hemen tartılarak taze ağırlıkları tespit edilmiştir (TA). Tartıldıktan sonra diskler içerisinde bir miktar saf su bulunan petri kaplarının içerisine konularak 5 saat boyunca bekletilip sonra disklerin üzerindeki fazla su kurutma kâğıdı yardımıyla silinerek tekrar tartılmış ve turgorlu ağırlıkları tespit edilmiştir (TU). Sonraki aşamada bu diskler, petrilerin içerisine konularak 72°C'ye ayarlanmış olan etüvde 48 saat boyunca bekletilerek yeniden tartılmış ve kuru ağırlıkları tespit edilmiştir (KA). Doku su içeriği Kaya ve ark., (2003)'da belirtilen aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. $DOSİ = [(TA - KA) / (TU - KA)] \times 100$

İstatistiksel Değerlendirme
Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü kurulmuştur. Deneme sonucunda elde edilen veriler SPSS 18 paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutularak, ortalamalara ait farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (SPSS Inc., 2010).

ARAŞTIRMA BULGULARI

Tek yıllık çim (*Lolium multiflorum*) bitkisine uygulanan kadmiyum ve kurşun ağır metallerinin bitki üzerindeki etkileri Çizelge 1 ve 2'de görülmektedir. Kadmiyum 1500 ve 2000 dozlarında tohum çıkışı sağlanamamıştır. Yapılan çalışmalar ağır metal toksisitesinin tohumlarda alfa ve beta amilaz aktivitesini azaltarak embriyonun gelişmesinde rol oynayan şeker aktivitesini olumsuz etkilediğini ve dolayısıyla tohumların çimlenmesini engellediğini göstermektedir (Yıldız ve ark., 2011). Sera şartlarında yapılan bu

çalışma, Tek yıllık çimin (*Lolium multiflorum*) kadmiyum ve kurşun metal uygulamalarına toleransının farklı olduğunu göstermiştir. Fide boyu ve ağırlık parametreleri kurşun uygulamasının kontrol grubuna göre artış gösterirken, kadmiyum uygulamalarında azalma göstermiştir. Nitekim Yıldırım ve ark. (2019), bitki

üzerinde kadmiyumun düşük dozlarının, kurşunun yüksek dozlarından daha etkili stres oluşturduğunu belirtmişlerdir. Kadmiyum stresinin bitkilerde kök büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemesinin, su ve iyon alımının azalmasına neden olduğu bilinmektedir (Yerli ve ark., 2020).

Çizelge 1. Uygulamaların Tek Yıllık Çim’de (*Lolium multiflorum*) bitki gelişimi üzerine etkisi

Uygulamalar	Fide Boyu (cm)	Bitki taze ağı. (g)	Bitki kuru ağı. (g)	Kök taze ağı. (g)	Kök kuru ağı. (g)
Kontrol	17.43 a	0.42 a	0.66 a	0.259 a	0.13 a
Cd 50	14.50 abc	0.31 ab	0.44 ab	0.158 bc	0.25 a
Cd 100	14.93 ab	0.34 a	0.47 a	0.201 abc	0.30 a
Cd 150	-	-	-	-	-
Cd 200	-	-	-	-	-
Pb 500	10.76 c	0.18 b	0.23 b	0.126 bc	0.18 a
Pb 1000	11.23 bc	0.18 b	0.23 b	0.123 bc	0.18 a
Pb 1500	13.67 bc	0.31 ab	0.45 ab	0.116 c	0.19 a
Pb 2000	13.56 bc	0.36 a	0.53 a	0.208 ab	0.30 a

p<0.01, *p<0.001

Çizelge 2 incelendiğinde araştırma konusu metallerin içeriğinin artışıyla beraber klorofil ve yaprak alanının azaldığı gözlemlenmiştir. Yaprak sayısı kadmiyum uygulamasında azalırken, kurşun uygulamasında artmıştır. Her iki metalin uygulaması EC değerlerini artırmış, DOSİ değerlerini düşürmüştür. Bu bulguların literatür ile uyduğu

gözlemlenmiştir (Yıldırım ve ark., 2019; Alım, 2020). Kurşun elementinin, stoma hareketlerini azaltarak, hücre turgoru ve stabilitesini olumsuz yönde etkileyerek, yaprak alanını azalttığı bilinmektedir. Aynı zamanda kökler tarafından tutulması ve kök gelişimini azaltması nedeniyle bitkilerin besin alımını da azaltmaktadır (Sharma ve Dubey, 2005).

Çizelge 2. Uygulamaların Tek Yıllık Çim’de (*Lolium multiflorum*) yaprak sayısı, klorofil değeri, elektriksel iletkenlik ve DOSİ üzerine etkisi

Uygulamalar	Yaprak sayısı (adet/bitki)	Klorofil (SPAD)	Yaprak alanı (cm ² /bitki)	Elektriksel iletkenlik (%)	DOSİ (%)
Kontrol	4.33 a	20.56 a	19.37 a	46.85 e	80.46 a
Cd 50	2.66 bc	16.83 c	17.32 bc	54.24 d	78.28 a
Cd 100	2.33 c	14.63 b	16.54 bc	60.14 c	72.32 c
Cd 150	-	-	-	-	-
Cd 200	-	-	-	-	-
Pb 500	3.00 bc	18.20 b	17.41 b	55.42 d	78.13 a
Pb 1000	2.66 bc	14.93 b	15.84 c	61.90 bc	75.57 b
Pb 1500	2.66 bc	14.66 b	13.95 d	65.83 b	69.68 d
Pb 2000	3.66 ab	12.66 d	13.92 d	68.86 a	66.17 e

p<0.01, *p<0.001

SONUÇ ve ÖNERİLER

Ağır metal birikimi hızlı nüfus artışına ve buna bağlı olarak aşırı tüketimden dolayı giderek artan bir tehdit unsuru haline gelmiştir. Çevre koşullarının iyileştirilmesi mümkün olmadığından, mevcut şartlara toleranslı bitkilerin belirlenmesi ve buna bağlı pratik uygulamaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışma sera koşullarında kurşun ve kadmiyum ağır metallerinin Tek yıllık çim'in (*Lolium multiflorum*) bitki gelişimine etkilerini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma konusu ağır metallerden kadmiyum kirliliği, bitki taze ve kuru ağırlık gibi bitki büyüme parametrelerini olumsuz etkilediğinin yanı sıra elektriksel iletkenlik ve Dosi uygulamalarında da olumsuz etkisini sürdürmüştür. 150 ve 200 mg/kg dozlarında tohum çıkışı dahi sağlanamamıştır. Fide boyu, bitki yaş-kuru ağırlıkları ve yaprak sayısı parametrelerinde kurşun stresinin bitkiye olumsuz etkileri görülmezken, diğer parametrelerdeki olumsuz etki doza bağlı olarak artış göstermiştir. Bu çalışma sonunda Tek yıllık çimin kurşun ağır metaline, kadmiyumdanda daha toleranslı olduğu sonucuna varılmıştır. Daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP, Proje Numarası: FBA-2020-8494) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Agami, R.A., Mohamed, G.F. 2013. Exogenous Treatment With İndole-3-Acetic Acid And Salicylic Acid Alleviates Cadmium Toxicity İn Wheat Seedlings. *Ecotoxicology And Environmental Safety* 94:164–171.

- Alım, Z. 2020. Hümik Asit Uygulamalarının Ağır Metal Stresi Altında Yetiştirilen Terede Bitki Gelişimi ile Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkileri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Altınbaş, A., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S. 2004. Toprak Bilimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 557. İzmir. 355s.
- Aslanhan, E. 2012. Çevresel Kirliliklerin Takibinde Kullanılacak Yeni Biyomonitör Bitkiler. Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Banuelos, G.S., Ajwa, H.A., Mackey, B., Wu, L., Cook, C., Akohoue, S., Zambruski, S. 1997. Selenium-Induced Growth Reduction İn Brassica Land Races Considered For Phytoremediation. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 36: 282-287 Pp.
- Baumann, A. 1885. Das Verhalten Von Zinksätzen Gegen Pflanzen Und İm Boden. *Landwirtsch. Vers Statn* 31: 1–53
- Bergman, W. 1992. Ernährungsstörungen Bei Kulturpflanzen, Drtte, Erweiterte Auflage, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
- Blaylock, M.J., Huang, J.W. 2000. Phytoextraction Of Metals, İn: I.Raskin And B.D.Ensley(Ed.) *Phytoremediation Of Toxic Metals : Using Plants To Clean Up The Environment*, John Wiley And Sons, Inc, Toronto, Canada, P 303.
- Borowiak, K., Zbierska, J., Baralkiewicz, D., Hanć, A., Budka, A., Kayzer, D., Kawala, A. 2014. Biomonitoring Of Air Pollution By Trace Elements Using Italian Ryegrass (*Lolium Multiflorum* L. 'Lema'). *Polish Journal Of Environmental Studies* 23(3): 681–688.
- Çağlarırnak, N., Hepçimen, A.Z. 2010. Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri Ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda* 8 (2): 31-35.

- Çetinkaya, U. 2011. *Platanus Occidentalis* L. (Platanaceae) Gövde Kabuklarının Biomonitor Özellikleri, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Dahmani-Muller, H., Oort, F., Gelie, B., Blabene, M. 2000. Strategies Of Heavy Metal Uptake By Three Plants Species Growing Near A Metal Smelter. *Environ. Pollut.* 109: 231-238.
- Davis, R.D., Calton-Smith. 1980. Crops As Indicators Of The Significance Of Contamination Of Soil By Heavy Metals, Wrci Stevenage Tr140.
- Dilgin, Y. 1999. Elazığ Ve Yöresinde Yetişen Sebze-Meyve Ve Bunların Yetiştirildiği Topraklardaki Pb Ve Cd'un Aas İle Tayini, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Elazığ
- Hannaway, D., Fransen, S., Cropper, J., Teel, M., Chaney, M., Griggs, T., Halse, R., Hart, J., Cheeke, P., Hansen, D., Klinger, R., Lane, W. 1999. Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). Oregon State University
- Hartman, Wj. Jr., 1975. An Evaluation Of Land Treatment Of Municipal Wastewater And Physical Siting Of Facility Installations. Us Department Of Army, Washington, Dc
- Kaya, M.D., İpek, A., Öztürk, A. 2003. Effects Of Different Soil Salinity Levels On Germination And Seedling Growth Of Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.). *Turkish J Agric For.* 27:221–227.
- Kennedy, C.D., Gonsalves F. 1987. The Action Of Divalent Zinc, Cadmium, Mercury, Copper And Lead On The Trans-Root Potential And Efflux Of Excised Roots. *J.Exp. Bot.* 38: 800-817.
- Mertz, W. 1987. Trace Elements İn Human And Animal Nutrition, Fifth Ed., Academic Press, Newyork
- Mugica-Alvarez, V., Corte'S-Jime'Nez, V., Vaca-Mier, M., Domi'Nquez-Soria, V. 2015. Phytoremediation Of Mine Tailings Using *Lolium Multiflorum*. *International Journal Of Environmental Science And Development* 6:246–251.
- Nassouhi, D. 2018. Kadmiyum, Kurşun ve Kadmiyum-Kurşun karışımına maruz bırakılan *pistia stratiotes* l. sucul bitkisinin fitoremediasyon potansiyelinin araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Nocito, F.F., Lancilli, C., Dendena, B., Lucchini, G., Sacchi, G.A. 2011. Cadmium Retention İn Rice Roots İs Influenced By Cadmium Availability, Chelation And Translocation. *Plant Cell Environment* 34:994–1008.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A., Pehlivan, M. 2009, Ağır Metallerin Bitkiler Üzerinde Etkileri, İğdır Üniversitesi, Alinteri 17 (B): 14-26.
- Özkan, A. 2017. Heavy metal pollution in agricultural lands and plants around antakya– cilvegözü highway. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 32(3): 9-18.
- Raskin, I., Ensley, B.D. 2000. Phytoremediation Of Toxic Metals: Using Plants To Clean Up Tthe Enviroment. John Wiley And Sons, Newyork, 304 Pp.
- Sağlam, N., Cihangir, N. 1995. Ağır metallerin biyolojik süreçlerle biyosorbsiyonu çalışmaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11; 157-161.
- Sharma, P., Dubey, R.S. 2005. Lead toxicity in plants. *Braz. J. Plant Physiol.* 17: 35-52.
- Singh, R.P., Tripathi, R.D., Sinha, S.K., Maheshwari, R., Srivastava, H.S. 1997. Response of higher plants to lead contaminated environment. *Chemosphere*, 34, 2467-2493.
- SPSS Inc. 2010. SPSS® 18.0 Base User's Guide. Prentice Hall.
- Tan, M. 2018. Baklagil ve buğdaygil yem bitkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 190, Erzurum.

- Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü., Tüfenkçi, Ş. 2020. Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri. Türk Doğa ve Fen Dergisi. (9), Özel Sayı, 103-114.
- Yıldırım, E., Ekinci, M., Turan, M., Açar, G., Örs, S., Dursun, A., Kul, R., Balcı, T. 2019. Impact of Cadmium and Lead Heavy Metal Stress on Plant Growth and Physiology of Rocket (*Eruca sativa* L.). *KSU J. Agric Nat* 22(6): 843-850. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.548626.
- Yıldız, M., Terzi, H., Uruşak, B. 2011. Bitkilerde krom toksisitesi ve hücrel cevaplar. Erciyes Üni. Fen Bilimleri Ens. Fen B. Dergisi. 27(2):163-176.
- Yıldız, N. 2003. Toprak Kirlenici Ağır Metaller ve Toprak Bitki İlişkileri. I. Ulusal Çevre Sempozyumu. Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü Erzurum.
- Zheljazkov, V.D., Nielsen, N.E. 1996. Effect Of Heavy Metals On Peppermint And Commint. *Plant And Soil*. 178 (1): 59-66.