

Makarnalık (*Triticum turgidum* L. *Durum*) buğday Cd konsantrasyonu üzerine değişik (NaCl, KCl ve CaCl₂) tuz uygulamalarının etkisi

Faruk ÖZKUTLU ¹

¹Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 52200, Altınordu/ Ordu

Alınış tarihi: 13 Nisan 2020, Kabul tarihi: 15 Haziran 2020

Sorumlu yazar: Faruk ÖZKUTLU, e-posta: farukozkutlu@hotmail.com, fozkutlu@odu.tr

Öz

Bu araştırma, sera koşullarında, tesadüf parselleri deneme deseninde Cd ile kirlenmiş topraklara farklı (NaCl, KCl ve CaCl₂) tuz uygulamalarının Cd alımı üzerine etkisi belirlemek amacıyla yapılmıştır. Kadmiyum'suz ve Cd'lu koşullarda Cl'un Na⁺, K⁺ ve Ca²⁺ formunda uygulanmasıyla bitki kuru madde verimi azalma eğilimi göstermiştir. Bu azalma, en belirgin olarak Cl'un 4.0 g kg⁻¹ olarak verildiği NaCl ve KCl uygulamalarında görülmüştür. Buna göre, Cd'un en yüksek dozunda kontrol bitkisinde kuru madde verimi 649 mg bitki⁻¹ iken, Cl'un 4.0 g kg⁻¹ düzeyinde Na formunda uygulandığı koşulda, kuru madde verimi yaklaşık olarak 2.5 kat azalarak 276 mg bitki⁻¹'ye, K formunda uygulanmasıyla ise yaklaşık olarak 2 kat azalarak 352 mg bitki⁻¹ düzeyine inmiştir. Makarnalık buğday yeşil aksam Cd konsantrasyonunun artmasında Cl⁻ tuzlarının önemli etkileri belirlenmiştir. Artan Cd dozlarında, Cl'un Na⁺, K⁺ ve Ca²⁺ formlarının uygulandığı tüm dozlarda yeşil aksam Cd konsantrasyonu artmıştır. Herhangi bir tuzun uygulanmadığı ve Cd'un 1 mg kg⁻¹ düzeyinde uygulamasında, kontrol bitkisinin Cd konsantrasyonu 8.31 mg kg⁻¹ olduğu buna karşın Cl'un 4.0 g kg⁻¹ olarak verildiği Na⁺, K⁺ ve Ca²⁺ formlarında yeşil aksam Cd konsantrasyonu sırasıyla 26.4, 20.2 ve 13.5 mg kg⁻¹'a yükselerek %217, %143 ve %62 oranında arttığı saptanmıştır. Sonuç olarak tuzların makarnalık buğdayda Cd alımını artırdığı ve bu artışta tuzlara eşlik eden katyonların önemli olduğu tespit edilmiştir. Farklı tuz Na⁺, K⁺ ve Ca²⁺ formları arasında da Cd konsantrasyonunu en fazla arttırmada Na⁺>K⁺>Ca²⁺ şeklinde bir sıralamanın olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Makarnalık buğday, kadmiyum, klorür tuzları

Effect of different (NaCl, KCl and CaCl₂) salt treatments on Cd concentrations of durum wheat (*Triticum turgidum* L. *Durum*)

Abstract

This research was carried out to determine effect of different (NaCl, KCl and CaCl₂) salts applied into Cd-polluted soils on Cd uptake using a completely randomized design in greenhouse conditions. Plant dry matter yield showed a decreasing tendency with the applications of Cl as Na⁺, K⁺ and Ca²⁺ forms in conditions with and without cadmium. This decrease was appeared most prominently in the treatments of NaCl and KCl in which Cl was given as 4.0 g kg⁻¹. Accordingly, dry matter yield of the control plant was 649 mg bitki⁻¹ at the highest Cd dose whereas it declined to the levels of 276 and 352 mg bitki⁻¹ by a nearly 2.5 and 2-fold decrease with the treatments of 4.0 g kg⁻¹ Cl as Na and K forms, respectively. Significant effects of Cl⁻ salts on increasing Cd concentration of green parts of durum wheat were determined. In increasing Cd doses, all Cl treatments including Na⁺, K⁺ and Ca²⁺ forms increased Cd concentration of green parts of durum wheat. Cd concentration of the control plant was 8.31 mg kg⁻¹ at the treatment of 1 mg kg⁻¹ Cd but no salt, however, it reached to the levels of 26.4, 20.2 and 13.5 mg kg⁻¹ showing 217%, 143% and 62% increases in the treatments of 4.0 g kg⁻¹ Cd as Na⁺, K⁺ and C²⁺ forms, respectively. In conclusion, it was determined that salts enhanced Cd uptake in durum wheat and the

cations accompanying the salts were important in this increase. The increasing effects of different salt forms on Cd concentration were found to be in the order of $Na^+ > K^+ > C^{+2}$.

Key words: Durum wheat, cadmium, chlorine salinity

Giriş

Topraklardaki ağır metaller içerisinde kadmiyum (Cd) insanlar ve hayvanlar için en zararlı olanlardan birisidir. Kadmiyum bitki için gerekli olmayan ve insanlar, hayvanlar ve bitkiler için toksik bir elementtir. Topraklarda çok düşük miktarda bulunmasına rağmen insan aktiviteleriyle çeşitli yollarla topraklara girişi olmaktadır (Sun et al., 2017). Gübrelemeyle, atık çamurlarının topraklara uygulanması ve atıklarla topraklara Cd girişi olabilmektedir (Murtaza et al., 2015). Topraklara atık su veya kanalizasyon çamuru uygulandığında topraklar genellikle tuzluluk ve ağır metaller gibi birden fazla strese maruz kalabilir (Bauddh and Singh 2012). Topraktaki mevcut Cd kireç, pH, organik madde ve toprakların tuzluluk durumlarıyla çözeltilerdeki miktarları değişmektedir. Dünya genelinde yaklaşık 800 milyon hektar arazi tuzluluktan etkilenmektedir (Munns and Tester 2008). Tuz stresinde bitkilerin büyümesi, gelişmesi ve mineral beslenmelerinde azalmalar meydana gelmektedir (Özkutlu ve Kara 2019). Tuzlu topraklar düşük verimliliğe ve ağır metallerin yüksek biyoyararlığına sahiptir (Rady et al., 2016). Tuz stresinin ve Cd stresinden herhangi birine maruz kaldığında bitkilerde su içeriğinin, klorofil ve büyümesinin azalması kadar bu streslerin her ikisine aynı anda maruz kaldığında büyüme gerilemesinin daha da şiddetlendiği açıklanmaktadır (Shafi et al., 2009; Garg and Chandel 2012). Tuzlar içerisinde NaCl gibi tuzlar ana tuzlar olup toprak ve bitkiler için en zararlı olanlarıdır. Bu tuzlar bitkideki ozmotik dengeyi ve iyonik etkileri bozarak bitki büyümesini azaltmakla kalmaz Cd'un bitki tarafından fazla miktarda alınmasını sağlamak suretiyle bitki büyümesini azaltırlar. McLaughlin et al. (1998b), toprağa eşit oranda $NaNO_3$ ve Na_2SO_4 tuzlarının uygulanması sonucunda, şeker pancarı bitkisinin yeşil aksam Cd alımına SO_4^{2-} tuzunun Cl^- tuzuna göre etkisinin daha az olduğunu saptamıştır. Bunlardan başka $CaCl_2$ ve Na_2SO_4 tuzları çok yoğun olduğunda da Ca^{+2} iyonları Cd^{+2} iyonlarıyla rekabeti arttırmak suretiyle toprak agregatlarından kolayca serbest hale geçmesini sağlamaktır. Toprak çözeltisinde

inorganik lejantlar üzerinde bulunan Cd'un kompleks formları Cl^- , SO_4^{2-} ve OH^- anyonları vasıtasıyla Cd'un hareketliliği artmaktadır (McLaughlin and Sings, 1999 ; Sruthi et al., 2017). Örneğin, Raiesi et al. (2018), tarafından kili tınlı yapıya sahip bir toprağa 15 dS m^{-1} NaCl uygulandığında topraktaki Cd'un yarayışlılığının ve toksisitesinin arttığını açıklanmıştır. Topraklarda tuzluluğun yüksek olması durumunda kolloidler üzerinde bağlı bulunan Cd^{+2} komplekslerinin, çözeltide artan Cl konsantrasyonuyla hareketliliği daha da artar ve çözeltinin total Cd konsantrasyonunda artış olmaktadır. Toprak çözeltisinde toplam Cd artmasıyla bitki kökleri ortamdan daha fazla Cd absorbe etmektedir. Tarım topraklarında Cd varlığı ve topraklara çeşitli aktivitelerle de Cd girişi olmakta ve miktarını arttırmaktadır. Topraklarda Cd miktarının atmasına bağlı olarak birçok bitkisel türlere kolayca geçebilmektedir (Şekeroğlu ve ark., 2008; Kokmaz ve ark., 2010; Korkmaz ve ark., 2017; Özkutlu ve ark., 2018). Yenilebilir bitkisel ürünler tarafından Cd'un kolay absorbe edilmesi ve besin zincirine girmesi nedeniyle insan sağlığı için büyük bir endişe konusudur (Gallego et al., 2012). Bu nedenle Cd bitkiye taşınması ve birikimini etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik araştırmalara hız verilmiştir. Literatürde birçok bitki türünün tuzlu topraklarda Cd'u daha fazla aldıklarına dair bilgi birikimi bulunmaktadır. Bu araştırmada da klorür anyonuna eşlik eden Na, K ve Ca tuzlarının makarnalık buğday bitkisinin yeşil aksamı Cd alımı üzerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü araştırma seralarında saksı denemesi olarak yürütülmüştür. Araştırmada test bitkisi olarak Balcalı-2000 makarnalık buğday genotipi kullanılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Deneme, Cd'un 3 Cd dozu x 3 tuz formu x 3 tuz dozu x 4 tekerrür ve 12 saksıda kontrol olmak üzere toplam 120 saksıda yapılmıştır.

Denemede kullanılan toprağın özellikleri

Deneme toprağının analizlerinde kullanılan yöntemler ve değerleri sıralanmıştır. Buna göre, Tekstür (Bouyoucou, 1952); Killi Tın, pH (Jackson, 1959); 8.08, Organik Madde; Walkey-Black (Jackson, 1959); %0.7, Kireç (Çağlar, 1949); %14.2, toprak tuzluluğu (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954); 0.22 mmhos/cm, DTPA'da ekstakte edilebilir Zn, ve Cd

(Lindsay and Norvell, 1978); sırasıyla 0.1, ve 0.005 mg kg⁻¹, toplam Cd (Schlichting and Blume, 1966); 0.27 mg kg⁻¹, yarayışlı P konsantrasyonu (Olsen, 1954); 4.13 mg kg⁻¹, yarayışlı K konsantrasyonu amonyum asetat (pH: 7.1N) yöntemi; 244 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Sera denemesinin yürütülmesi

Denemede, saksılara 4 mm'lik elekten geçirilmiş 1.65 kg toprak konulmuştur. Tohumlar ekilmeden önce temel gübreleme olarak 200 mg N kg⁻¹, 100 mg P kg⁻¹, 2.5 mg kg⁻¹ Fe, 1 mg kg⁻¹ Zn saksıların hepsine uygulanmıştır. Araştırmada, farklı Cd (0, 0.2 ve 1.0 mg kg⁻¹) ve farklı tuz formlarının (0.25, 1.0, 4.0 g NaCl kg⁻¹, 0.25, 1.0, 4.0 g KCl kg⁻¹ ve 0.125, 0.5, 2.0 g CaCl₂ kg⁻¹) dozları uygulanmıştır. Farklı tuz formlarında Cl⁻ anyonları eşit olacak şekilde hesaplanmıştır. Sera koşullarında bitkilerin Cd ve tuz zararları oluşmadan önce 43 gün sonunda hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkiler yeşil aksam kuru madde veriminin belirlenmesi için 70 °C'de 48 saat

kurutulmuş ve kuru madde verimleri (mg bitki⁻¹) olarak saptanmıştır.

Bitki analizleri

Kurutulan bitki örnekleri öğütülmüş ve 0.25 gram tartılarak 2 ml saf su, 2 ml H₂O₂ (%30'luk) ve 4 ml HNO₃ (%65'lik) içeren karışımda mikro dalga cihazında yakılmıştır (Milestone, İtalya). Örneklerde Cd ölçümü ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emmission Spectrometer; JY 138 Ultrace) ile belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçları, excell paket programı yardımıyla istatistik analizine tabi tutulmuştur. Sonuçlar, çizelgelerde (ortalama ± standart hata) şeklinde verilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Yeşil aksam kuru madde üretimi

Bu araştırmada, Çizelge 1'de gösterilen Farklı Cd dozları (0, 0.2 ve 1.0 mg kg⁻¹) ve farklı tuz formları (NaCl, KCl ve CaCl₂) dozları altında sera koşullarında 43 gün boyunca yetiştirilen makarnalık buğday Balcalı-2000 çeşidinin yeşil aksam kuru madde veriminde farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Farklı Cd dozları (0, 0.2 ve 1.0 mg kg⁻¹) ve farklı tuz formları (NaCl, KCl ve CaCl₂) altında yapılan uygulamaların sera koşullarında 43 gün boyunca yetiştirilen makarnalık buğday Balcalı-2000 çeşidinin yeşil aksam kuru madde verimi

Yeşil Aksam Kuru Madde Üretimi (mg bitki ⁻¹)			
Uygulamalar g kg ⁻¹ -toprak	Cd Uygulaması, mg kg ⁻¹		
	Cd 0	Cd 0.2	Cd 1.0
Kontrol	656 ± 7	711 ± 58	649 ± 80
0.25 NaCl	579 ± 46	620 ± 38	666 ± 15
1.0 NaCl	517 ± 14	602 ± 6	499 ± 18
4.0 NaCl	269 ± 44	280 ± 7	276 ± 25
0.25 KCl	627 ± 31	671 ± 25	614 ± 30
1.0 KCl	582 ± 41	626 ± 41	572 ± 33
4.0 KCl	352 ± 66	402 ± 37	352 ± 45
0.125 CaCl ₂	612 ± 28	656 ± 1	617 ± 32
0.5 CaCl ₂	653 ± 42	635 ± 18	558 ± 130
2 CaCl ₂	528 ± 91	457 ± 97	439 ± 6

Elde edilen bulgulara göre, Cd'suz ve Cd'lu koşullarda Cl'un Na⁺, K⁺ ve Ca⁺² formunda uygulanmasıyla bitki kuru madde verimi azalma olduğu tespit edilmiştir. Özellikle artan Cd uygulamalarında, Cl'un 1.0 g kg⁻¹ ve 4.0 g kg⁻¹ olarak Na⁺, K⁺ ve Ca⁺² formunda uygulandığı dozlarda, kuru madde veriminde belirgin azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bu azalışlar, en belirgin olarak Cl'un 4.0 mg kg⁻¹ olarak verildiği NaCl ve KCl uygulamalarında görülmüştür (Çizelge 1). Buna göre,

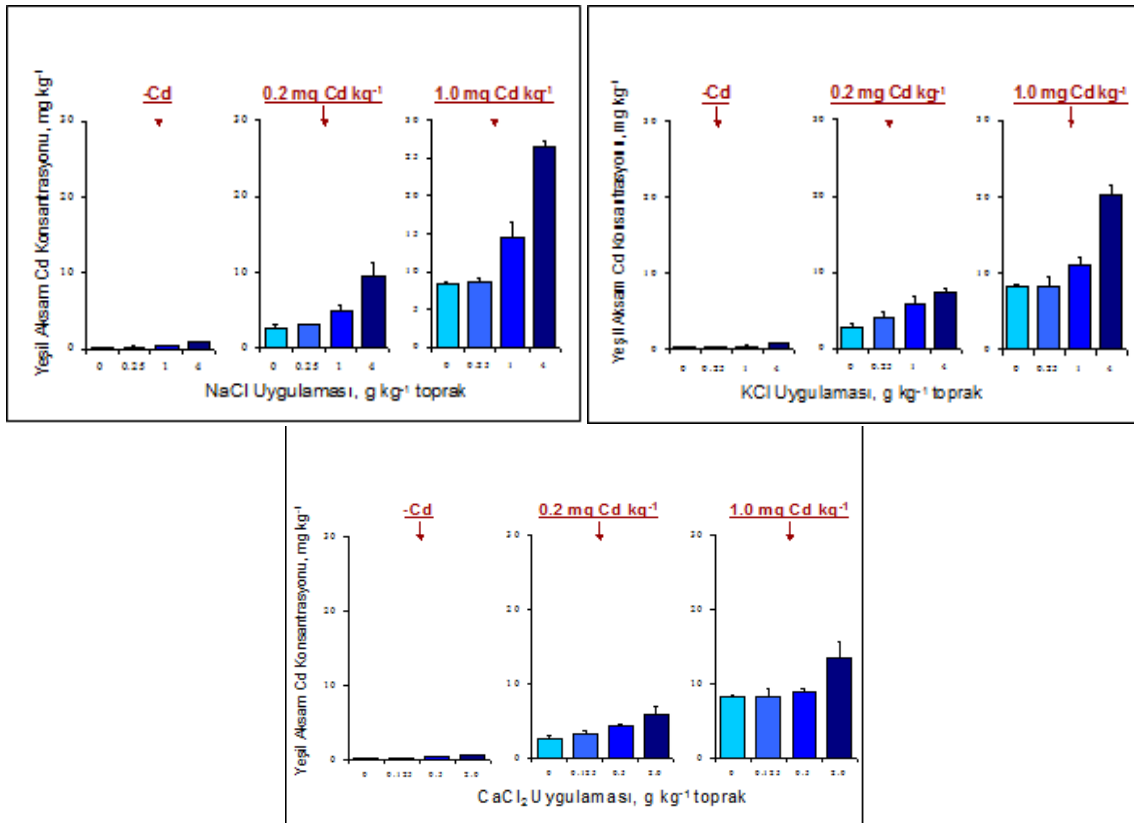
Cd'un en yüksek dozunda kontrol bitkisinde kuru madde verimi 649 mg bitki⁻¹ iken, Cl'un 4.0 g kg⁻¹ düzeyinde Na formunda uygulandığı koşulda, kuru madde verimi yaklaşık olarak 2.5 kat azalarak 276 mg bitki⁻¹'ye, K formunda uygulanmasıyla ise yaklaşık olarak 2 kat azalarak 352 mg bitki⁻¹ düzeyine indiği saptanmıştır. Klorürün Ca⁺² formunda uygulanmasıyla kuru maddede görülen azalma hafiflemiştir. Sonuçlarımızla uyumlu olan Mühling ve Lauchli (2003) tarafından yapılan

araştırmada, besin çözeltisi ortamına 10 μM Cd ve 75 μM NaCl uygulaması yaparak yetiştirdiği iki farklı buğday genotipinin kontrol bitkisine göre kuru madde veriminin azaldığı açıklanmıştır.

Yeşil aksam kadmiyum konsantrasyonu

Artan Cd dozlarında, Cl'un Na^+ , K^+ ve Ca^{+2} formlarının uygulandığı tüm dozlarda yeşil aksam Cd konsantrasyonu artmıştır. Bu artışlar özellikle, Cl'un Na^+ ve K^+ formunda uygulanması durumunda daha çarpıcı olmuştur (Şekil 1). Örneğin, herhangi bir tuzun uygulanmadığı ve Cd'un 1 mg kg^{-1} düzeyinde

uyulandığı dozda, kontrol bitkisinin Cd konsantrasyonu 8.31 mg kg^{-1} olduğu buna karşın Cl'un 4 g kg^{-1} olarak verildiği Na^+ , K^+ ve Ca^{+2} formlarında yeşil aksam Cd konsantrasyonu sırasıyla 26.4, 20.2 ve 13.5 mg kg^{-1} 'a yükselerek %217, %143 ve %62 oranında artmıştır. Farklı tuzların Cl- formunda uygulanmasıyla bitkilerin Cd alımı üzerindeki arttırıcı etkisi Şekil 1'de görüldüğü gibi kendisini daha çok Na formunun uygulamasında göstermiştir.



Şekil 1. Farklı Cd dozları (0, 0.2 ve 1.0 mg kg^{-1}) ve farklı tuz formları (NaCl, KCl ve CaCl_2) altında sera koşullarında 43 gün boyunca yetiştirilen makarnalık buğday Balcalı-2000 çeşidinin yeşil aksam Cd konsantrasyonu.

Yukarıdaki bulgularla uyumlu olarak Cl- tuzlarının, yeşil aksam Cd konsantrasyonunu belirgin bir şekilde arttırdığı bulunmuştur. Klorün bu etkisinin ne denli spesifik olduğunu anlamak için değişik NaCl, KCl, ve CaCl_2 tuzlarının birlikte karşılaştırıldığı durumda bitkinin Cd konsantrasyonu daha çok Na^+ ve K^+ formunda arttığı saptanmıştır. Bu katyonlardan Na^+ 'un bitkideki fizyolojik zararlanmalar oluşturmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Sodyumun bu etkisine birde Cl- anyonun toprakta Cd hareketliliğini arttırması

nedeniyle fazla miktarda taşınmasına yol açtığı varsayılmaktadır. Görüldüğü gibi makarnalık buğday yeşil aksamına Cd taşınımını katyonların cinsi ve miktarı etkilemektedir. Elde edilen bulgulara uyumlu olan bir araştırma Shafi, et al. (2011), tarafından buğday bitkisinde artan Cd uygulanması durumunda Cd'un bitkiye çok kolay taşındığı ayrıca, NaCl tuzu Cd stresi altında bitkiye daha fazla Cd taşınmasına neden olduğu bildirilmiştir. Yeşil aksam Cd konsantrasyonunu KCl tuzunun NaCl tuzuna göre daha düşük oranda birikime neden olması K^+

katyonunun bitki üzerindeki iyileştirici etkisinin yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Yeşil aksamda Cd alımı fazla olduğunda ise potasyumun bitki üzerindeki iyileştirici etkisi azalmaktadır. Zhao et al. (2003), tarafından sera koşullarında yazlık buğday çeşitleriyle yapılan bir araştırmada ise, toprağa eşit oranda K'un NO₃⁻, SO₄⁻² ve Cl⁻ tuzlarının uygulanması sonucunda, buğday bitkisinin yeşil aksamında Cd alımının Cl⁻ ve SO₄⁻² ile daha fazla arttığı açıklanmıştır. Ciecko, et al. (2004), tarafından yapılan araştırmada toprakta Cd kontaminasyonu yüksek olduğunda tane de Cd birikiminin fazla olması nedeniyle potasyum miktarında azalma olduğu ve K'un bitki üzerindeki iyileştirici etkisinin azaldığını bildirmiştir. Yapılan çalışmada, kalsiyum formunda Cl⁻ uygulanması durumunda Cd alımı daha az olmuştur (Şekil 1). Bu durum, Ca⁺² iyonunun plazma membranlarının yapısal bütünlüğünü koruma ve geçirgenliği kontrol etme etkisinden kaynaklanmış olabilir. Ayrıca, hücre duvarlarında bağlanma noktaları için Cd ile Ca arasındaki rekabetten kalsiyumun önde gelmesinden ileri gelmiştir.

Yapılan bu araştırmada makarnalık buğday yeşil aksam Cd konsantrasyonu üzerine klorür anyonunun katyonlarına göre etkilediğini destekleyen bir araştırmada Norvell et al. (2000), tarafından ileri sürülmüştür. Söz konusu tarama (survey) niteliğindeki bir araştırmada, topraktaki Cl⁻ konsantrasyonunun artmasıyla makarnalık buğdaylarda tanede Cd konsantrasyonunun arttığı açıklanmaktadır.

Literatür bulguları ve bu araştırmada buğday bitkisiyle elde edilen bulgular, bitkilerin ortamdan Cd alımı ve bünyede Cd biriktirmesi üzerine Cl⁻'un artırıcı etkisi olduğunu kuvvetli biçimde desteklemektedir. Klorürün hücre duvarlarında adsorbe olmuş durumdaki Cd'un hareketliliğini arttırarak da Cd'un floeme yüklenmesini kolaylaştırmış olabilir. Çalışılan katyonlardan Na⁺, K⁺ ve Ca⁺² formları arasında da Cd konsantrasyonunu en fazla arttırmada Na⁺>K⁺>Ca⁺² şeklinde bir sıralamanın olduğu belirlenmiştir.

Sonuç

Kadmiyumun besin zinciri yoluyla insanlara taşınabilme özelliğinde olduğu ve bünyede belli bir miktardan sonra birçok rahatsızlıklara neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle Cd'un bitkiler tarafından absorbe edilmesi ve taşınmasını artıran/azaltan faktörlerin bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Toprak tuzluluğu (özellikle Cl formunda) bitkilerin

Cd alımı ve biriktirmesinde önemli rol oynamaktadır. Tuzluluğun fazla olduğu topraklarda bitkilerin daha fazla Cd biriktirmesi ve bu yolla besin zincirine daha kolay girmesi olası görünmektedir. Tuzluluk ve Cd kirlenmesinin olduğu alanlarda tahıllardan özellikle makarnalık buğdayların ekilmemesi bunun yerine ekmeçlik buğday çeşitlerinin tercih edilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Baudh, K., & Singh, R. P. (2012). Growth, tolerance efficiency and phytoremediation potential of *Ricinus communis* (L.) and *Brassica juncea* (L.) in salinity and drought affected cadmium contaminated soil. *Ecotoxicology and Environmental safety*, 85, 13-22.
- Bouyoucos, G. J. (1952). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy journal*, 54(5), 464-465.
- Ciecko, Z., Kalembasa, S., Wyszowski, M., & Rolka, E. (2004). Effect of soil contamination by cadmium on potassium uptake by plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 13(3), 333-337.
- Çağlar, K., & Bilgisi, T. (1949). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 10.
- Gallego, S. M., Pena, L. B., Barcia, R. A., Azpilicueta, C. E., Iannone, M. F., Rosales, E. P., & Benavides, M. P. (2012). Unravelling cadmium toxicity and tolerance in plants: insight into regulatory mechanisms. *Environmental and Experimental Botany*, 83, 33-46.
- Garg, N., & Chandel, S. (2012). Role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on growth, cadmium uptake, osmolyte, and phytochelatin synthesis in *Cajanus cajan* (L.) Millsp. under NaCl and Cd stresses. *Journal of plant growth regulation*, 31(3), 292-308.
- Jackson, M. L., 1959. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Korkmaz, K., Kara, S. M., Ozkutlu, F., & Gul, V. (2010). Monitoring of heavy metals and selected micronutrients in hempseeds from North-western Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5(6), 463-467.
- Korkmaz, K., Kara, S. M., Özkutlu, F., Akgün, M., & Cenkal, B. C. (2017). Profile of heavy metal and nutrient elements in some sideritis species. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3), 209-212.
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and

- copper 1. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428.
- McLaughlin, M. J., & Singh, B. R. (1999). Cadmium in soils and plants. In *Cadmium in soils and plants* (pp. 1-9). Springer, Dordrecht.
- McLaughlin, M. J., Andrew, S. J., Smart, M. K., & Smolders, E. (1998b). Effects of sulfate on cadmium uptake by Swiss chard: I. Effects of complexation and calcium competition in nutrient solutions. *Plant and Soil*, 202(2), 211-216.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.
- Murtaza, G., Javed, W., Hussain, A., Wahid, A., Murtaza, B., & Owens, G. (2015). Metal uptake via phosphate fertilizer and city sewage in cereal and legume crops in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(12), 9136-9147.
- Mühling, K. H., & Läuchli, A. (2003). Interaction of NaCl and Cd stress on compartmentation pattern of cations, antioxidant enzymes and proteins in leaves of two wheat genotypes differing in salt tolerance. *Plant and Soil*, 253(1), 219-231.
- Norvell, W. A., Wu, J., Hopkins, D. G., & Welch, R. M. (2000). Association of cadmium in durum wheat grain with soil chloride and chelate-extractable soil cadmium. *Soil Science Society of America Journal*, 64(6), 2162-2168.
- Olsen, S. R. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate* (No. 939). US Department of Agriculture.
- Özkutlu, F. & Kara, Ş. M. (2018). The effect of zinc (Zn) fertilization on alleviating cd accumulation in durum wheat grain. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 8 (2018): 203-208.
- Özkutlu, F. & Kara, Ş. M. (2019). Cd concentration of durum wheat grain as influenced by soil salinity. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8 (1): 97-100.
- Rady, M. M., Mounzer, O., Alarcón, J., Abdelhamid, M., & Howladar, S. (2016). Growth, heavy metal status and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants as affected by the integrated application of bio-, organic and inorganic nitrogen fertilizers. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 89.
- Raiesi, F., Razmkhah, M., & Kiani, S. (2018). Salinity stress accelerates the effect of cadmium toxicity on soil N dynamics and cycling: Does joint effect of these stresses matter?. *Ecotoxicology and environmental safety*, 153, 160-167.
- Schlichting, E., & Blume, H. P. (1966). *Bodenkundliches Praktikum*: Verlag Paul Parey.
- Sekeroglu, N., Ozkutlu, F., Kara, S. M., & Ozguven, M. (2008). Determination of cadmium and selected micronutrients in commonly used and traded medicinal plants in Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(1), 86-90.
- Shafi, M., Bakht, J., Hassan, M. J., Raziuddin, M., & Zhang, G. (2009). Effect of cadmium and salinity stresses on growth and antioxidant enzyme activities of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 82(6), 772-776.
- Shafi, M., Bakht, J., Razuddin, Hayat, Y., & Zhang, G. P. (2011). Genotypic difference in the inhibition of photosynthesis and chlorophyll fluorescence by salinity and cadmium stresses in wheat. *Journal of plant nutrition*, 34(3), 315-323.
- Sruthi, P., Shackira, A. M., & Puthur, J. T. (2017). Heavy metal detoxification mechanisms in halophytes: an overview. *Wetlands ecology and management*, 25(2), 129-148.
- Sun, H., Wang, X., Wang, Y., Wei, Y., & Wang, G. (2016). Alleviation of cadmium toxicity in cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings by the application of selenium. *Spanish journal of agricultural research*, 14(4), 25.
- U. S. Salinity Laboratory Staff., 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils* (Ed L. A. Richards). USDA Agriculture Handbook B, No: 60, U. S. Gov. Printing Office, Washington, 160P.
- Zhao, Z. Q., Zhu, Y. G., Li, H. Y., Smith, S. E., & Smith, F. A. (2003). Effects of forms and rates of potassium fertilizers on cadmium uptake by two cultivars of spring wheat (*Triticum aestivum*, L.). *Environment international*, 29(7), 973-978.