

Gıdya uygulamalarının ekmeklik ve makarnalık buğdayların kadmiyum ve besin elementi alımı üzerine etkisi

Suat AKGÜL^{1*}, Özlem ETE AYDEMİR¹, Faruk ÖZKUTLU¹

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

Alınış tarihi: 4 Kasım 2022, Kabul tarihi: 7 Aralık 2022

Sorumlu yazar: Suat AKGÜL, e-posta: suat_akgul@hotmail.com

Öz

Amaç: Bu çalışmada, Cd ve gıdya uygulamaları altında yetiştirilen ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kuru madde verimi, kadmiyum (Cd) ve mineral besin elementleri (fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır, çinko, mangan) alımı üzerine olan etkilerini araştırmak amaçlanmıştır.

Materyal ve metot: Sera koşullarında, saksı denemesinde iki ekmeklik (Eser ve Demir) ve iki makarnalık (Altın ve Kızıltan) buğday çeşitleri tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 farklı Cd (0, 5 ve 10 mg Cd kg⁻¹ toprak) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4 ve %8 toprak) dozları altında yürütülmüştür. Çalışma sonunda, Cd ve mineral besin elementleri (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn) ölçülmüştür.

Araştırma bulguları: Artan dozlarda gıdya uygulamalarının kuru madde üretimi üzerine etkilerinde farklılar olduğu saptanmıştır. Buna göre, gıdya'nın %2 uygulamasıyla en yüksek kuru madde verimi elde edilmiş olup kontrole göre %187 oranında artış sağlamıştır. Araştırmada, buğday türlerinin Cd alımlarında önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Makarnalık buğday çeşitlerine ekmeklik buğday çeşitlerinden daha fazla Cd taşındığı bulunmuştur. Artan dozlarda gıdya uygulamalarının buğday türlerine Cd taşınması üzerine etkisi farklı olmuştur. Buna göre, kontrol saksılarıyla kıyaslandığında ekmeklik buğdayların Cd konsantrasyonunu gıdya uygulamasına bağlı olarak arttırmasına karşın makarnalık buğdayların Cd konsantrasyonunu azaltmıştır. Gıdya uygulamalarına bağlı olarak, buğday türleri arasında besin elementleri taşınımlarında farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Ekmeklik buğday çeşitlerinin P, Cu, Zn ve Mn alımları makarnalık buğdaylara göre daha fazla olmasına karşın makarnalık buğday çeşitlerinde de K,

Ca, Mg ve Fe besin elementleri ekmeklik buğday çeşitlerine kıyasla daha fazla taşındığı bulunmuştur.

Sonuç: Gıdya uygulamalarının Cd ile kirli alanlarda makarnalık buğdaylara Cd taşınımını azaltabileceği ve mineral besin elementlerinin taşınımını artırabileceği için kullanımı önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Gıdya, Ekmeklik Buğday, Makarnalık Buğday, Kadmiyum

The Effect of Gytija Applications on Cadmium and Nutrient Uptake of Bread and Durum Wheat

Abstract

Objective: In this study, bread and durum wheat grown under Cd and gytija applications. The aim of this study was to investigate the effects of cultivars on dry matter yield, cadmium (Cd) and mineral nutrients (phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, copper, zinc, manganese) intake.

Materials and methods: In the greenhouse conditions, two bread (Eser and Demir) and two durum (Altın and Kızıltan) wheat varieties were carried out under 3 different Cd (0, 5 and 10 mg Cd kg⁻¹ soil) and 4 different gytija (0%, 2%, 4% and 8% soil) doses according to the randomized plot design in the pot experiment. At the end of the study, Cd and mineral nutrients (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn) were measured.

Results: It has been determined that there are differences in the effects of increasing doses of gytija applications on dry matter production. Accordingly, the highest dry matter yield was obtained with 2% application of gytija and it increased by 187% compared to the control. In the study, it was determined that there were significant differences in Cd uptake of wheat species. It was found that more Cd was transported to durum wheat varieties than bread wheat varieties. The effects of increasing doses of

gyttja applications on Cd transport to wheat species were different. Accordingly, compared to the control pots, it increased the Cd concentration of bread wheats due to gyttja application, but decreased the Cd concentration of durum wheats. Depending on the gyttja applications, it was determined that there were differences in nutrient transport between wheat species. Although the uptake of P, Cu, Zn and Mn in bread wheat varieties is higher than in durum wheat, it was found that K, Ca, Mg and Fe nutrients were transported more in durum wheat varieties compared to bread wheat varieties.

Conclusion: The use of gyttja applications can be recommended as it can reduce Cd transport to durum wheat in Cd polluted areas and increase the transport of mineral nutrients.

Keywords: Gyttja, Bread Wheat, Durum Wheat, Cadmium

Giriş

Türkiye topraklarında organik madde miktarı çoğunlukla düşük düzeyde olup %1-4 arasında değişkenlik göstermektedir. Türkiye’de tarım topraklarının büyük bir kısmı organik madde kapsamı bakımından yetersiz olup, tarımsal üretimde yüksek verimin alınmasını engelleyebilecek düzeydedir. Tarımsal alanların sürekli olarak yoğun kullanımları ve aynı ürünün yetiştirilmesi nedeniyle toprakta organik maddenin düşük olmasıyla toprakların hem fiziksel hem de kimyasal yapısının bozulmasına neden olmaktadır (Kılıç ve Korkmaz, 2010). Son yıllarda, fiziksel ve kimyasal yapısı bozulan toprakların iyileştirilmesi, sürdürülebilir verimliliğin oluşturulması ve organik madde bakımından zenginleştirilmesini sağlamak amacıyla çeşitli toprak düzenleyiciler yaygın olarak kullanılmaktadır (Eleroğlu ve Korkmaz, 2016). Organik madde kapsamları düşük olan tarımsal topraklarda bitkisel üretimde verimliliğin sağlanması amacıyla leonardit, humik/fulvik asit ve gıda gibi çeşitli kaynaklar kullanılmaktadır. Bu kaynaklardan, gıda materyalinin besin elementleri, yüksek oranda hümik ve fulvik asitler ile organik madde içermesi nedeniyle toprak düzenleyici olarak kullanılabilmesine işaret etmektedir. Gıda’nın, karakteristik olarak yüksek oranda organik madde (%35-50) ve kireç (%30-40) içerdiği ve organomineral gübrelerde karışımda kullanılabilmesi ve organomineral gübre üretiminde kullanımında adsorbsiyon özelliklerinin belirlenmesinin önemli olacağı açıklanmıştır (Saltalı

ve Korkmaz, 2015). Tarım topraklarına gıda uygulamalarının hem toprakları kimyasal ve biyolojik yönden iyileştirdiğini hem de ağır metallerin (Cd, Pb, Ni, Zn) toprakta adsorbsiyonunu ve toprak organik madde içeriğini arttırdığı saptanmıştır (Karaca ve ark., 2006, Korkmaz ve ark., 2021). Ağır metaller, çeşitli kaynaklardan topraklara giriş yapıp birikebilirler. Ağır metaller, bitkinin gelişimi için mutlak gerekli olmayıp potansiyel toksik elementlerdir (Korkmaz ve ark., 2018). Ağır metaller içerisinde toksikliği en fazla olanlardan birisi kadmiyum (Cd) elementidir. Kadmiyum, endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübre uygulamaları gibi insanlar tarafından oluşturulan aktiviteler sonucunda toprağa kolayca ulaşmakta ve bitkilerde kolayca birikebilmektedir. Kadmiyum’un diğer metallere göre daha fazla toksik özellik taşıdığı ve yaklaşık 20 kat daha fazla toksisiteye sahip olduğu açıklanmıştır (Friberg, 2018). Kadmiyum’un yaygın bir kirletici olduğu insanlar, hayvanlar ve bitkilere toksik olduğu bilinmektedir (Haider, 2021). Yapılan araştırmalarda antropojenik emisyonlardan yıllık yaklaşık 30.000 ton Cd’nin (Di Toppi ve ark., 1999) tarım topraklarına giriş yaptığı ve bunun da bitkilere kolaylıkla taşındığı, besin zinciri yoluyla insanlarda toksik olduğu açıklanmıştır (Jin ve ark., 2002). Dünya nüfusunun yüzde %60’ının tükettiği buğday Cd ile kontamine olmuş topraklardan kolaylıkla kökleri aracılığıyla yüksek miktarda Cd alarak danelerinde biriktirebilmektedir. Son yıllarda, özellikle buğdayda Cd alımını ve birikimini azaltmayı amaçlayan araştırmalara giderek artmaktadır. Buğdayda Cd alımını azaltmak için; düşük Cd biriktiren buğday çeşitlerinin seçimi ve organik gübrelerin kullanımlarıyla danelerinde daha az Cd birikimleri araştırılmaktadır. Bu araştırmada, Cd ile kontamine olan topraklarda gıda uygulamalarının toprak düzenleyici olarak etkilerine ilaveten buğday türlerinde Cd taşınması ve mineral elementlerin alımları üzerine olan etkileri saptanmıştır.

Materyal ve Metot

Araştırma, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde sera koşullarında yürütülmüştür. Denemede kullanılan toprak, uygulama arazisinden 0-30 cm derinlikten alınmış ve 4 mm’lik elekten geçirilmiştir. Gıda materyali, Kahramanmaraş’ta bulunan Afşin-Elbistan Termik Santrali kömür havzasında, linyit tabakasının üzerinde bulunan materyalden elde edilmiştir. Kullanılan toprak ve gıda’nın fiziksel ve kimyasal analizleri Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede Kullanılan Toprak ve Gıdyanın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Tekstür	pH	EC	Kireç	Organik Madde	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	Cd
Toprak	1/2	µs/cm	%			mg kg ⁻¹								
	Killi Tınlı	5.4	298	0.2	2.67	0.13	5.63	56.08	3662	615	77.14	0.53	21.26	1.57
Gıdya	pH	EC	Kireç	Organik Madde	Total N	Humik Asit		K		Ca				
	1/2	µs/cm	%			ppm								
	6.76	1970	34	43	1.13	34	140	8015						

Denemede, ekmeklik buğday (Demir ile Eser) ve Makarnalık (Altın ile Kızıltan) çeşitleri kullanılmıştır.

Denemenin kurulumu ve yürütülmesi

Araştırma, sera koşullarında tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak saksılarda yürütülmüştür. Her saksıya hava kurusu 4 mm'lik elekten geçmiş 1.65 kg toprak doldurulmuştur. Ekimden önce topraklara 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg Cd kg⁻¹) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) dozları uygulanmıştır. Ayrıca, temel gübreleme olarak her saksıya 200 mg N kg⁻¹ kalsiyum nitrat (Ca(NO₃)₂x4H₂O), 100 mg P kg⁻¹ ve 125 mg K kg⁻¹ potasyum di hidrojen fosfat (KH₂PO₄) ekimden önce topraklara verilmiştir. Bitkilerin büyüme periyodu boyunca saksılar saf su ile sulanmış olup Cd ve gıdya uygulamalarına bağlı olarak bitkilerde büyüme farklılıkları meydana geldiği dönemde, 45 günlük iken hasat yapılmıştır.

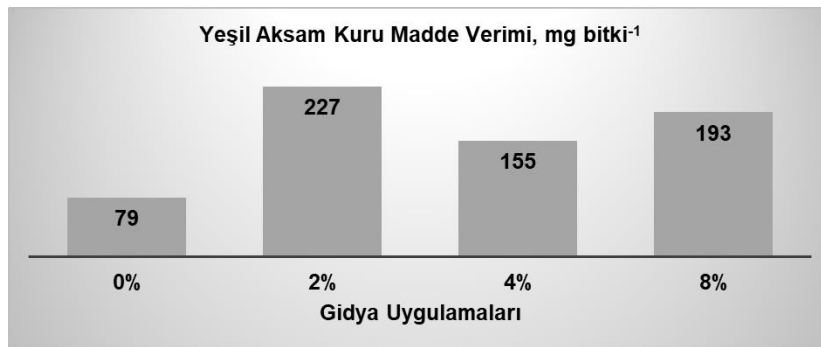
Bitki örneklerinde yapılan analizler

Bitkiler, 2 ml saf su, 2 ml H₂O₂ (%30'luk) ve 4 ml HNO₃ (%65'lik) içeren karışımla yaş yakma yöntemiyle yakılmıştır. Bitkilerde toplam mineral besin elementleri (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B ve Cd) konsantrasyonu, ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emmission Spectrometer; Varian ICP-OES Vista Pro) ile ölçülmüştür.

Bulgular ve tartışma

Yeşil aksam kuru madde verimi

Artan dozlarda Cd ve gıdya uygulamaları sonucunda yeşil aksam kuru madde miktarlarında önemli farklılıkların bulunduğu, istatistiki olarak P<0.05 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Sadece artan dozlarda gıdya uygulamasıyla buğday çeşitlerinin ortalama kuru madde verimlerinde önemli farklılıklar olduğu ve dozlar arasında en yüksek verim %2 gıdya uygulamasında %187 olarak artış oluşturduğu elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Gıdya Uygulamalarının (%0, %2, %4, %8) Yeşil Aksam Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi

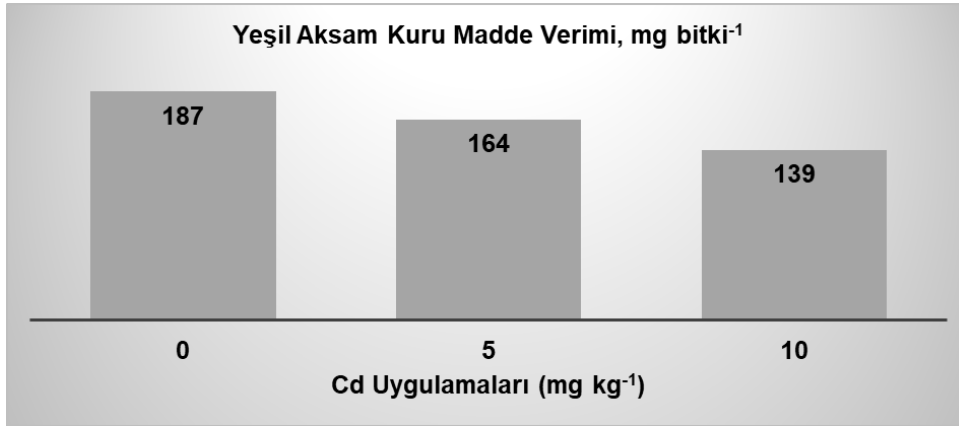
Cd (0, 5, 10 mg Cd kg⁻¹) ve artan gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda, ekmeklik ve makarnalık buğdayların kontrol uygulamasına kıyasla kuru madde veriminde artışların meydana geldiği saptanmıştır.

Denemede, Cd'nin 5 ve 10 mg kg⁻¹ ve artan gıdya uygulamaları altında yetiştirilen ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde kuru madde

verimlerinde farklılıkların olduğu ve gıdya dozları arasında en fazla kuru madde verimi %2 gıdya uygulamasında elde edilmiştir. Cd 10 mg kg⁻¹ ve %2 gıdya uygulamasında hem ekmeklik (Demir) hem de makarnalık (Kızıltan) buğdayda %2 gıdya uygulamasıyla kontrole göre yaklaşık 3 kat daha fazla kuru madde elde edildiği saptanmıştır (Çizelge 2). Bu durum, gıdya uygulamasıyla topraktaki Cd'nin daha fazla adsorplanarak Cd toksisitesinin azalmasından

kaynaklanmıştır. Araştırmada, gıdya uygulaması olmadan artan (Cd0, Cd5 ve Cd10) dozlarında yeşil aksam ortalama kuru madde miktarı sırasıyla 187, 164 ve 139 mg bitki⁻¹ olarak elde edilmiştir (Şekil 2). Artan Cd uygulamaları ile beraber yeşil aksam kuru madde miktarında meydana gelen azalmaların en temel nedenlerinden birisi de Cd'nin fitotoksik

etkisinden ileri geldiği düşünülmektedir (Yang ve ark., 1995; Pereira ve ark., 2011; Kalınbacak ve ark., 2012). Artan Cd uygulamaları ile beraber yeşil aksam kuru madde miktarında meydana gelen azalmaların en temel nedenlerinden birisi de Cd'nin fitotoksik etkisinden ileri geldiği düşünülmektedir (Yang ve ark., 1995; Pereira ve ark., 2011; Kalınbacak ve ark., 2012).



Şekil 2. Cd Uygulamalarının (%0, %5, %10) Yeşil Aksam Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi

Çizelge 2. Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Kuru Madde Ağırlığı Üzerine Etkisi (mg bitki⁻¹)

Yeşil Aksam Kuru Madde Ağırlığı, mg bitki ⁻¹						
		Ekmeklik Buğday			Makarnalık Buğday	
(mg Cd kg ⁻¹)	Gıdya(%)	Eser	Demir	Altın	Kızılitan	Ortalama Cd x Gıdya
0	0	103s-v	117q-t	97s-v	61x-z	95H
	2	199h-l	395a	215f-ı	188ı-m	249A
	4	173l-n	235ef	142o-q	209f-j	190D
	8	226f-h	285cd	138o-r	202g-k	213C
	Ortalama	176C	259A	148EF	165CD	187A
5	0	78v-y	88u-x	88u-x	54y-z	77I
	2	204g-j	367b	140o-q	202g-k	227B
	4	158n-p	224f-h	92t-w	124q-s	150F
	8	187j-m	308c	133p-r	175k-n	201CD
	Ortalama CdxÇeşit	157DE	247A	114G	139F	164B
10	0	68w-z	89u-w	45z	54y-z	64I
	2	227fg	306c	115q-u	162m-o	203CD
	4	103s-v	193ı-l	90t-w	112r-u	125G
	8	159n-p	258de	78v-y	158n-p	164E
	Ortalama CdxÇeşit	140F	212B	82H	122G	139C
Ortalama Çeşit		157B	239A	115D	142C	
Gıdya x Çeşit	0	83hi	98gh	77ı	57j	79D
	2	211c	356a	157e	184d	227A
	4	145e	218c	108fg	149e	155C
	8	191d	284b	117f	178d	193B

F değerleri Cd***, Gıdya***, Çeşit***, CdxGıdya**, CdxÇeşit*, Gıdya x Çeşit***, CdxGıdya x Çeşit***
LSDCd=6.851, LSDGıdya=7.911, LSDÇeşit=7.911, LSDCd*Gıdya=13.702, LSDCd*Çeşit=13.702, LSDGıdya*Çeşit=15.822, LSDCd*Gıdya*Çeşit=27.405

Yeşil aksam kadmiyım konsantrasyonu

Ekmeclık ve makarnalık buğdayların yeşil aksam Cd konsantrasyonlarında farklılıkların olduğu saptanmıştır. Aynı türün çeşitleri arasında da Cd konsantrasyonları bakımından önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Cd ve gıyda uygulamalarının hem ekmeclık hem de makarnalık buğday Cd konsantrasyonu üzerine olan etkisi $P < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Artan dozlarda gıyda uygulamaları kontrolle kıyaslandığında ekmeclık (Eser ve Demir) buğday çeşitlerinin Cd konsantrasyonu artmıştır (Çizelge 3). Makarnalık (Altın ve Kızıltan) buğday çeşitlerinde ise kontrole göre Cd konsantrasyonlarında önemli azalma olduğu belirlenmiştir. Bu azalmanın, Cd0 ve Cd5 uygulamalarına artan gıyda dozlarında en fazla azalmanın %2 gıyda uygulamasından ve Cd10 uygulamasında ise %4 gıyda uygulamasından elde edildiği bulunmuştur. Gıydalı ve gıydasız

uygulamalarda ekmeclık ve makarnalık buğdayların Cd konsantrasyonlarında da önemli farklılıklar olduğu ve makarnalık buğday çeşitlerinin ekmeclık buğdaylara göre yaklaşık olarak 3 ile 4 kat daha fazla Cd biriktirdiği de tespit edilmiştir. Cd'nin alımı ve birikimi bakımından bitki türleri arasında farklılıklar olduğu gibi aynı türün genotipleri arasında da büyük farklılıkların olacağı Grant ve Bailey, (1998) tarafından açıklanmıştır. Elde edilen sonuçlarla uyumlu olan diğer çalışmalar (Hart ve ark., 2002; Greger ve Löfsted, 2004; Shentu ve ark., 2008; Özkutlu ve Kara, 2019) tarafından yapılan araştırmaların benzer sonuçlarıyla desteklenmektedir. Makarnalık buğday çeşitlerinde kadmiyım alımının fazla olması durumu muhtemelen kökleri boyunca apoplastik taşınmaların ekmeclık buğday çeşitlerine göre daha fazla olması ve floem damarları tarafından daha yüksek geçirgenliğe sahip olmasından kaynaklanabilmektedir (Payandeh ve ark., 2018).

Çizelge 3. Artan Dozlarda Gıyda ve Cd Uygulamalarının Ekmeclık ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Kadmiyım (Cd) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi

Yeşil Aksam Cd Konsantrasyonu, mg kg ⁻¹						
		Ekmeclık Buğday		Makarnalık Buğday		
Cd(mg kg ⁻¹)	Gıyda (%)	Eser	Demir	Altın	Kızıltan	Ortalama Cd x Gıyda
0	0	5r-t	4.4st	15.7d	21.5b	11.6A
	2	5.8q-t	5.4r-t	14.6d-f	12.2g-j	9.5DE
	4	7.7n-q	8.2l-p	13.5d-h	13e-h	10.6A-C
	8	8.9l-o	8.6l-p	13.2e-h	15.6d	11.6A
	Ortalama CdxÇeşit		6.9D	6.6D	14.2B	15.5A
5	0	5.3r-t	3.8t	24.2a	12.9eh	11.6A
	2	6.5p-s	5.8q-t	11.4h-k	10.3ı-l	8.5E
	4	7o-r	7.8m-q	13.9d-g	14.3d-g	10.8A-C
	8	8.9l-o	9.1l-o	13.4e-h	13.7d-g	11.3AB
	Ortalama CdxÇeşit		6.9D	6.6D	15.7A	12.8C
10	0	5.1r-t	5.4r-t	18.1c	12.4fi	10.3B-D
	2	6.9o-r	7o-r	13.7d-g	12.9e-h	10.1CD
	4	7o-r	8.3l-p	10j-m	12.6e-h	9.5DE
	8	8.2l-p	9.3k-n	14.8de	12.3g-ı	11.1A-C
	Ortalama CdxÇeşit		6.8D	7.5D	14.1B	12.5C
Çeşit		6.9C	6.9C	14.7A	13.6B	Gıyda
Gıyda x Çeşit	0	5.1ij	4.5j	19.3a	15.6b	11.1A
	2	6.4hi	6.1hi	13.2cd	11.8e	9.4C
	4	7.2gh	8.1fg	12.5de	13.3cd	10.3B
	8	8.7f	9f	13.8c	13.8c	11.3A
	Çeşit		6.9C	6.9C	14.7A	13.6B

F değerleri CdÖD, Gıyda***, Çeşit***, CdxGıyda**, CdxÇeşit***, GıyaxÇeşit***, CdxGıyaxÇeşit***

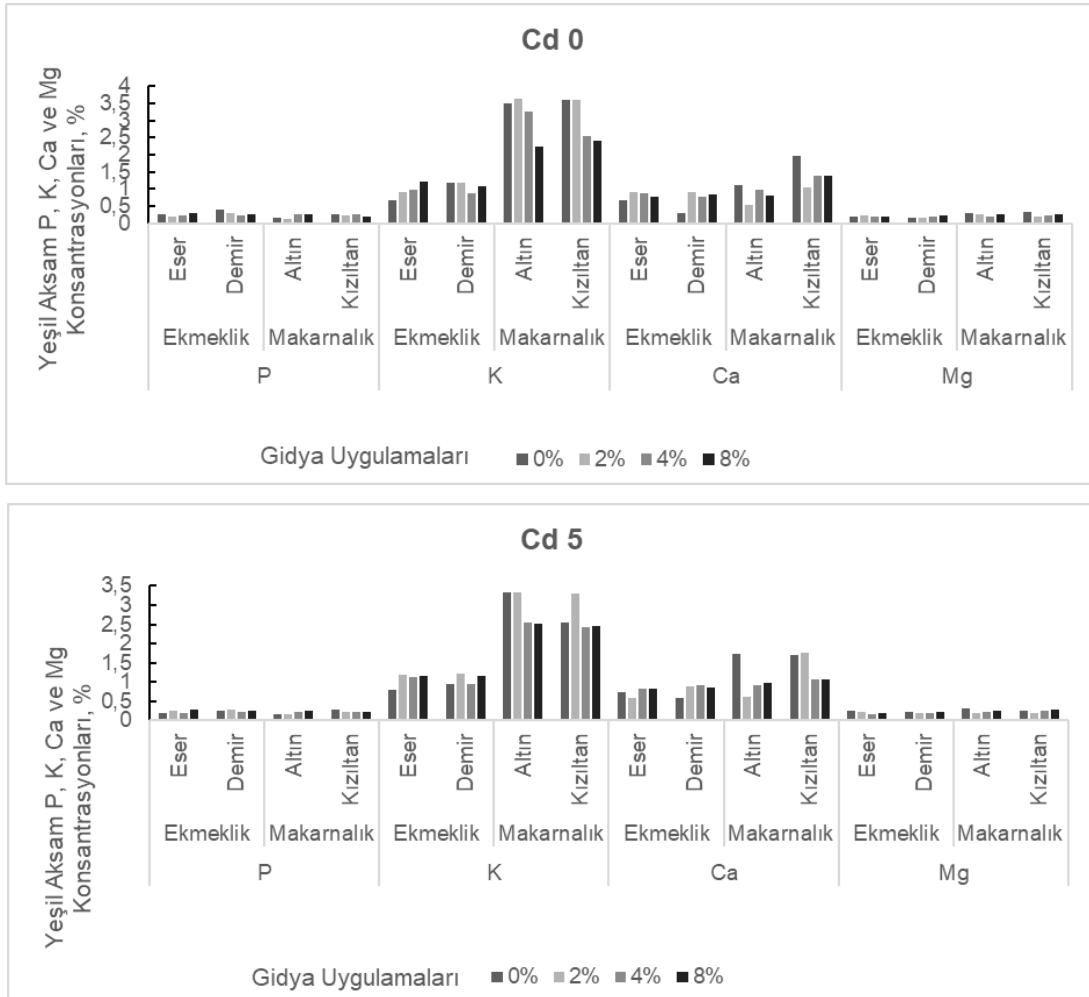
LSDGıyda= 0.641, LSDÇeşit= 0.641, LSDCd*Gıyda= 1.109, LSDCd*Çeşit= 1.109, LSDGıyda*Çeşit= 1.281, LSDCd*Gıyda*Çeşit= 2.219

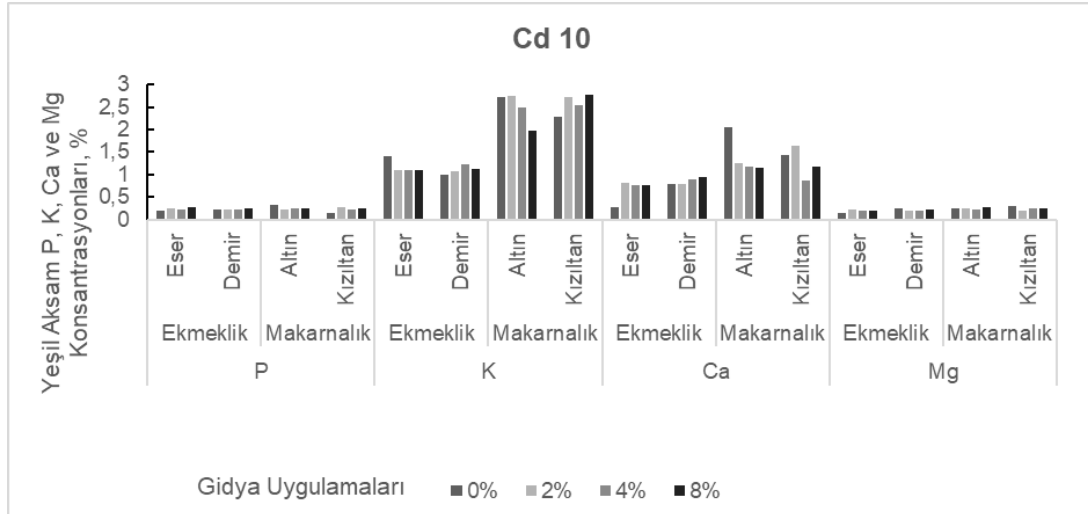
***, **, * istatistiksel olarak $P < 0.001$, $P < 0.01$ düzeyinde, ÖD: İstatistiksel olarak önemli değil.

Yeşil aksam fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum (P, K, Ca ve Mg) konsantrasyonu

Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ile gıdya (%0, %2, %4, %8) dozları altında yetiştirilen ekmeklik ve makarnalık buğdayda yeşil aksam P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarında P<0.05 düzeyinde önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Cd dozları arttıkça yeşil aksam ortalama P ve K konsantrasyonlarında azalmalar meydana gelmiştir. Buğdayın türleri arasında da K konsantrasyonu bakımında farklı sonuçların olduğu bulunmuştur. Buna göre, makarnalık buğday çeşitlerinin yeşil aksam ortalama K konsantrasyonu ekmeklik buğday çeşitlerine göre yaklaşık 3 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Benzer sonuç Ca konsantrasyonunda da elde edilmiştir (Şekil 3). Makarnalık buğday çeşitlerinin yeşil aksam

ortalama Ca miktarı ekmeklik buğday çeşitlerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu etkinin, Cd'nin bitkiler tarafından alınımı Cd²⁺ şeklinde olup bu durum yapısal olarak Ca²⁺ benzediğinden dolayı iki element arasında rekabetten kaynakladığı değerlendirilmektedir (Reeves ve Chaney, 2001). Bitkilerde Cd birikimi, bitki türüne ve çeşidine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle, Cd ile kirlenmiş toprakta yetişen bitkilerde besin maddelerinin miktarının ve dağılımının genotipler arasında büyük farklılıklara sebep olabilmektedir. Kontrol uygulamalarına göre, makro besin elementlerinin artış ve azalışlarının nedeni topraktaki yüksek konsantrasyondaki Cd'nin muhtemelen bitki kök sisteminin biomembranlarına zarar vermesinden ileri gelmektedir (Marschner, 2008; Dheri ve ark., 2007).



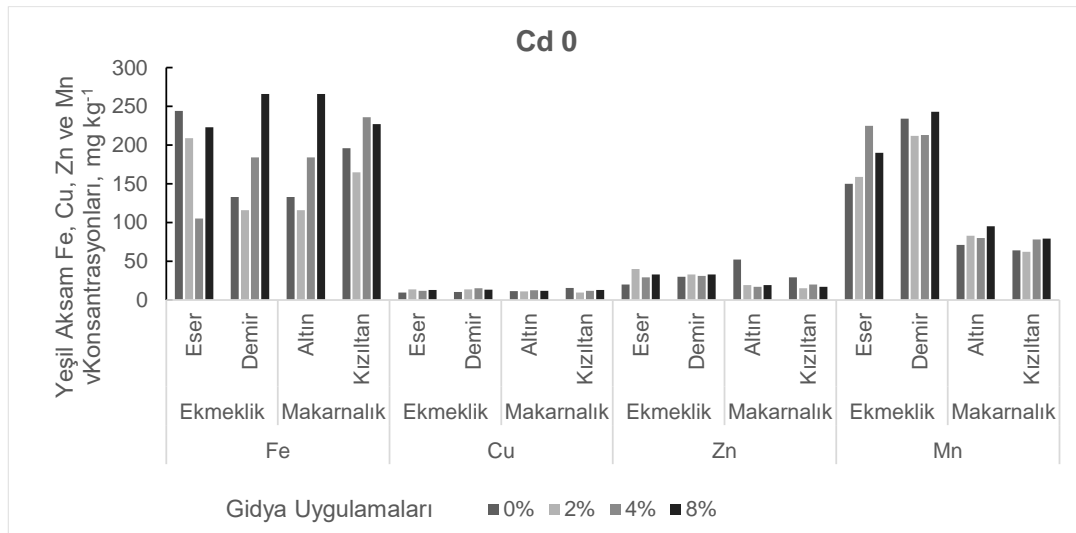


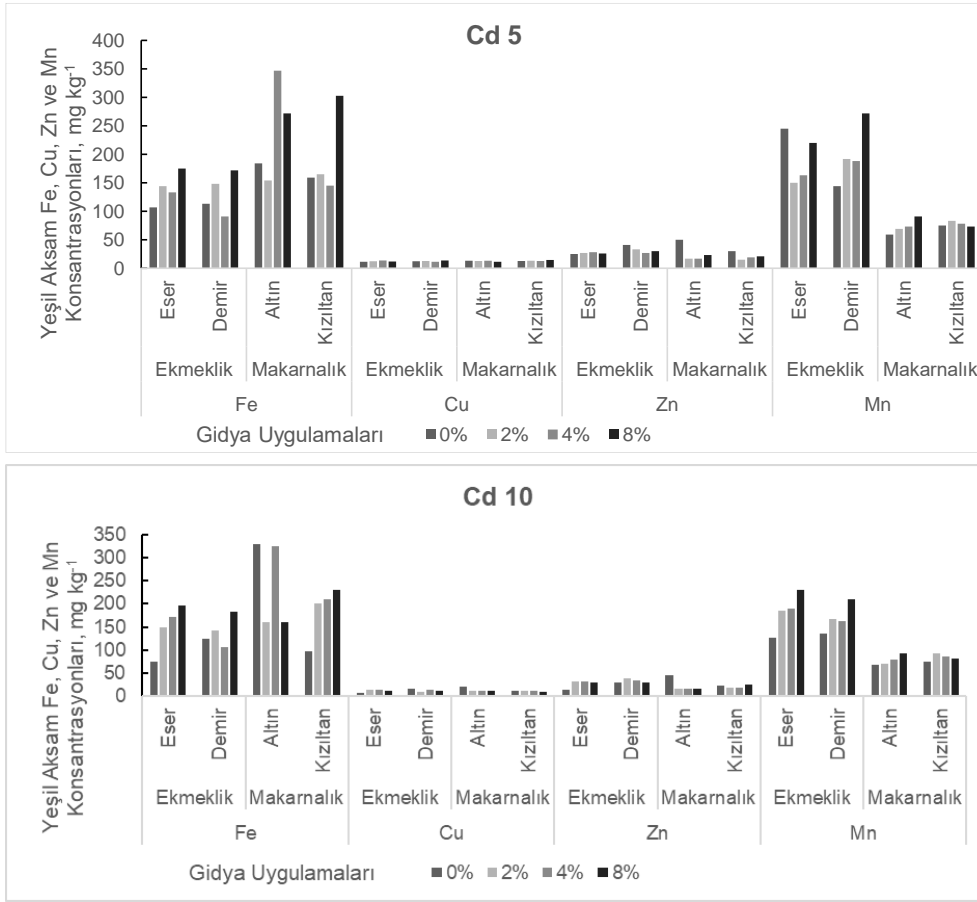
Şekil 3. Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve Artan Gıda (%0, %2, %4, %8) Dozları Altında Yetiştirilen Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayların P, K, Ca ve Mg Konsantrasyonları Üzerine Etkisi

Yeşil aksam demir, bakır, çinko, mangan (Fe, Cu, Zn ve Mn) konsantrasyonu

Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ile gıda (%0, %2, %4, %8) dozları altında ekmeklik (Eser, Demir) ve makarnalık (Altın, Kızıltan) buğday çeşitlerinin Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonlarında önemli farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların istatistiki olarak P<0.05 düzeyinde önemli oldukları belirlenmiştir. Makarnalık buğday çeşitlerinin ortalama Fe konsantrasyonları ekmeklik buğdaylara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Cd uygulaması altında buğday çeşitleri farklı tepkiler vermiştir. Buna göre, Cd dozları arttıkça yeşil aksam ortalama Fe konsantrasyonlarında azalmaların meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 4). Bu sonucu destekleyen bir araştırma Bao ve ark., (2012) tarafından elde edilmiştir. Söz konusu araştırmada, ekmeklik buğdayın Fe'li ve Fe'siz ile artan dozlarda Cd (0 mg L⁻¹ 0.01 mg L⁻¹, 0.1 mg L⁻¹, 1 mg L⁻¹) uygulamasında yetiştirilen buğdayın kuru madde ve Fe konsantrasyonlarında kontrollere göre azalmaların olduğunu açıklanmıştır.





Şekil 4. Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve Artan Gıdya (%0, %2, %4, %8) Dozları Altında Yetiştirilen Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayların Fe, Cu, Zn ve Mn Konsantrasyonları Üzerine Etkisi

Artan Cd ve gıdya uygulamalarıyla birlikte ekmeklik buğday çeşitlerinin yeşil aksam Zn konsantrasyonlarında kontrole göre artış yönünde dalgalanmalara neden olurken makarnalık buğday çeşitlerinde artan Cd dozlarıyla Zn konsantrasyonlarında azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, Cd*Zn arasındaki interaksiyondan ileri geldiği değerlendirilmektedir.

Bu interaksiyonda, benzer kimyasal özelliklere sahip olan Zn ve Cd'nin membranlar üzerindeki absorpsiyon noktaları için rekabet etmesinden (Çakmak, 2000) ve Zn noksanlığında membran geçirgenliğinin artmasına (Çakmak ve Marschner, 1988) bağlanmaktadır. Zn eksikliğinde yetişen bitkilerin daha fazla Cd alması yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır (Grant ve ark., 2002; Erdem ve ark., 2012; Eker ve ark., 2013). Cd ve gıdya dozlarının birlikte uygulandığı ortamlarda yeşil aksam Mn konsantrasyonundaki en fazla artış artan Cd dozlarında %8 gıdya uygulamasından elde edilmiştir.

Ekmeklik buğday çeşitlerinin yeşil aksam Mn konsantrasyonları makarnalık buğday çeşitlerinden

yaklaşık 3 kat daha fazla olduğu da belirlenmiştir. Bu artış ve azalmaların Cd stresi altında yetişen bitkilerin iyon alımında meydana gelen azalmalara bağlı olarak bitki köklerinin Cd toksitesine bağlı olarak zarar görmesi ile beraber kök büyüme ve gelişmesinin engellemesi şeklinde açıklanmaktadır (Salt ve ark., 1995).

Sonuç

Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları altında yetiştirilen buğday türlerinin hem Cd hem de mineral besin elementlerinin taşınımı üzerine etki ettiği belirlenmiştir. Ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin gıdya uygulamalarıyla Cd taşınımlarında ekmeklik çeşitlerde artış sağlamış iken makarnalık çeşitlerde azalmalar oluşturmuştur.

Bu sonuçlara göre, Cd kirliliğinin olduğu ve organik madde kapsamı düşük olan topraklara organik madde kapsamı %43 ve humik asit oranı %34 olan %2 gıdya uygulamasının verimi arttırmasının yanısıra Cd toksitesinde azalmaya sebep olduğundan kullanımı önerilmektedir.

Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazarların katkı beyanı

SA: Sera ve laboratuvar çalışmalarında, ÖEA: Toprak ve bitki analizlerinin yapılması ve değerlendirilmesi, FÖ: Verilerin değerlendirilmesi ve makale yazım sürecinde katkıda bulunmuşlardır.

Kaynaklar

- Bao, T., Sun, T.H. & Sun, L.N. (2012). Effect of cadmium on physiological responses of wheat and corn to iron deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 35, 1937-1948.
- Cakmak, I. & Marschner, H. (1988). Increase in membrane permeability and exudation in roots of zinc deficient plants. *Journal of Plant Physiology*, 132(3), 356-361.
- Dheri, G.S., Singh Brar, M. & Malhi, S.S. (2007). Influence of phosphorus application on growth and cadmium uptake of spinach in two cadmium-contaminated soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(4), 495-499.
- Di Toppi, L.S. & Gabbriellini, R. (1999). Response to cadmium in higher plants. *Environmental and experimental botany*, 41(2), 105-130.
- Eker, S., Erdem, H., Yazici, M.A., Barut, H. & Heybet, E.H. (2013). Effects of cadmium on growth and nutrient composition of bread and durum wheat genotypes. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22, 1779-1786.
- Erdem, H., Tosun, Y.K. & Ozturk, M. (2012). Effect of cadmium-zinc interactions on growth and Cd-Zn concentration in durum and bread wheats. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21, 1046-1051.
- Eleroğlu, H., & Korkmaz, K. (2016). Farklı organik gübrelerin tohumluk patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 4(7), 566-578.
- Friberg, L. (2018). *Cadmium in the Environment* (Second Edition). U.S.A.; CRC press.
- Grant, C.A. & Bailey, L.D. (1998). Nitrogen, phosphorus and zinc management effects on grain yield and cadmium concentration in two cultivars of durum wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 78, 63-70.
- Grant, C.A., Bailey, L.D., Harapiak, J.T. & Flore, N.A. (2002). Effect of phosphate source, rate and cadmium content and use of *Penicillium bilaii* on phosphorus, zinc and cadmium concentration in durum wheat grain. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 82(3), 301-308.
- Greger, M. & Lofstedt, M. (2004). Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat. *Crop Science*. 44, 501e507.
- Haider, F.U., Liqun, C., Coulter, J.A., Cheema, S.A., Wu, J., Zhang, R. & Farooq, M. (2021). Cadmium toxicity in plants: Impacts and remediation strategies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 211, 111887.
- Hart, J., Welch, R.M., Norvell, W.A. & Kochian, L.V. (2002). Transport interactions between cadmium and zinc in roots of bread and durum wheat seedlings. *Physiologia Plantarum* 116, 73-78.
- Jin, T., Nordberg, M., Frech, W., Dumont, X., Bernard, A. & Ye, T. (2002). Cadmium biomonitoring and renal dysfunction among a population environmentally exposed to cadmium from smelting in China (ChinaCad). *Biometals*, 15, 397-410.
- Kalınbacak, K., Yurdakul, İ. & Gedikoğlu, İ. (2012). Determination of toxicity limits of cadmium for wheat and comparison of some extraction methods. *Toprak Su Dergisi*, 1(1), 28-37.
- Karaca, A., Turgay, O.C. & Tamer, N. (2006). Effects of a humic deposit (gidya) on soil chemical and microbiological properties and heavy metal availability. *Biology and Fertility of Soils*. 42, 585-592.
- Kılıç, R., & Korkmaz, K. (2012). Kimyasal Gübrelerin Tarım Topraklarında Artık Etkileri Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 5 (2): 87-90, 2012 ISSN: 1308-3961s.
- Korkmaz, K., Ertürk, Ö., Ayvaz, M. Ç., Özcan, M. M., Akgün, M., Kirli, A., & Alver, D. O. (2018). Effect of cadmium application on antimicrobial, antioxidant and total phenolic content of basil genotypes. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 52(4), S108-S114.
- Korkmaz, K., Ergin, M. N., Akgün, M., & Saltali, K., 2021. (2021). The influence of humic deposit (gyttja) application on some selected soil properties

- and yield-quality of hazelnut in acid conditions. *Agrochimica*, 279-293.
- Marschner, H. (2008). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press (Second Edition). London, UK., 889p.
- Özkutlu, F. & Kara, Ş.M. (2019). Cd concentration of durum wheat grain as influenced by soil salinity. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(1), 97-100.
- Payandeh, K., Jafarnejadi, A., Gholami, A., Shokohfar, A. & Panahpor, E. (2018). Evaluation of cadmium concentration in wheat crop affected by cropping system. *Jundishapur Journal of Health Sciences*, 10, e14400.
- Pereira, B.F.F., Rozane, D.E., Araújo, S.R., Barth, G., Queiroz, R.J.B., Nogueira, T.A.R. & Malavolta, E. (2011). Cadmium availability and accumulation by lettuce and rice. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(2), 645-654.
- Reeves, P.G. & Chaney, R.L. (2001). Mineral nutrients status of female rats affects the absorption and organ distribution of cadmium from sunflower kernels (*Helianthus annuus* L.). *Environmental Research*, 85, 215-225.
- Salt, D.E. & Rauser, W.E. (1995). MgATP-dependent transport of phytochelatins across the tonoplast of oat roots. *Plant Physiology*. 107, 1293e1301.
- Saltalı, K. & Korkmaz, K. (2015). Gıda organomineral toprak düzenleyicisi olarak değerlendirilebilir mi? 4. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi Bildiri Özet Kitabı, s: 15. 01-04 Eylül 2015, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Shentu, J., He, Z., Yang, X.E. & Li, T. (2008). Accumulation properties of cadmium in a selected vegetable-rotation system of southeastern China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (15), 6382-6388.
- Yang, X., Baligar, V.C., Martens, D.C. & Clark, R.B. (1995). Influx, transport, and accumulation of cadmium in plant species grown at different Cd²⁺ activities. *Journal of Environmental Science and Health*, 30(4), 569-583.