



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GİDYA VE KADMİYUM UYGULAMALARININ
BUĞDAY'DA KURU MADDE VERİMİ VE BESİN
ELEMENTİ KONSANTRASYONLARI ÜZERİNE ETKİSİ**

SUAT AKGÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ORDU 2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

SUAT AKGÜL

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

GİDYA VE KADMIYUM UYGULAMALARININ BUĞDAY'DA KURU MADDE VERİMİ VE BESİN ELEMENTİ KONSANTRASYONLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Suat AKGÜL

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 51 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Faruk ÖZKUTLU)

Topraklardaki en önemli problemlerden birisinin organik madde düşüklüğü olduğu ve buna bağlı olarak, topraklara organik materyallerin ilavesi giderek hızlanmaktadır. Bu durumdan hareketle, yapılan çalışmada organik madde içeriği %43 olan gıdya uygulmasının buğday çeşitleri arasında kuru madde verimi, kadmiyum (Cd) alımı ve mineral besin elementleri üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

Sera koşullarında saksı denemesi olarak Cd (0, 5 ve 10 mg kg⁻¹ toprak) ve gıdya (%0, %2, %4 ve %8 toprak) uygulamaları altında ekmeklik (Eser ve Demir) ile makarnalık (Altın ve Kızıltan) buğday çeşitleri yetiştirilmiştir.

Sera denemesinden elde edilen sonuçlara göre, Cd kirliliği olan topraklara artan gıdya uygulamasıyla kuru madde veriminde artış bulunmuştur. Gıdya dozları arasında %2 uygulamasıyla en yüksek kuru madde verimi belirlenmiş olup kontrole göre %187 oranında artış sağlamıştır. Buğday türleri arasında makarnalık buğday çeşitlerinin ekmeklik buğday çeşitlerine göre daha fazla Cd biriktirdiği tespit edilmiştir. Artan gıdya dozlarında ekmeklik buğdayların Cd konsantrasyonunu kontrole göre arttırmasına karşın makarnalık buğdayların Cd konsantrasyonunu azaltmıştır. Bu bugulara ilaveten, ekmeklik buğday çeşitlerinde P, Cu, Zn ve Mn taşınımı makarnalık buğday çeşitlerine göre daha fazla olmuştur. Makarnalık buğday çeşitlerinde ise K, Ca, Mg, Fe ve B ekmeklik buğday çeşitlerine kıyasla daha fazla olmuştur.

Sunuç olarak, gıdya uygulaması makarnalık buğdaylarda Cd taşınımını azaltırken mineral besin elementlerince de zenginleşmesine katkı yaptığı bulunmuştur. Organik maddesi düşük olan topraklarda gıdya uygulanmasının buğdaylara Cd taşınımını önlemesi ve mineral besin elementlerince zenginleşmesini nedeniyle kullanımı önerilebilir.

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

ABSTRACT

THE EFFECT OF GYTTJA AND CADMIUM APPLICATIONS ON ON DRY MATTER YIELD AND NUTRITIONAL CONCENTRATIONS IN WHEAT

Suat AKGÜL

**ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES**

SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

MASTER THESIS, 51 PAGES

(SUPERVISOR: Prof. Dr. Faruk ÖZKUTLU)

One of the most important problems in soils is low organic matter, and accordingly, the addition of organic materials to soils is accelerating. Based on this situation, the effect of gyttja application with an organic matter content of 43% on dry matter yield, cadmium (Cd) intake and mineral nutrients among wheat varieties was investigated.

Bread (Eser and Demir) and durum (Altın and Kızıltan) wheat under Cd (0, 5 and 10 mg kg⁻¹ soil) and gyttja (0, 2%, 4% and 8% soil) applications as pot experiment in greenhouse conditions varieties were bred.

According to the results obtained from the greenhouse experiment, an increase in dry matter yield was found with increasing gyttja application to soils with Cd pollution. Among the doses of gyttja, the highest dry matter yield was determined with 2% application and it provided an increase of 187% compared to the control. Among wheat species, durum wheat varieties were found to accumulate more Cd than bread wheat varieties. While increasing gyttja doses increased the Cd concentration of bread wheats compared to the control, it decreased the Cd concentration of durum wheats. In addition to these findings, P, Cu, Zn and Mn transports were higher in bread wheat cultivars than in durum wheat cultivars. In durum wheat varieties, K, Ca, Mg, Fe and B were higher in durum wheat varieties compared to bread wheat varieties.

As a result, it has been found that gyttja application reduces Cd transport in durum wheat and contributes to the enrichment of mineral nutrients. In soils with low organic matter, the application of gyttja can be recommended because it prevents Cd transport to wheat and enriches it with mineral nutrients.

Keywords: Bread Wheat, Gyttja, Cadmium Toxicity, Durum Wheat

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, çalışmanın yürütülmesi ve yazımı esnasında başta danışman hocam Sayın Prof. Dr. Faruk ÖZKUTLU 'ya ve tez yazım aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Özlem ETE AYDEMİR'e ve Arş. Gör. Mehmet AKGÜN'e teşekkür ederim.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim babam Sırrı AKGÜL'e, annem Ayşe AKGÜL'e ve ablam Hilal KARAARSLAN' a teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
ÇİZELGE LİSTESİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
2.1 Gıda'nın Tarımsal Açıdan Önemi ve Kullanımı.....	6
2.2 Buğdayda Cd Birikimi ve Etkisi	9
3. MATERYAL ve METOD	14
3.1 Materyal	14
3.1.1 Deneme Yeri ve Yılı	14
3.1.2 Toprak Materyali.....	14
3.1.3 Gıda Materyali	15
3.1.4 Bitki Materyali	15
3.2 Metod.....	15
3.2.1 Saksı Denemesinin Yürütülmesi	15
3.2.3 Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler	17
3.2.4 İstatistiksel Sonuçları Hesaplama	17
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	18
4.1 Yeşil Aksam Kuru Madde Verimi	18
4.2 Yeşil Aksam Kadmiyum Konsantrasyonu	21
4.3 Yeşil Aksam Mineral Besin Elementleri.....	24
4.3.1 Yeşil Aksam Fosfor Konsantrasyonu.....	24
4.3.2 Yeşil Aksam Potasyum Konsantrasyonu	26
4.3.3 Yeşil Aksam Kalsiyum Konsantrasyonu	27
4.3.4 Yeşil Aksam Magnezyum Konsantrasyonu	29
4.3.5 Yeşil Aksam Demir Konsantrasyonu	30
4.3.6 Yeşil Aksam Cu Konsantrasyonu	32
4.3.7 Yeşil Aksam Zn Konsantrasyonu.....	34
4.3.8 Yeşil Aksam Mn Konsantrasyonu	36
4.3.9 Yeşil Aksam B Konsantrasyonu	37
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	40
6. KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ	51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1	Gıdya Uygulamalarının (%0, %2, %4, %8) Yeşil Aksam Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi.....	18
Şekil 4.2	Cd0 ve Gıdya (%0, %2, %4, %8) Uygulamalarının Ekmeklik Buğdayın Demir Çeşidinde Yeşil Aksam Kuru Madde Miktarı.....	20
Şekil 4.3	Cd Uygulamalarının (%0, %5, %10) Yeşil Aksam Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi.....	21



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Denemede Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	14
Çizelge 3.2 Denemede Kullanılan Gıdya Materyalinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Saltalı ve Korkmaz, 2015)	15
Çizelge 4.1 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Kuru Madde Ağırlığı Üzerine Etkisi (mg bitki^{-1})	19
Çizelge 4.2 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi	23
Çizelge 4.3 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Fosfor (P) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi (%)	25
Çizelge 4.4 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Potasyum (K) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi (%)	27
Çizelge 4.5 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi (%)	28
Çizelge 4.6 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi (%)	29
Çizelge 4.7 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Demir (Fe) konsantrasyonu (mg kg^{-1})	31
Çizelge 4.8 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Bakır (Cu) Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	33
Çizelge 4.9 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Çinko (Zn) Konsantrasyonu (mg kg^{-1})	34
Çizelge 4.10 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Mangan (Mn) Konsantrasyonu (mg bitki^{-1})	36
Çizelge 4.11 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Bor (B) Konsantrasyonu (mg bitki^{-1})	38

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

%	: Yüzde
µg	: Mikrogram
B	: Bor
Ca	: Kalsiyum
cm	: Santimetre
Cu	: Bakır
da	: Dekar
DTPA	: Diethylene Triamine Pentaacetic Acid
EC	: Elektriksel İletkenlik
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
Fe	: Demir
g	: Gram
HA	: Humik Asit
ICP	: Inductively Coupled Plasma
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
L	: Litre
M	: Molar
mg	: Miligram
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
Mn	: Mangan
P	: Fosfor
pH	: Ortamda Bulunan H ⁺ Konsantrasyonunun Negatif Logaritması
ppm	: Part Per Million (Milyonda Bir Kısım)
Zn	: Çinko

1. GİRİŞ

Endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin 21. Yüzyılın başından itibaren hızla artması ile beraber teknolojilerinde gelişmesi sonucunda çevre kirliliği ve dünya ekosistem dengesinin bozulmasıyla bazı sorunlar ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda da gıda maddeleri hızla artan bir biçimde kirlenmeye başlamıştır. Gıdaların ağır metallerle kontamine olması neticesinde canlıların sağlığını ciddi bir şekilde tehdit altında kalmasına neden olmuştur (Şahan ve Başoğlu, 2003). Doğadaki elementler içerisinde özgül ağırlıkları 5g/cm^3 ve üzerinde olan elementler ağır metaller olarak adlandırılmaktadır (Çepel, 1997). Günümüzde önemli çevresel sorunların ilk sıralarında topraktaki ağır metal kirliliği yer almaktadır (Doumsett ve ark., 2008; Nouri ve ark., 2009; Li ve ark., 2014). Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı rapora göre, 129 adet öncelikli gruptan çevre kirleticileri arasında en önemli gruplarından birini topraktaki ağır metaller oluşturmaktadır (Neilson ve ark., 2003). Atmosferde bulunan ağır metaller zehirli etkiler içermesi sebebiyle en önemli kirleticiler arasında bulunmaktadır (Vural, 1984). Toprakların ağır metallerle maruz kalarak kirlenmesi sonucunda ağır metal içeren kayaçların çözünerek su ve toprak ortamına taşınmasıyla kirlenmeler oluşmaktadır (Vanlı ve Yazgan, 2008). Hava, toprak, su gibi doğal kaynaklar, metaller ile kirlenebilmektedir, atmosferde bulunan kirleticiler ise çeşitli hava hareketleri ve diğer atmosferik olaylar sonucunda çok uzak mesafelere taşınmaktadır. Ağır metaller zaman içerisinde yeryüzüne çökerek çok geniş alanlara yayılmakta, dolayısıyla bitkisel ve hayvansal kökenli besinler ile su ürünlerinin de kirlenmesine sebep olmaktadır. Su ürünlerine karışan atıkların içerdiği sanayi kaynaklı kadmiyum inorganik bileşiği, tarımsal uygulamalardan kaynaklanan kimyasal gübre artıkları, pestisit atıkları gibi maddelerden oluşmaktadır (Şanlı, 1984; Baysal, 1989).

Ağır metaller bitkinin gelişimi için, mutlak gerekli besin elementleri olmadıklarından bitkilerde noksanlık belirtileri göstermezler, bitkinin normal gelişimi devam etmiyor olsada, ağır metal alımı devam edebilir ve metalin toksik etkisi ancak bitkide yeterince birikmesinden sonra ortaya çıkabilir. Bundan dolayı, ağır metallerle potansiyel toksik elementler de denir. Ağır metaller çoğunlukla, bitkilerdeki birikimleri sırasında kendilerine ait toksiklik belirtilerinin yanı sıra bir başka elementin belirtileri ya da eksikliği olarak kendilerini gösterebilmektedirler. Ağır metallerin

toksik olduğu bilinen en önemlilerinden biri de kadmiyum (Cd) elementidir. Kadmiyum, değişik toprak tiplerinde farklı davranışları olan ve bitkilere göre toksiklik düzeyleri farklılıklar gösteren bir elementtir. Kadmiyum, endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübre uygulamaları gibi insanlar tarafından oluşturulan aktiviteler sonucunda toprağa kolayca ulaşmakta ve birikebilmektedir. İnsan faaliyetleri sonucu toprağa ulaşan kadmiyum'un %54-58'i, fosfor içeren gübrelerden, %39-41'i atmosferik depolanmadan, %2-5'i ise çiftlik gübresi ve atık çamur uygulamalarından oluşmaktadır (Wang ve ark., 2015). Yer kabuğunda bulunan kadmiyum oranı ise ortalama 0,1 mg kg⁻¹ civarında olup, ortalama olarak topraklarda 0.53 mg kg⁻¹ düzeyinde yer almaktadır (Eser, 2018). Topraklarda 3 mg kg⁻¹'dan fazla Cd olduğunda bitkilere toksik etkilere yol açabilmektedir. Dünya genelinde tarım topraklarına özellikle yaklaşık son 30 yıllık süreç içerisinde yoğun olarak Cd girişı olduğü (Özkutlu ve Erdem, 2018; Rizwan, 2016). Kadmiyum biyolojik fonksiyonlar açısından gerekli bir element olmadığı ve canlı organizmalar için toksik özellik taşıdığı aynı zamanda diğer ağır metallere göre de yaklaşık 20 kat daha fazla toksisiteye sahip olduğü açıklanmıştır (Friberg, 2018).

Kadmiyum'un yaygın bir kirletici olduğü (Özkutlu, 2020) genellikle bitkiler, insanlar ve hayvanlar için oldukça toksik olduğü kabul edilir (Haider., 2021). Yapılan araştırmalarda antropojenik emisyonlardan yıllık yaklaşık 30.000 ton Cd'nin (Di Toppi ve ark., 1999) tarım topraklarına giriş yaptığı ve bunun sonucunda da bitkilere kolaylıkla taşındığı dolayısıyla insan ve hayvan beslenmesinde besin zinciri yoluyla Cd girişlerinin artmasına neden olduğü açıklanmıştır (Jin ve ark., 2002). Bitkilerin yenilebilir kısımlarında Cd birikimi birçok ülke için giderek artan bir halk sağlığı sorunu haline gelmektedir. İnsanların en temel besin gıdaları arasında buğday ön sırada yer almaktadır. Dünya nüfusunun yüzde %60'ının tükettiğı bir gıda olan buğday Cd ile kontamine olmuş topraklardan kolaylıkla kökleri aracılığıyla yüksek miktarda Cd alarak danelerinde biriktirebilir ve böyle tahıllarla beslenilmesi sonucunda insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır (Abedi ve Mojiri, 2020). İnsanlarda aşırı Cd birikiminden kaynaklanan tipik sağlık sorunları olarak; böbrek fonksiyon bozukluğu, karaciğer hastalıkları, akciğer ödemi, anemi ve hipertansiyon gibi ciddi sağlık problemleri sayılabilir (Basta ve ark., 1998). Son yıllarda Cd'un insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinden dolayı yenilebilir bitkisel gıdalarda ve özellikle

buğdayda Cd alımını ve birikimini azaltmayı amaçlayan araştırmalara hız verilmiştir. Buğdayda Cd alımını azaltmak için; düşük Cd biriktiren buğday çeşitlerinin seçimi ve ürün rotasyonu buğday tarafından Cd alımını azaltmak için başarıyla kullanılan tarımsal uygulamalar yanısıra bitki büyüme düzenleyicileri, inorganik işlemler, silikon ve organik gübrelerin kullanımlarıyla danelerinde daha az Cd birikimleri araştırılmaktadır.

Cd, toprakta hareketliliği yüksek bir elementdir ve kolaylıkla bitkilerde besin zincirine dahil olur. Kadmiyumun bitkiler tarafından alınması sonucunda, bitkinin azot-karbonhidrat metabolizması, protein, fotosentez ve klorofil sentezi gibi birçok metabolik aktivitenin bozulmasına sebep olmaktadır (Mengel ve Kirkby, 2001). Kadmiyum birikimi özellikle makarnalık buğday başta olmak üzere tahıllar arasında giderek artan bir endişe kaynağıdır, bunun sebebinin tam olarak bilinmemesine rağmen, makarnalık buğday çeşitlerinin, ekmeklik buğday çeşitlerinden daha fazla tanelerine kadmiyum biriktirdiği yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Li ve ark., 1997; McLaughlin ve ark., 1998; Erdem ve ark., 2012).

Günümüzde daha sağlıklı bir yaşam için organik tarımın önemi artmaktadır. Organik tarım, bazı kurallar çerçevesinde sürdürülebilir tarım modelidir. Toprak başta olmak üzere hava, su, çevre ve doğada yaşayan diğer canlılara zarar vermeyen bir üretim modeli anlamına gelmektedir. Organik tarım; yanlış uygulamalar sonucunda kaybolan doğal dengeyi yeniden kurmaktadır. Temelde kimyasal ilaçlar ve gübreler kullanmaktansa, organik ve yeşil gübreleme, bitkinin direncini artırma, münavebe, toprağın muhafazası, parazit ve predatörlerden yararlanma yöntemlerini tavsiye etmekte ve pestisit kısıtlısı olmadan yüksek kalitede üretimi ilke edinmektedir. (Rehber ve Turhan, 2001). Organik tarımın temelinde doğal kaynaklar ile tarımsal üretim yapılmaktadır. Tarımsal üretimden elde edilen ürünlerin insan sağlığına zarar verebilecek atıkları, maddeleri barındırmasının önüne geçerek oluşabilecek hastalıkların yayılmasını yüksek oranda azaltılabilir. Organik tarım yalnızca insan sağlığını değil aynı zamanda tarım topraklarının da korunmasını sağlar. Türkiye toprakları genel olarak organik madde bakımından yetersizdir. Bu nedenle, toprak kalitesinin artırmanın en önemli unsurlarından birisi organik içerikli kaynakların topraklara uygulanmasıyla mümkün olabilir. Bu kaynaklardan bazıları pomza, leonardit, zeolit kompost, cocopeat, torf ve gidyadır (Çivit, 2010). Söz konusu

materyallerin topraklara uygulanmasıyla hem toprak organik maddesi zenginleşek hem de ağır metallerin özellikle de kadmiyumun bitkiye taşınımı azaltılabilir.

Türkiye topraklarının organik madde içerikleri düşük miktarda olduğu için bitkisel üretimde verimliliğin sağlanması ve sürdürülebilirliğin devamı için son yıllarda topraklara leonardit, zeolit, humik/fulvik asit ve gıdya gibi materyaller sıklıkla uygulanmaktadır. Organik maddece zengin olan toprakların organik maddesi düşük olan topraklara nazaran daha verimli olmaktadır. Burada topraklara organik materyaller ilave edildiğinde toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde iyileşmeler sağlanmaktadır. Organik materyallerin ilavesinde topraktaki humin maddeler bitkilerin iyileşmesinde ve gelişmesinde rol oynamaktadır. Humin maddeler, humik asit (HA) ve fulvik asit olarak iki kısımdan oluşur. Topraktaki organik bileşenler tarafından Cd'nin kompleksleşmesine büyük bir ilgi gösterilmektedir. Organik bileşenler, Cd ile hem çözünür hem de çözünmez kompleksler oluşturur ve böylece Cd dönüşümünde ikili bir rol oynar. Düşük moleküler ağırlıklı organik bileşenler (biyokimyasallar, fulvik asitler) çözeltide Cd taşıyıcıları olarak görev alırlar. Buna karşılık, yüksek moleküler ağırlıklı organik bileşenler (örneğin humik asit, humin) Cd için adsorplama görevi üstlenirler. Kadmiyum ile kirlenmiş olan topraklarda organik ve mineral kolloidler, Cd'nin tutulmasında rol oynayan başlıca toprak bileşenleridir. Topraklarda Cd'un tutulması hem mineral hem de organik kolloidlerin türüne ve miktarına ve minerallerin organik bileşenlerle ilişkisinin kapsamına ve mekanizmasına bağlı olarak değişir. Organik madde içeriği yüksek bir material olan gıdya da son yıllarda topraklara uygulanmaktadır.

Gıdya; organik ve mineral maddelerin karışımı ile eski göl tabanlarında oluşmuş, açık griden kahverengimsi-siyaha kadar değişen renge sahip, gölde yaşamış olan canlıların fosillerini içeren organomineral bir materyaldir (Saltalı, 2015). Yapılan araştırmalarda gıdya uygulaması ile beraber toprağın organik madde içeriğinin arttığı, toprakların iletkenlik ve su tutma kapasitelerinin yükseldiği, agregat stabilitesini iyileştirdiği, tarım makinelerine sürüm kolaylığı sağladığı yani toprağın fiziksel özelliklerini geliştirdiği bildirilmiştir (Yıldırım, 2015). Özellikle kurak-yarı kurak bölgelerde nem içeriği ve organik maddenin düşük olduğu topraklarda gıdya ve buna benzer materyallerin kullanılması, bitki yetiştiriciliğinde önemli kazanımlar sağladığı,

bundan dolayı topraklara gıdya uygulamasının toprakların su tutma kapasitelerini ve yarayışlı su miktarlarını arttırdığı rapor edilmiştir (Munsuz ve Akyıldız, 1979).

Bu çalışmanın amacı, toprak düzenleyicisi ve organik madde üretiminde kullanılan gıdya uygulamasının ekmeklik ve makarnalık buğday bitkisinde kadmiyum ve besin elementi alımı üzerine etkisi araştırmaktır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Gıdya'nın Tarımsal Açıdan Önemi ve Kullanımı

Gıdya, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirebilecek niteliklere sahip olan materyaldır (Bozkurt, 2004). Gıdya, organik madde ve kireç içeriğinin yüksek olmasından dolayı, asit toprakların ıslahında kullanılan önemli materyallerden birisidir. Türkiye'de gıdya, Afşin – Elbistan Bölgesi'nde Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü ve Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü gibi kurum ve kuruluşların linyit arama çalışmaları sırasında ortaya çıkarılmıştır. Gıdyanın karbon ve humik asit içeriği oldukça yüksektir. Gıdya, kömür düzeyine ulaşmamış doğal bir kil, linyit havzalarının üst katmanlarında yer alan tarımsal değeri yüksek bir material olduğu açıklanmıştır (Saltalı, 2015).

Gıdya; bitki besin elementlerince zengin, ağır metal içeriğinin düşük olması, humik asit içeriğinin fazla olması, organik gübre özelliği göstermesi ve yüksek organik madde içeriğine sahip olması ve su tutma kapasitesinin yüksek olması gibi özelliklerinden dolayı toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaktadır. Gübre ile beraber kullanılması sonucunda toprakta bulunan organik madde miktarını ve topraktaki enzim aktivitelerini olumlu yönde artırdığını, Cd, Pb, Ni, ve Zn gibi bazı ağır metallerin bitkiler tarafından alınabilirliğini azalttığı belirlenmiştir (Durmuş ve ark., 2020).

Türkiye topraklarının organik madde içeriğinin genellikle düşük düzeyde olması ve bu durumda verimi sınırlayan bir faktör olduğu açıktır. Türkiye topraklarının organik madde düzeyinin düşük olmasından dolayı organik madde düzeyini arttırmak için linyit, leonardit ve gıdya (gyttja) gibi materyaller sıklıkla kullanılmaktadır. Bu materyallerin kullanımı socunda; toprakların fiziksel özelliklerini (havalanma ve su tutma kapasitesi, agregat stabilitesi) ayrıca, katyon değişim kapasitesi, organik madde miktarı, toprakta mevcut olan bitki besin elementlerinin yayayışlı forma dönüşmesi, pH dengesinin sağlanması gibi kimyasal özellikleri iyileştirmenin yanısıra kök gelişimi ve bitki verimi artırdığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. (Loomis ve Durst, 1991; Şipal, 1994; Yazıcı, 2001). Geçmişten günümüze bakıldığında literatür araştırmasında tarımda gıdya kullanımının çeşitli bitkilerde verimi pozitif yönde etkilediğine yönelik çok sayıda araştırma mevcuttur. Örneğin; Saltalı (2015) tarafından gıdyanın humik asit içeriğinin yüksek olması ve bitki besin elementlerini

içermesi nedeniyle tarımda kullanımının bitki verimine etkisinin pozitif olduğu açıklanmıştır.

Turgay ve ark., (2011) tarafından gıdya ve gıdyadan elde edilen humik ve fulvik asit konsantrasyonunu linyit kökenli humik maddelerin farklı toprak özellikleri ve ekmeklik buğdayda toprağa iki farklı şekilde uygulamışlardır. Bunlardan illki sadece gıdya uygulayarak ikincisi ise mineral gübrelerle uygulayarak denenmiştir. Yapılan denemeler iki yıl tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Ekmeklik buğday yetiştiriciliğinde farklı tip ve farklı dozlarda uygulanan humik maddelerin tek başlarına veya birlikte uygulanmalarının, sonraki dönem ürün sezonlarında toprak özelliklerindeki etkilerinin farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın ilk yılında ise toprakta bulunan organik madde seviyesinin, tane veriminin ve yarıyışlı fosforun, farklı humik madde uygulamalarında artış olduğu belirlenmiştir. Uygulanan humik maddelerin denemenin ikinci yılında ise, toprak özelliklerine ve toprakta bulunan makro ve mikro besin elementlerinin var olan durumları üzerine etki etmediği anlaşılmıştır.

Karaca ve ark., (2006) tarafından gıdya ve gıdya ile beraber mineral gübre kullanarak bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada gıdyanın (0, %1, %2 ve %4) ve mineral gübrelerden de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, TSP ve K_2SO_4 gübrelerinin 4 farklı (N:0, 100, 200, 300 ppm, P_2O_5 :0, 30, 60, 90 ppm ve K_2O :0, 45, 90, 180 ppm) dozları uygulanmıştır. Çalışma sonunda gıdyanın mineral gübreler ile birlikte kullanılmasının toprağın mikrobiyolojik özellikleri üzerine daha etkili olduğu ve gıdya uygulamasının toprağın metal adsorbsiyonunu arttırdığını belirlemişlerdir. Gıdya ile mineral gübrenin birlikte kullanılmasının organomineral gübre olarak kullanılmasında bir alternatif olduğu belirtmişlerdir.

Torun (2009) tarafından yapılmış çalışmada buğday ve çavdar bitkisine tarla koşullarında ekimle beraber üç farklı gıdya (0, 10 ve 30 ton da^{-1}) ve iki farklı Zn (0 ve 2.3 kg da^{-1}) dozu uygulanmıştır. Çalışma sonunda gıdyanın dane verimini %18 arttırdığı saptanmıştır. Bu artışların Zn noksanlığı altında daha belirgin olduğu açıklanmıştır. Ayrıca, toprağa gıdya ilavesi ile alınabilir Zn konsantrasyonunun kısmen arttığı ve toprağın fiziksel özelliklerinde de iyileşmelerin olduğu belirlenmiştir.

Ergin (2019) gıyda uygulamalarının toprak özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmada, toprağa 4 farklı gıyda dozu (0, 20, 40 ve 80 kg ocak⁻¹) uygulanmıştır. Çalışma sonunda, toprağın besin elementi içeriği, pH, kireç ve organik maddesinin artan gıyda uygulamaları ile beraber arttığını belirlemiştir.

Torun ve ark., (2003) Yapmış olduğu çalışmada tarım topraklarında Zn noksanlığı ve B toksisitesinin bulunması, başta hububat olmak üzere bitkisel üretimde ciddi azalmalara neden olduğu göstermektedir. Topraklardaki düşük organik madde seviyeleri, yaygın olarak Zn eksikliği ve B toksisitesinin ortaya çıkmasının ana nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir. Bu kavramı baz alarak sera koşullarında gıyda uygulamalarının etkisini araştırmıştır. Çinko bakımından yetersiz ve B toksisitesinin olduğu bir toprakta gıyda uygulamalarının etkisi araştırılmıştır. Gıyda uygulmasının sürgün kuru ağırlıklarını dozlara bağlı olarak %25-97 oranında arttırdığını tespit etmiştir. Söz konusu araştırmada, Zn eksikliği olan topraklarda gıyda uygulamasının etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Gıyda uygulaması sonucunda, sürgün kuru ağırlığı ve tane verimindeki artışların, sürgünlerde B konsantrasyonunun azalması ve ayrıca kısmen de artan Zn konsantrasyonu ile ilişkili olduğu açıklanmıştır. Toprakların B toksisitesi ve Zn bakımından yetersiz olduğu durumlarda buğday üretiminin iyileştirilmesinde gıyda'nın topraklara başarıyla uygulanabilir olduğu vurgulanmıştır.

Gülser ve ark., (2014) yürüttükleri çalışmada, yetiştirme ortamı olarak kullandıkları gıyda ve kimyasal gübre uygulamalarının biber bitkisinde meyvelerin pomolojik ve biyokimyasal özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca bu uygulamalarının yetiştirme ortamının tuz içeriğini azaltırken ornakik madde içeriğinin önemli düzeyde arttırdığını saptamışlardır.

Demir ve ark., (2017) Doğu Akdeniz Tarım Havzasında farklı ana materyallerden (bazalt, serpantin ve kireçtaşı) oluşmuş topraklarda kırmızı biber bitkisine farklı dozlarda gıyda (%0, 1, 2, 4) ve azot (0, 70, 140 ve 210 mg kg⁻¹) uygulamışlardır. Gıyda uygulamalarının biber bitkisinde vejetatif aksamında artış gösterdiğini ancak meyve verimi üzerine önemli bir etkisinin olmadığını saptamıştır.

Saltalı ve Yıldıırım (2016) kuru koşullarda  erezlik ay ı eği yetiştiriciliğinde gıyda uygulamasının bazı toprak ve bitki özelliklerine etkisini araştırmak amacıyla tarla koşullarında bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada 1 dekar alan toprağa toprağa

0, 5, 10 ve 15 ton⁻¹ uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, gıda uygulamasının toprakların pH, EC ve organik madde üzerine olan etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Gıda uygulamasının toprak özelliklerini iyileştirmenin yanısıra bitkinin verim parametrelerini de geliştirdiği belirlenmiştir. Söz konusu araştırma sonunda, ayçiçeği yetiştiriciliğinde dekara 5-10 ton dozlarında gıda uygulamasının uygun olduğu önerilmiştir.

2.2 Buğdayda Cd Birikimi ve Etkisi

Ağır metallere bağlı olarak çevre kirlenmesi madencilik ve endüstriyel aktiviteler gibi faaliyetlerin artmasıyla günümüzde ağır metal sorunu giderek artış göstermektedir (Nagajyoti ve ark., 2010). Ağır metallere biri olan kadmiyum (Cd), son yıllarda yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Günümüzde, Cd'nin toprak ve bitkilerde birikimi ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri artmakta ve çözüm önerileri sıralanmaktadır. Yapılan çalışmalardan ileri sürüldüğü gibi Cd'nin yüksek konsantrasyonları insan, bitki ve hayvanlara toksik etki göstermektedir (Marschner, 1995). Topraklardaki yüksek miktarlarda Cd varlığı, bitkilerde büyümeye, özellikle de kök büyümesinde gerilemelere (Weigel ve Jager, 1980), mineral beslenmede ve karbonhidrat metabolizmasında düzensizliklere (Moya ve ark., 1993) yol açmaktadır. Bitkilerde Cd birikimiyle çalışmaların çoğu tahıllardan; çeltik, buğday ve mısır üzerine yoğunlaşmıştır (Yu ve ark., 2006; Amar ve ark., 2007; Wang ve ark., 2007). Tahıllarda kadmiyum birikimi, topraktaki mevcut Cd, toprak tipi ve kimyası, iklim, agronomik uygulamalar ve bitki genotipi gibi birçok faktörden etkilenir. Buğday genotiplerinde Cd birikimleri farklı olmasının yanısıra buğday çeşitlerinin Cd birikimleri de farklı olmaktadır. Örneğin, makarnalık buğdayların ekmeklik buğdaylara göre daha fazla Cd biriktirdiği çeşitli araştırmalarda açıklanmıştır (Hart ve ark., 2002; Shentu ve ark., 2008; Özkutlu ve Kara, 2019). Buğdayın tanesinde Cd birikimi üzerine çok sayıda araştırma literatürde yer almaktadır. Yapılan bir çalışmada, toprağa kanalizasyon atıklarının uygulanmasıyla topraklara önemli düzeyde N, P ve organik madde girişinin olmasının yanısıra toksik etkilerinin de olduğu açıklanmıştır. Yapılan çalışmada, uzun süreli kanalizasyon ve gübre uygulamalarının yapıldığı alanlarda yetişen buğdayların tanelerinde Cd konsantrasyonunun maksimum izin verilebilir limitten fazla olduğu saptanmıştır (Chaudri ve ark., 2001). Çevrenin bozulması artıkça dünya çapında birçok bitki türünde verimi de kısıtlayan etkillere karşı karşıya kalınabilmektedir (Nagajyoti

ve ark., 2010; Murtaza ve ark., 2015). Bitkisel ürünlerde mahsul verimliliği birçok stress faktörü ile etkilenmekte olup abiyotik stress faktörlerinden toprak tuzluluğu ve ağır metal kirliliğinden ciddi şekilde etkilenir (Abbas ve ark., 2018; Rizwan ve ark., 2016a). Kadmiyum, ortamdaki yüksek hareketliliği nedeniyle bitkiler aracılığıyla besin zincirine kolaylıkla geçebilmekte ve canlılarda ciddi sağlık rahatsızlıklarına neden olabilmektedir (Gallego ve ark., 2012). Cd'nin bitkiler için oldukça toksik olduğunu ve bitki büyümesini engellediğini ve hatta bitki ölümünün meydana geldiğini ortaya koymuştur (Rizwan ve ark., 2012, 2016a). Kadmiyum toksisitesinin bitkilerde fotosentezi ve mineral beslenmeyi azalttığı gösterilmiştir (Rizwan ve ark., 2016b).

Buğday (*Triticum aestivum* L.), dünyada pirinç ve mısırdan sonra en önemli üçüncü tahıldır (Guo ve ark., 2018). Küresel olarak üretilen buğdayın yaklaşık %60'ı gıda olarak tüketilmektedir (Sobolewska ve ark., 2020). Buğday (*Triticum aestivum* L.), insan beslenmesinin önemli yer almakta olup dünya nüfusunun büyük bir çoğunluğunun temel gıdasıdır (Abbas ve ark., 2017). Çok sayıda yapılan araştırmalarda Cd'nin buğdayda birikebileceğini ve tüketimi yoluyla besin zincirine geçebileceğini vurgulanmaktadır (Naeem ve ark., 2018; Rehman ve ark., 2018). Buğdayın temel gıda arasında yer alması ve insanların büyük ölçüde tüketmesi neticesiyle buğdaya ağır metal taşınımının insanlarda sağlık sorunlarına yol açabilecek olması medeniye son yıllarda özellikle ağır metallerden Cd'nin taşınımını azaltmak için farklı stratejiler geliştirilmektedir (Adrees ve ark., 2015; Rizwan ve ark., 2015, 2016a). Güvenli gıda üretmek için bitkiler tarafından Cd birikimini azaltmak için pratik ve uygun maliyetli stratejiler bulmak önemlidir. Buğday çeşitleri arasında hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayların Cd birikiminde genetik çeşitliliklerle farklılıkların bulunduğu ve makarnalık buğdayların ekmeklik buğdaylara göre daha fazla Cd biriktirdiği açıklanmıştır (Clarke ve ark., 1997, Stolt ve ark., 2003, Kubo ve ark., 2008; Perrier, 2016). Makarnalık buğday çeşitlerinde kadmiyum alımı, muhtemelen bu tür bitkilerin kökleri boyunca apoplastik taşınmalardan dolayı ekmek çeşitlerinden daha fazladır. Makarnalık buğdayda artan kadmiyum birikimi, floem damarları tarafından daha yüksek geçişinden kaynaklanıyor olabilir (Payandeh ve ark., 2018). Makarnalık buğday tohumundaki Cd miktarı ekmeklik buğdaydan daha yüksek olmasına rağmen, bu eğilim ekmek ve makarnalık buğday arasındaki genetik farklılıklardan

kaynaklanıyor olabilir (Li ve ark., 2011). Makarnalık buğdayda Cd birikimi insan sağlığı için bir risk oluşturduğundan, Codex Alimentarius Komisyonu (CODEX STAN 193-1995, 2013) maksimum 0.2 mg kg⁻¹ Cd tahıl düzeyi belirlemiştir. Ancak, dünya çapında yetiştirilen buğday ekinlerinin tanelerinde daha yüksek Cd konsantrasyonlarının olduğu da bulunmuştur. (Kubo ve ark., 2008; Adeniji ve ark., 2010). İnsanlar için tolere edilebilen maksimum kadmiyum günde 70 µg'dır (FAO, 2018). Bu miktardan fazla alındığında zaman içerisinde belli bir miktarda birikim gerçekleştiğinde sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Elementin insan vücudundaki yüksek yarılanma ömrü (10 ile 30 yıl), kadmiyumun vücutta birikmesine en duyarlı metal olmasına neden olmuştur (Wieczorek ark., 2005). İnsan besin zincirindeki kadmiyumun yaklaşık %75'i tohum ve sebzelerden kaynaklanmaktadır (Hani ve Pazira, 2011). Rahman ve ark., (2020) Cd'nin bitki dokusu tarafından birikebileceğini ve bitki büyümesini engelleyebileceğini belirtmiştir. Dünyanın her yerindeki tahıl çeşitleri, yüksek Cd konsantrasyonları depolayabilir. Cd'nin %40'ından fazlası absorbe edilerek bitkinin üst kısımlarına taşınabilir ve bu nedenle doğrudan (tahıllar) veya dolaylı olarak (hayvanlar) insan sağlığını etkileyebilir (Retamal-Salgadove ark., 2017). Kadmiyum esas olarak buğday bitkilerine kökler yoluyla girer (Hart ve ark., 2006; Adeniji ve ark., 2010; Black ve ark., 2014). Buğday tarafından Cd birikiminde kök eksüdasyonu da önemli bir rol oynar (Cieslinski ve ark., 1998; Gregerand Landberg, 2008). Buğday tarafından kadmiyum alımı toprak tipine, atmosfer kirliliğine ve buğday çeşitlerine göre değişir (Guo ve ark., 2012; Liu ve ark., 2015). Daha yakın zamanlarda, Dahlin ve ark., (2016) klorür (Cl)'ün toprakta Cd'yi harekete geçirebileceğini ve özellikle doğal toprak Cd'yi harekete geçirerek buğday tarafından alımını artırabileceğini bildirmiştir. Kök alımından sonra, buğday çeşitlerine bağlı olarak köklerde daha yüksek konsantrasyonda Cd birikir ve sürgünlere daha az yer değiştirir (Adeniji ve ark., 2010; Ci ve ark., 2010). Köklerde daha yüksek Cd tutulması, (Adeniji ve ark., 2010) tarafından önerildiği gibi organik asitlerle şelasyona bağlı olabilir. Bununla birlikte, Hart ve ark., (2006) fitoşelasyonun buğday köklerinde Cd'nin farklı depolanmasında sınırlayıcı bir faktör olmayabileceğini bildirmiştir. Sonuç olarak, mahsullerde ağır metal birikimini azaltmak ve canlı organizmaları korumak için güvenilir yöntemlere ihtiyaç duyulmakta ve buğday tanelerinde azalan

Cd, insan sağlığı risklerini hafifletmek için hayati önem taşıtmaktadır (Konate ve ark., 2017).

Son yıllarda, tarımsal üretim yapılan toprakların ağır metaller ile kirlenmesi bitkisel üretim için ciddi sorunlar oluşturduğuna yönelik araştırmalar bulunmaktadır (Adrees ve ark., 2015; Rizwan ve ark., 2016). Hem yenilebilir bitkilere ağır metallerin taşınımının engellenmesi hemde bu metaller ile kirlenmiş toprak özelliklerini iyileştirmek için biochar, organik toprak düzenleyicileri, hayvan gübresi, kompost, bentonit, leonardit, zeolit ve gıdya gibi uygulamalar sıklıkla yapılmaktadır. Söz konusu organik iyileştiricilerden gıdyanın tarımda kullanımı giderek hızlanmaktadır. Gıdya toprakların organik madde içeriğini arttırabilen, toprak özelliklerini iyileştirici, rezervi bol ve maliyet olarak oldukça ucuz olan materyallerden birisidir. Gıdya; eski gl tabanlarında oluşmuş, organik ve mineral maddelerin karışımı ile meydana gelmiş, açık griden kahverengimsi-siyaha kadar değişen renge sahip, gölde yaşamış canlıların fosillerini içeren organomineral bir materyaldir (Saltalı ve Korkmaz, 2015). Gıdyanın organik madde içeriğinin yüksek olması, kireç içermesi (zellikle asidik topraklar için oldukça önemli bir özellik), toksik element içeriğinin düşük, porozite değerinin yüksek olması, bitki besin elementlerini içermesi ve toprakların su tutma kapasitelerini arttırması özellikleri ile tarım topraklarına topraklara önemli derecede faydası bulunmaktadır. Toprakların verimliliğini ve bioaktif özelliklerini ve arttırmak için toprak organik madde içeriğinin arttırılması gereklidir. Bunun için tarımda organik kaynaklı materyallerden (peat, gıdya vb.) retilen ürünler (fulvik asit, humik asit, organik ve organo-mineral gübreler) kullanılarak toprakların organik madde içerikleri arttırılabilir (Saltalı ve Yıldırım, 2016). Gıdya uygulamaları sonucu toprakların organik madde içeriği artarak bitki gelişimine ve bitki besin elementlerinin alınmasına önemli katkı sağlar. Gıdyanın aynı zamanda metal katyonlar ile kompleks oluşturarak ağır metal alımını azalttığı ve bazı mikro besin elementlerin alımını artırıcı etkide bulunduğu açıklanmıştır (Saltalı, 2015). Gıdyanın organik madde oranının ve porozite değerinin yüksek olması nedeniyle topraklara uygulama yapıldığında toprakların bitki gelişimi bakımından fiziksel özellikler yönünden daha elverişli olacağı ileri sürülmektedir.

Gıdyanın bitki besin elementlerini içermesi, toksik element içeriğinin düşük ve humik asit içeriğinin yüksek olmasından dolayı ülkemizde bugüne kadar yapılan

araştırmaların büyük bir kısmında gidyanın özellikle gübre olarak kullanım potansiyeli üzerinde durulmaktadır. Gidyanın toprağın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi, organik madde içeriğı, bitki verimine etkisi, çinko alımının artırılması ve ağır metal alımını azaltıcı etkisinin olduğu üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Humın maddelerin ve mineral besin elementlerince uygun olan ortamlarda, bitki biyokütlesi üzerine olumlu etkilerin olduğu yapılan araştırmalarda ortaya konmuştur (Torun ve ark., 2003; Karaca ve ark., 2006; Torun, 2009; Saltalı ve ark., 2015; Saltalı ve Korkmaz, 2015). Gıdya toprakların fiziksel özelliklerini iyileştirmede önde gelen organik materyallerden birisidir. Bu nedenle, toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmek için organik madde içeriğı yüksek gidyanın kullanılması önerilmektedir. Özellikle de asit karakterli bölgelerde, organik madde ve nem içeriğı düşük topraklarda gıdya benzeri materyallerin kullanılması bitki yetiştiriciliğı açısından önemli kazanımlar sağlayabilir. Kara ve ark., (2018) tarafından yapılan araştırmada gıdya doz uygulamalarına bağlı olarak toprakların, hacim ağırlığı (pb) ve doğrusal uzama katsayısının (COLE) azaldığı, organik madde içeriğı, likit limit (LL) ve plastik limit (PL) değerlerinin artış gösterdiğini belirterek ağır tekstürlü topraklarda sıkışmanın ve konsolidasyonu önlemek için gıdya kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Karaca ve ark., (2006) yaptıkları çalışmada gidyanın toprağın kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile ağır metal yayışlılığına olan etkilerini araştırmışlardır. Yürütülen araştırma sonuçlarına göre gıdya ile birlikte uygulanan fosforlu ve azotlu gübrelerin etkinliğinin arttığını ve topraklarda mikrobiyolojik özelliklerin yanı sıra toprakların organik madde içeriğinin, enzim aktivitelerinin ve mikrobiyal biyokitlenin arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca gıdya uygulaması sonucunda toprağın metal adsorpsiyon kapasitesinin arttığını ve bundan dolayı gidyanın kimyasal gübre uygulanmış topraklarda oluşan ağır metallerin hareket kabiliyetini ve yayışlılığını azaltmak için kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Tamer ve Karaca (2006) ise gıdya uygulamalarının topraklarda β -glukosidaz, fosfataz ve üreaz gibi enzim aktivitelerini arttırdığından dolayı toprak kalitesi ve sağlığını olumlu etkilediğini bildirilmiştir. Karaca ve ark., (2019) gıdya uygulamalarının ağır metaller ile kirlenmiş topraklarda ağır metal alımını azaltmanın yanı sıra toprakların organik madde ve fosfor içeriğini de önemli ölçüde arttırdığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Deneme Yeri ve Yılı

Araştırma 2018 yılı bahar döneminde Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm serasında yürütülmüştür.

3.1.2 Toprak Materyali

Denemede ortam olarak kullanılan toprak, Ordu Üniversitesi Uygulama arazisinden 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Daha sonra, branda üzerine serilerek kurutulduktan sonra 4 mm'lik elekten geçirilmiş ve toprağın fiziksel, kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Denemede Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Tekstür	Killi Tınlı
pH	5.40
EC, $\mu\text{s}/\text{cm}$	298
Kireç, %	0.2
O.M. %	2.67
N, %	0.1335
P, mg kg^{-1}	5.63
K, mg kg^{-1}	56.08
Ca, mg kg^{-1}	3662
Mg, mg kg^{-1}	615
Fe, mg kg^{-1}	77.14
Zn, mg kg^{-1}	0.53
Mn, mg kg^{-1}	21.26
Cu, mg kg^{-1}	1.57
Cd, mg kg^{-1}	0.51

3.1.3 Gıdya Materyali

Sera çalışmasında kullanılan gıdya Kahramanmaraş'ta bulunan Afşin-Elbistan Termik Santral kömür havzasında, linyit tabakasının üzerinde bulunan materyalden elde edilmiştir. Deneme materyali olarak kullanılan gıdyanın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Denemede Kullanılan Gıdya Materyalinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Saltalı ve Korkmaz, 2015)

	pH (1:2)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Kireç (%)	OM (%)	Total N (%)	Humik asit (%)	K (ppm)	Ca (ppm)
Gıdya	6.76	1970	34	43	1.13	34	140	8015

3.1.4 Bitki Materyali

Denemede kullanılan buğday materyalleri Ankara Tohum Araştırma Enstitüsünden temin edilmiş olup ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitleri kullanılmıştır. Ekmeklik buğday çeşitleri; Demir ile Eser ve Makarnalık buğdayda ise Altın ile Kızıltan çeşitleri kullanılmıştır.

3.2 Metod

3.2.1 Saksı Denemesinin Yürütülmesi

Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm serasında, 18 Mayıs 2018 yılında kurulmuş olup tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede her saksıya hava kurusu 4 mm'lik elekten geçmiş 1.65 kg toprak doldurulmuştur. Tohum ekim sırasında temel gübreleme olarak her saksıya 200 mg N kg⁻¹ Kalsiyum Nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), 100 mg P kg⁻¹ ve 125 mg K kg⁻¹ Potasyum di 14 hidrojen fosfat (KH_2PO_4) uygulanmıştır. Temel gübrelemeden başka ekimden önce topraklara 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) dozu uygulanmıştır. Daha sonra, her saksıya 15 adet tohum ekildikten sonra çimlenmeden 6 gün sonra büyüüp gelişmesine bağlı olarak homojen olan 9 bitki bırakılmıştır. Bitkilerin büyüme periyodu boyunca saksılar saf su ile sulanmıştır. Cd ve gıdya uygulamalarına bağlı olarak bitkilerin büyüme farklılıkları meydana geldiği dönemde, yaklaşık 7 hafta (45 günlük) sonra saksıdaki toprak yüzeyinin 1 cm üzerinden, tüm bitkileri eşit seviyede kesilerek hasat yapılmıştır. Hasat işlemi yapıldıktan sonra saf su ile bitki

örnekleri yıkanıp, 65°C’ de 48 saat etüvde kurutma işlemi yapıldıktan sonra, bitkilerin kuru ağırlıkları alınıp, öğütme değirmeninde bitki öğütölüp, analizlere hazır hale getirilmiştir.

3.2.2 Denemede Kullanılan Toprak Örneğinde Yapılan Analizler

a) Toprak tekstürü: Toprak örneklerinin % kum, silt ve kil miktarları hidrometre yöntemi ile belirlenmiş ve tekstür üçgeninden yararlanılarak toprakların tekstür sınıfları saptanmıştır (Bouyoucos, 1951).

b) Toprak reaksiyonu: Analize hazır hale getirilen toprak örneklerinin pH’ ları, 1:2.5 oranında toprak:su karışımın da Grewelling ve Peech (1960) tarafından bildirildiği şekilde cam elektrodlu pH-metre ile belirlenmiştir.

c) EC analizi: Richards (1954) tarafından bildirildiği şekilde toplam tuz 1:2.5 toprak/su oranı süspansiyonunda ECmetre ile ölçölmüştür.

d) Kireç: Çağlar (1949) tarafından bildirildiği şekilde Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir.

e) Organik madde: Jackson (1958) tarafından bildirildiği şekilde modifiye edilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir.

f) Toplam N: Kjeldal yaş yakma yöntemi ile belirlenmiştir (Bremmer, 1965).

g) Bitkiye yararışlı P: Toprakta P analizleri Bray ve Kurtz (1945) tarafından geliştirilen yöntemlere göre yapılmıştır.

h) Değişebilir K, Ca ve Mg: Pratt (1965) tdi şekilde toprak örnekleri nötr 1N 15 amonyum asetat ile ekstrakte edilerek AAS’de okunmasıyla belirlenmiştir.

ı) Ektrakte edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn: Kacar (2008) tarafından bildirildiği şekilde DTPA ile ektr-akte edilen toprak örneklerinde Fe, Cu, Zn, Mn, AAS ile belirlenmiştir.

i) Ekstrakte edilebilir Cd: DTPA’nın (Dietilentriaminpentaasetik asidin) toprakta bulunan Cd⁺² ile oluşturduğu çözünebilir komplekteki kadmiyumun Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrede (AAS) belirlenmesidir (Lindsay ve Norvell, 1978).

3.2.3 Bitki Örneklerinde Yapılan Analizler

Hasat edilen bitkiler öğütülmüştür. Toplam mineral besin elementlerini (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B ve Cd) belirlemek amacıyla 0.2 g tartılmıştır. Tartılan bitki örnekleri mikrodalga tüplerine konulmuş ve üzerine 2 ml saf su, 2 ml H₂O₂ (%30'luk) ve 4 ml HNO₃ (%65'lik) içeren karışımla yaş yakma yöntemiyle yaklaşık 35 dakika süre ile yakılmıştır (CEM MARS, microwave Acceleration Reaction System). Daha sonra örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulularak üzerine saf su ilave edilerek son hacmi 20 ml'ye tamamlanmıştır. Örnekler mavi bant filtre kağıdında süzölmüştür. Toplam mineral besin elementleri konsantrasyonu ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emmission Spectrometer; Varian ICP-OES Vista Pro) ile ölçölmüştür. Bitki örneklerinin ölçüm değeriierinin doğruluğu belirlemek amacıyla, National Institute of Standards and Technology (ABD)' den sağlanan standart referans (Peach leaves, 1547) kullanılmış ve karşılaştırılmas sonucunda ölçüm değeriierinin hata oranları %1 ve altında olduğu saptanmıştır.

3.2.4 İstatistiksel Sonuçları Hesaplama

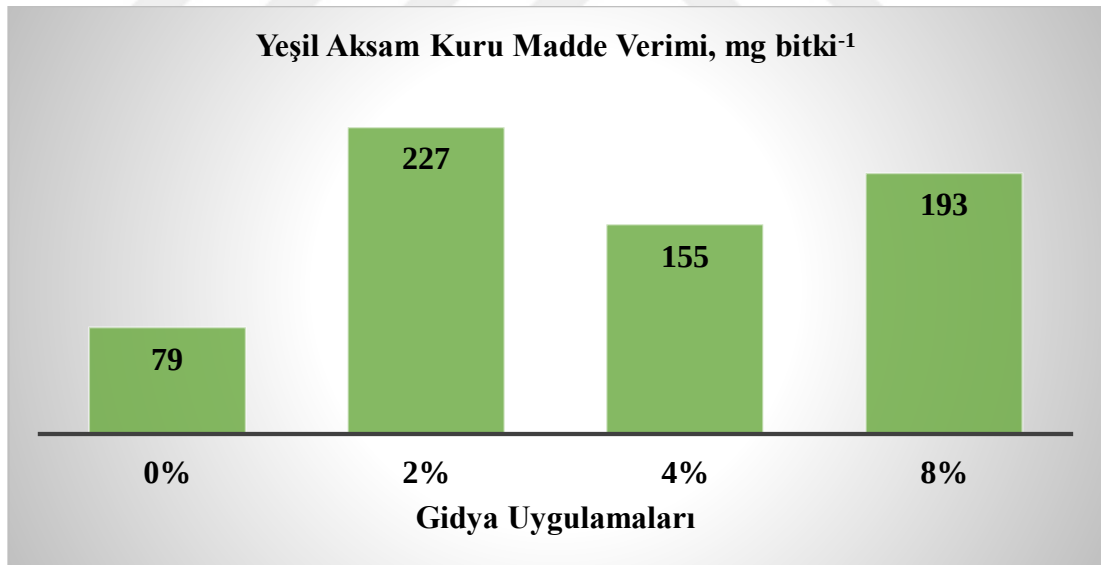
Yaprak örneklerinde belirlenen analiz sonuçları arasında ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla SPSS kullanılarak varyans analizi ve LSD testi ile harflendirme Tukey'e göre yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Yeşil Aksam Kuru Madde Verimi

Elde edilen sonuçlara göre, ekmeklik ve makarnalık buğdayların ortalama yeşil aksam kuru madde ağırlıkları ve istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.1 de verilmiştir. Artan dozlarda Cd ve gıdya uygulamaları sonucunda yeşil aksam kuru madde miktarlarında önemli farkların bulunduğu ve bu farkların istatistiki olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) uygulamalarında artan gıdya uygulamalarının hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayların kontrol uygulamasına kıyasla kuru madde veriminde artışların meydana geldiği saptanmıştır.

Artan gıdya uygulamaları ile beraber ortalama yeşil aksam kuru madde veriminde de artışların meydana geldiği ve $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Gıdya uygulamaları sonucunda kontrolde kuru madde ağırlığı 79 mg bitki⁻¹ iken gıdya %2, %4 ve %8 uygulamalarında ortalama kuru madde miktarı sırası ile 227, 155 ve 193 mg bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1) . Kontrol ile karşılaştırıldığında %2 gıdya uygulamasında %187’lik bir artış elde edilmiştir.



Şekil 4.1 Gıdya Uygulamalarının (%0, %2, %4, %8) Yeşil Aksam Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi

Gıdyanın buğdayın yeşil aksam kuru madde verimini arttırdığına yönelik benzer bir araştırma Yazıcı (2001) tarafından yapılmıştır. Yazıcı ve ark yaptığı araştırmada B toksitesine ve Zn noksanlığına sahip toprakta gıdya’nın uygulama dozlarına bağlı olarak kontrol uygulamasına göre, bitkinin kuru maddesinde % 25 ile

% 97 arasında verim artışı sağladığını belirlemiştir. Gidya uygulamasıyla bitkinin kuru madde ve dane verimini artırması, yeşil aksamdaki B konsantrasyonunun azalmasından ve kısmen de Zn konsantrasyonunun yükselmesinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür.

Çizelge 4.1 Artan Dozlarda Gidya 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						
Cd(mg kg ⁻¹)	Gidya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama Cd x Gidya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
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 CdxÇeşit	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
Gidya x Çeşit	Ortalama Çeşit	157B	239A	115D	142C	
	0	83hı	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***, Gidya***, Çeşit***, CdxGidya**, CdxÇeşit*, GidyaxÇeşit***, CdxGidyaxÇeşit***
LSDCd=6.851, LSDGidya=7.911, LSDÇeşit=7.911, LSDCd*Gidya=13.702, LSDCd*Çeşit=13.702, LSDGidya*Çeşit=15.822, LSDCd*Gidya*Çeşit=27.405

***, **, * istatistiksel olarak P<0.001, P<0.01 düzeyinde, P<0.05 düzeyinde önemlidir.

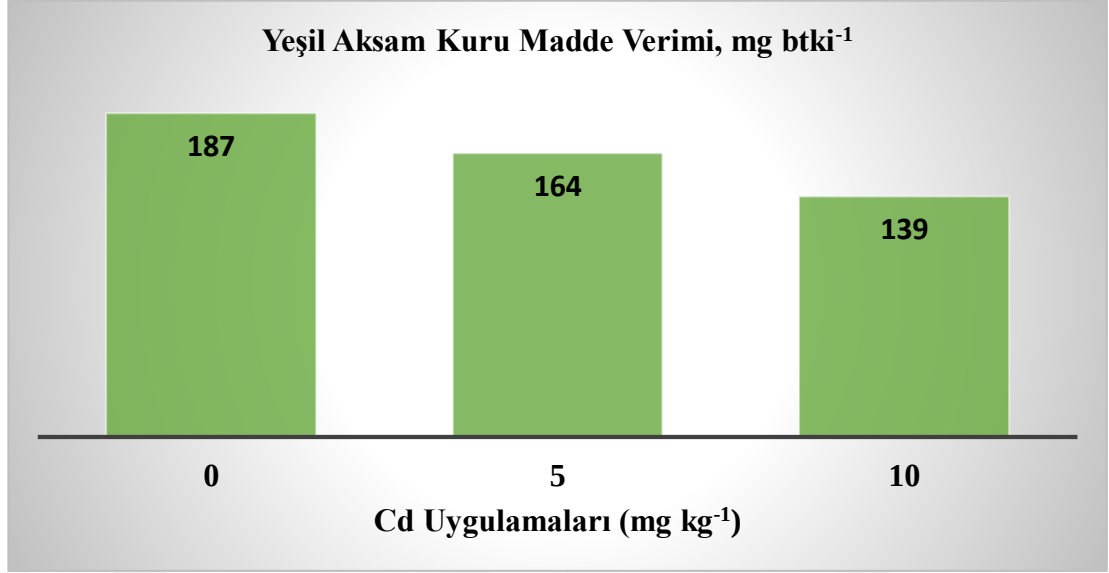
Denemede, Cd0 ppm uygulamasında artan gidya uygulamalarıyla ekmeklik ve makarnalık buğdayların kuru madde verimlerinde farklılıklar meydana gelmiştir. Kuru madde verimi kontrolün kuru madde verimi ile kıyaslandığında en fazla artış%2 gidya uygulamasında ekmeklik buğday olan Demir çeşidinde elde edilirken (Şekil 4.2),

makarnalık buğday çeşidi olan Kızıltan ise %4 gıdya uygulamasında en yüksek kuru madde verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.2 Cd0 ve Gıdya (%0, %2, %4, %8) Uygulamalarının Ekmeklik Buğdayın Demir Çeşidinde Yeşil Aksam Kuru Madde Miktarı

Cd'nin 5 ve 10 ppm ile artan gıdya uygulamaları sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde en fazla kuru madde verim artışı %2 gıdya uygulamasında belirlenmiştir. Cd10 ppm uygulamasında hem ekmeklik (Demir) hem de makarnalık (kızıltan) buğdayda %2 gıdya uygulamasıyla kontrole göre yaklaşık 3 kat bir artış olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1). Bu durum, Cd toksisitesinin azalmasında gıdyanın etkisi olduğuna işaret etmektedir. Bu sonucun aksine gıdya uygulamasının olmadığı artan Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) dozlarına bağlı olarak ortalama kuru madde veriminde azalmalar meydana gelmiştir. Bu azalmalar istatistiki olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Cd0, Cd5 ve Cd10 ppm de yeşil aksam ortalama kuru madde miktarı sırasıyla 187, 164 ve 139 mg bitki⁻¹ olarak elde edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Cd Uygulamalarının (%0, %5, %10) Yeşil Aksam Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi

Artan Cd uygulamaları ile beraber yeşil aksam kuru madde miktarında meydana gelen azalmaların en temel nedenlerinden birisi de Cd'nin fitotoksik etkisinden dolayı olduğu düşünülmektedir (Yang ve ark., 1995; Pereira ve ark., 2011). Kalınbacak ve ark., (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada sera koşullarında toprağa 0, 5, 15, 30 ve 45 mg kg⁻¹ Cd uygulanmış ve Cd dozlarının artmasıyla buğday bitkisinin kuru madde miktarında azalmaların olduğunu belirlemişlerdir.

4.2 Yeşil Aksam Kadmiyum Konsantrasyonu

Araştırmada yetiştirilen, ekmeklik (Eser, Demir) ve makarnalık (Altın, Kızıltan) buğday bitkisine 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğdayda yeşil aksam Cd konsantrasyonlarında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Cd ve gıdya uygulamalarının hem ekmeklik hemde makarnalık buğday Cd konsantrasyonu üzerine olan etkisi $P < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Cd (0, 5, 10 ppm) dozlarına artan gıdya uygulamalarıyla beraber yeşil aksam Cd konsantrasyonlarında ekmeklik buğday çeşitlerinin her ikisinde de kontrole göre artış meydana getirdiği ancak makarnalık buğday çeşitlerinde ise kontrole göre azalma oluşturduğu saptanmıştır. Cd0 ve Cd5 uygulamalarında kontrole göre ortalama en fazla azalış %2 gıdya uygulamasından elde edilmiştir. Cd10 uygulamasında ise kontrole göre %4 gıdya uygulamasında daha fazla azalış meydana gelmiştir (Çizelge 4.2). Artan Cd ve gıdya uygulamaları sonucunda genel olarak kontrole göre ekmeklik

buğdayda yeşil aksam ortalama Cd konsantrasyonlarında artışlar meydana gelirken makarnalık buğdayda azalmalar meydana gelmiştir. Cd uygulanmadığı kontrol saksılarında ekmeklik buğdayların Eser ve Demir çeşitlerinin Cd konsantrasyonları sırasıyla 5.0 ve 4.4 mg kg⁻¹ iken makarnalık buğday çeşitlerinin Altın ve Kızıltan ise 15.7 ve 21.5 ppm Cd konsantrasyonuyla yaklaşık 3 ve 4 kat daha fazla Cd biriktirdiği tespit edilmiştir. Makarnalık buğdayların ekmeklik buğdaylarına göre daha fazla Cd biriktirdiğine yönelik çok sayıda araştırma bulunmaktadır. 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. Araştırmada elde edilen sonuçlarla uyumlu olan diğer çalışmalar (Hart ve ark., 2002; Greger ve Löfsted, 2004; Shentu ve ark., 2008; Özkutlu, ve Kara, 2019) tarafından ifade edilmiştir. Söz konusu araştırma sonuçlarında, makarnalık buğday çeşitlerinin ekmeklik buğday çeşitlerine göre daha fazla Cd biriktirdiği ortaya konmuştur. Makarnalık buğday çeşitlerinde kadmiyum alımının fazla olması durumu muhtemelen kökleri boyunca apoplastik taşınmaların ekmeklik buğday çeşitlerine göre daha fazla olması ve floem damarları tarafından daha yüksek geçirgenliğe sahip olmasından kaynaklanabileceği açıklanmıştır (Payandeh ve ark., 2018).

Çizelge 4.2 Artan Dozlarda Gidya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi

Yeşil Aksam Cd Konsantrasyonu, mg kg ⁻¹						
Cd(mg kg ⁻¹)	Gidya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama Cd x Gidya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
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	10.8
5	0	5.3r-t	3.8t	24.2a	12.9eh	11.6A
	2	6.5p-s	5.8q-t	11.4h-k	10.3i-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	10.5
10	0	5.1r-t	5.4r-t	18.1c	12.4fı	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	10.2
Gidya x Çeşit	Çeşit	6.9C	6.9C	14.7A	13.6B	Gidya
	0	5.1ıj	4.5j	19.3a	15.6b	11.1A
	2	6.4hı	6.1hı	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

F değerleri CdÖD, Gidya***, Çeşit***, CdxGidya**, CdxÇeşit***, GidyaxÇeşit***, CdxGidyaxÇeşit***
LSDGidya= 0.641, LSDÇeşit= 0.641, LSDCd*Gidya= 1.109, LSDCd*Çeşit= 1.109, LSDGidya*Çeşit= 1.281,
LSDCd*Gidya*Çeşit= 2.219

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

Bu tez çalışmasında, artan Cd (0, 5 ve 10 mg kg⁻¹) ve gidya (%0, %2, %4 ve %8 gidya) uygulamaları sonucunda bütün dozlarda makarnalık buğday çeşitlerinin ekmeklik buğday çeşitlerine göre daha fazla Cd kaldırdığı bulunmuştur. Ekmeklik buğdayın her iki çeşidinde de yeşil aksam ortalama Cd konsantrasyonu 6.9 mg kg⁻¹ olarak belirlenirken makarnalık buğdayın Altın çeşidinde 14.7 mg kg⁻¹, Kızıltan çeşidinde ise 13.6 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Artan gidya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda hem ekmeklik hem de makarnalık buğday çeşitleri arasında Cd konsantrasyonlarındaki farklılıklar istatistiki olarak p<0.05 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Gidya uygulaması sonucunda

çarpıcı sonuçlar elde edilmiş olup buna göre makarnalık buğdayda Cd konsantrasyonu artış sağlarken ekmeklik buğday çeşitlerinde düşüş oluşturmıştır. Örneğin, sadece gıdya uygulamaları sonucunda ekmeklik buğdayın Eser çeşidinde kontrolde yeşil aksam Cd konsantrasyonu ortalama 5.1 mg kg^{-1} iken %2, %4 ve %8 gıdya uygulamaları ile artışlar meydana gelmiş ve sırasıyla 6.4 mg kg^{-1} , 7.2 mg kg^{-1} ve 8.7 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Benzer sonuçlar ekmeklik buğdayın Demir çeşidinde de tespit edilmiştir. Makarnalık buğdayın altın çeşidinde ise kontrol uygulamasında yeşil aksam Cd konsantrasyonu ortalama 19.3 mg kg^{-1} olarak belirlenirken %2, %4 ve %8 gıdya uygulamaları ile belirgin azalışlar oluşturmuş ve sırasıyla 13.2 mg kg^{-1} , 12.5 mg kg^{-1} ve 13.8 mg kg^{-1} olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.2). Bu durum, ekmeklik buğday çeşitlerinde Cd konsantrasyonu düşük miktarda olduğu için azalma yerine artış oluşturduğu düşünülmektedir. Makarnalık buğday çeşitlerinde ise Cd konsantrasyonu 3 ve 4 kat daha yüksek olduğu için gıdya uygulamasına bağlı olarak taşınım azalmıştır. Bu durumu destekleyen çalışmalar literatürde yer almaktadır. Örneğin, gıdya uygulamaları sonucunda ağır metallerin toprak tarafından adsorbsiyonunu artması ve bağlı olarak bitkiler tarafından alınabilirliğini azalttığına yönelik araştırmalarda ortaya konmuştur (Karaca ve ark., 2006; Durmuş ve ark., 2020). Söz konusu araştırma bulguları ile çalışmamızda elde ettiğimiz bulguların uyumlu olduğu saptanmıştır.

4.3 Yeşil Aksam Mineral Besin Elementleri

Sera koşullarında yürütülen saksı denemesine 3 farklı Cd ($0, 5, 10 \text{ mg kg}^{-1}$) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları altında ekmeklik (Eser, Demir) ve makarnalık (Altın, Kızıltan) buğday bitkilerinin yeşil aksam fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır, çinko, mangan ve bor elementleri belirlenmiştir. Kontrol saksılarının mineral elementleriyle kıyaslandığında bütün elementlerin tamamında farklılıkların olduğu saptanmıştır.

4.3.1 Yeşil Aksam Fosfor Konsantrasyonu

Araştırmada yetiştirilen, ekmeklik ve makarnalık buğday bitkisine 3 farklı Cd ($0, 5, 10 \text{ mg kg}^{-1}$) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğdayda yeşil aksam P Konsantrasyonları Çizelge 4.3 de verilmiştir. Artan dozlarda Cd ve gıdya uygulamaları sonucunda yeşil aksam P Konsantrasyonunda $P < 0.05$ düzeyinde önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 Artan Dozlarda Gidya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Fosfor (P) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi (%)

		Yeşil Aksam P Konsantrasyonu, %				
		Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama Cd xGidya
Cd (mg kg ⁻¹)	Gidya (%)	Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
0	0	0.25d-j	0.40a	0.15q-r	0.27c-g	0.27A
	2	0.21l-o	0.30c	0.13r	0.24f-k	0.22DF
	4	0.23i-m	0.23i-l	0.27c-g	0.27c-f	0.25BC
	8	0.30c	0.27c-f	0.25d-j	0.19n-p	0.25AB
	Ortalama CdxÇeşit	0.24C	0.30A	0.20F	0.24CD	0.25A
5	0	0.20m-p	0.24g-l	0.17p-q	0.27c-g	0.22EF
	2	0.25e-k	0.28c-e	0.15q-r	0.23h-l	0.23DE
	4	0.19o-p	0.21l-o	0.23h-l	0.22k-n	0.21F
	8	0.28cd	0.26d-h	0.26d-i	0.23i-l	0.26AB
	Ortalama CdxÇeşit	0.23D-E	0.24C	0.20F	0.24C-E	0.23B
10	0	0.20m-p	0.23i-l	0.33b	0.14r	0.22DF
	2	0.25d-j	0.23h-l	0.22j-n	0.28cd	0.25BC
	4	0.23i-l	0.22j-n	0.25e-k	0.24g-l	0.23CD
	8	0.27c-g	0.25e-k	0.26d-i	0.25d-j	0.25AB
	Ortalama CdxÇeşit	0.24C-E	0.23C-E	0.26B	0.23E	0.24A
Gidya x Çeşit	Çeşit	0.24B	0.26A	0.22C	0.23B	Gidya
	0	0.21h	0.29a	0.22gh	0.22gh	0.23B
	2	0.23eg	0.27bc	0.17i	0.25ce	0.23B
	4	0.21h	0.22gh	0.23de	0.24df	0.23B
	8	0.28ab	0.26cd	0.25cd	0.22fh	0.25A

F değerleri Cd***, Gidya***, Çeşit***, CdxGidya***, CdxÇeşit***, GidyaxÇeşit***, CdxGidyaxÇeşit***
LSDCd= 0.008, LSDGidya= 0.009, LSDÇeşit= 0.009, LSDCd*Gidya= 0.016, LSDCd*Çeşit= 0.016, LSDGidya*Çeşit= 0.018, LSDCd*Gidya*Çeşit= 0.310

***, **, * istatistiksel olarak P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Artan Cd uygulamaları ile beraber yeşil aksam ortalama P konsantrasyonlarında azalmalar meydana gelmiştir. Gidya uygulamaları sonucunda kontrole göre ortalama en fazla artış %8 gidya uygulamasından elde edilmiştir. Makarnalık buğdaylara göre ekmeklik buğdaylarda ortalama yeşil aksam P konsantrasyonu daha yüksek olarak belirlenmiştir. (Çizelge 4.3). Ekmeklik buğdaylarda ortalama P konsantrasyonu sırasıyla %0.24, %0.26 olarak belirlenirken makarnalık buğdaylarda %0.22 ve %0.23 olarak belirlenmiştir.

Tsadilas (2000) Bitkilerde Cd birikimi derecesinin bitki türüne ve çeşidine bağlı olarak değiştirilebileceğini, bu nedenle Cd ile kirlenmiş toprakta yetişen bitkilerde besin maddelerinin miktarının ve dağılımının genotipler içinde büyük ölçüde farklı olduğunu belirtmiştir. Hemen hemen bütün Cd form ve uygulama dozlarında makro besin elementlerinin kontrol uygulamalarına göre artış ve azalışlara neden olmuştur. Bunun nedeni, topraktaki yüksek konsantrasyondaki Cd bitki kök sisteminin biomembranlarına zarar verdiği, bitkide Cd'nin yer değiştirmesinin veya kontrolsüz şekilde bitkiye alımının arttığını rapor edilmiştir. Bunun sonucu olarak da makro besin elementlerinin kök içerisine alımında aksamaya neden olduğu bildirilmiştir (Marschner, 2008; Dheri ve ark., 2007).

4.3.2 Yeşil Aksam Potasyum Konsantrasyonu

Ekmeklik ve makarnalık buğdaya 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda yeşil aksam K konsantrasyonları Çizelge 4.4 de verilmiştir.

Artan dozlarda Cd ve gıdya uygulamaları sonucunda yeşil aksam ortalama K konsantrasyonlarında önemli farkların bulunduğu ve istatistiki olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Artan Cd doz uygulamaları ile beraber yeşil aksam ortalama K konsantrasyonlarında azalmalar meydana gelmiştir. Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) uygulamalarında ortalama K konsantrasyonları sırası ile %2.06, %1.93 ve %1.84 olarak belirlenmiştir. Makarnalık buğday çeşitlerinde yeşil aksam ortalama K konsantrasyonunun ekmeklik buğday çeşitlerine göre yaklaşık 3 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Jalil ve ark., (1994) yapmış olduğu bir çalışmada büyüme ortamındaki kadmiyum toksitesine maruz bırakılmış buğdayın besin elementi konsantrasyonlarında değişimlerin meydana geldiğini ve aşırı Cd'nin buğdayın hem köklerinde hemde sürgünlerinde potasyum (K) konsantrasyonu azalttığını saptamışlardır.

Çizelge 4.4 Artan Dozlarda Gidya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Potasyum (K) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi (%)

		Yeşil Aksam K Konsantrasyonu, %				
Cd(mg kg ⁻¹)	Gidya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama CdxGidya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
0	0	0.68j	1.18gh	3.49ab	3.62a	2.24A
	2	0.91h-j	1.19gh	3.65a	3.61ab	2.34A
	4	0.97h-j	0.89h-j	3.26b	2.55c-e	1.93B
	8	1.23gh	1.09g-ı	2.25ef	2.40de	1.74C
	Ortalama CdxÇeşit	0.95F	1.09EF	3.16A	3.04AB	2.06A
5	0	0.79ij	0.95h-j	3.32ab	2.55c-e	1.90BC
	2	1.19gh	1.23gh	3.32ab	3.30ab	2.26A
	4	1.14gh	0.94h-j	2.55c-e	2.41de	1.76BC
	8	1.15gh	1.17gh	2.51c-e	2.45c-e	1.82BC
	Ortalama CdxÇeşit	1.07EF	1.07EF	2.92B	2.67C	1.93B
10	0	1.42g	1.00h-j	2.73cd	2.29ef	1.86BC
	2	1.10g-ı	1.08g-ı	2.74cd	2.71cd	1.91BC
	4	1.10g-ı	1.23gh	2.48c-e	2.55c-e	1.84BC
	8	1.10g-ı	1.13g-ı	1.98f	2.77c	1.75BC
	Ortalama CdxÇeşit	1.18E	1.11EF	2.48D	2.58CD	1.84C
Gidya x Çeşit	Çeşit	1.06B	1.09B	2.85A	2.77A	Gidya
	0	0.96f	1.04ef	3.18a	2.82b	2.00B
	2	1.07ef	1.17e	3.24a	3.21a	2.17A
	4	1.07ef	1.02ef	2.76b	2.50c	1.84C
	8	1.16ef	1.13ef	2.25d	2.54c	1.77C

F değerleri Cd***, Gidya***, Çeşit***, CdxGidya***, CdxÇeşit***, GidyaxÇeşit***, CdxGidyaxÇeşit***
LSDCd=0.087, LSDGidya=0.100, LSDÇeşit=0.100, LSDCd*Gidya=0.174, LSDCd*Çeşit=1.737, LSDGidya*Çeşit=0.201, LSDCd*Gidya*Çeşit=0.346

***, **, * istatistiksel olarak P<0.001, P<0.01 düzeyinde önemlidir.

4.3.3 Yeşil Aksam Kalsiyum Konsantrasyonu

Ekmeklik ve makarnalık buğday bitkisine 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve 4 farklı gidya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğdayda ortalama yeşil aksam kalsiyum konsantrasyonları Çizelge 4.5 de verilmiştir. Artan dozlarda Cd ve gidya uygulamaları sonucunda yeşil aksam Ca miktarlarında P<0.05 düzeyinde önemli farkların bulunduğu saptanmıştır. Makarnalık buğday çeşitlerinin yeşil aksam ortalama Ca miktarı ekmeklik buğday çeşitlerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 Artan Dozlarda Gidya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi (%)

Yeşil Aksam Ca Konsantrasyonu, %						
Cd (mg kg ⁻¹)	Gidya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama Cd x Gidya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
0	0	0.66q-t	0.31uv	1.11g-k	1.96ab	1.01B
	2	0.91j-p	0.90k-p	0.53t-u	1.06g-n	0.82C
	4	0.87l-q	0.79o-s	0.98h-o	1.40ef	1.01B
	8	0.79o-s	0.84n-r	0.82o-r	1.38ef	0.95BC
	Ortalama Cd x Çeşit	0.80DE	0.71EF	0.86D	1.45A	0.95B
5	0	0.73p-t	0.58st	1.74bc	1.71c	1.19A
	2	0.58st	0.87l-q	0.62r-t	1.76bc	0.96BC
	4	0.83n-r	0.91j-p	0.92j-p	1.08g-l	0.93BC
	8	0.82o-r	0.85m-r	0.98h-o	1.07g-m	0.93BC
	Ortalama Cd x Çeşit	0.74EF	0.80DE	1.06C	1.40A	1.00AB
10	0	0.27v	0.80o-s	2.06a	1.44de	1.14A
	2	0.82o-r	0.79o-s	1.25e-g	1.64cd	1.12A
	4	0.77o-s	0.89k-p	1.17f-i	0.87l-q	0.93BC
	8	0.77o-s	0.94i-p	1.14g-j	1.19f-h	1.01B
	Ortalama Cd x Çeşit	0.66F	0.86D	1.41A	1.28B	1.05A
Gidya x Çeşit	Çeşit	0.73C	0.79C	1.11B	1.38A	Gidya
	0	0.55h	0.56h	1.64a	1.70a	1.11A
	2	0.77g	0.85fg	0.80g	1.48b	0.97B
	4	0.82g	0.86fg	1.02de	1.12cd	0.96B
	8	0.79g	0.87fg	0.98ef	1.21c	0.96B

F değerleri Cd**, Gidya***, Çeşit***, CdxGidya***, CdxÇeşit***, GidyaxÇeşit***, CdxGidyaxÇeşit***
LSDCd= 0.578, LSDGidya= 0.067, LSDÇeşit= 0.067, LSDCd*Gidya= 0.116, LSDCd*Çeşit= 0.116, LSDGidya*Çeşit= 0.133, LSDCd*Gidya*Çeşit= 23.119

***, **, * istatistiksel olarak P<0.001, P<0.01 düzeyinde önemlidir.

Cd'nin bitkiler tarafından alınımı Cd²⁺ şeklinde olup bu durum yapısal olarak Ca²⁺ benzediğinden dolayı iki element arasında rekabet olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Fox, 1988; Jacobs ve ark., 1978; McKenna ve ark., 1992; Reeves, 2001; Reeves ve Chaney, 2001).

4.3.4 Yeşil Aksam Magnezyum Konsantrasyonu

Artan oranlarda Cd ve gidyanın ekmeklik ve makarnalık buğdaya uygulamaları sonucu yeşil aksam Mg konsantrasyonları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Yeşil aksam Mg konsantrasyonlarında $p < 0.05$ düzeyinde önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Cd’nin her 3 uygulamasında da yeşil aksam ortalama Mg konsantrasyonlarında benzer sonuçlar (%0.23, %0.22, %0.23 sırasıyla) elde edilmiştir.

Çizelge 4.6 Artan Dozlarda Gidya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu Üzerine Etkisi (%)

Yeşil Aksam Mg Konsantrasyonu, %						
Cd (mg kg ⁻¹)	Gidya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama CdxGidya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
0	0	0.20o-t	0.16uv	0.29b-e	0.34a	0.24B
	2	0.23ı-n	0.18s-v	0.28c-g	0.20n-t	0.22CD
	4	0.19r-u	0.21m-s	0.20n-t	0.22j-p	0.20EF
	8	0.21m-n	0.22l-r	0.27d-h	0.25f-j	0.24BC
	Ortalama CdxÇeşit	0.21BC	0.19D	0.26A	0.25A	0.23A
5	0	0.25f-j	0.23j-o	0.31ab	0.26d-h	0.26A
	2	0.21m-s	0.18s-v	0.19r-u	0.19p-t	0.19F
	4	0.17t-v	0.19q-t	0.21m-s	0.24h-m	0.20F
	8	0.19q-t	0.23ı-n	0.26d-h	0.28c-f	0.24B
	Ortalama Cd x Çeşit	0.20BC	0.21BC	0.24A	0.24A	0.22A
10	0	0.15v	0.25g-l	0.25f-k	0.31bc	0.24B
	2	0.22k-q	0.20n-t	0.25f-k	0.20n-t	0.22DE
	4	0.20n-t	0.21m-n	0.22l-r	0.26e-ı	0.22CD
	8	0.20n-t	0.22k-q	0.29b-d	0.25f-k	0.24B
	Ortalama Cd x Çeşit	0.19CD	0.22B	0.25A	0.25A	0.23A
GidyaxÇeşit	Çeşit	0.20B	0.20B	0.25A	0.25A	Gidya
	0	0.20hı	0.21f-h	0.28b	0.30a	0.25A
	2	0.22fg	0.19ı	0.24de	0.20hı	0.21C
	4	0.19ı	0.20g-ı	0.21-fh	0.24d	0.21C
	8	0.20g-ı	0.22ef	0.27bc	0.26c	0.24B

F değerleri Cd^{ÖD}, Gidya***, Çeşit***, CdxGidya***, CdxÇeşit**, GidyaxÇeşit***, CdxGidyaxÇeşit***
LSDCd= 0.008, LSDGidya= 0.009, LSDÇeşit= 0.009, LSDCd*Gidya= 0.015, LSDCd*Çeşit= 0.015,
LSDGidya*Çeşit= 0.017, LSDCd*Gidya*Çeşit= 0.030

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

Artan gıdya uygulamaları sonucunda ise kontrole kıyasla yeşil aksam ortalama Mg konsantrasyonlarında azalmaların meydana geldiği saptanmıştır (Çizelge 4.6). Kontrolde %0.25 ken diğer uygulamalarda (%2, %4, %8) sırası ile %0.21, %0.21 ve %0.24 olarak elde edilmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda, Cd'ye maruz kalan çeşitli bitki türlerinde Mg dahil olmak üzere farklı katyonların hem alımının hem de taşınmasında azalmalar meydana gelmiştir (Yang ve ark., 1996). Cd, çeşitli elementlerin (Ca, Mg, P ve K) ve suyun bitkilerin alımını, taşınmasını ve kullanılmasını engelleyebilmektedir (Das ve ark., 1997).

Yapılan çalışmalarda, topraklarda yüksek konsantrasyonda Cd bulunduğunda bitki kök sisteminin biomembranlarının zarar gördüğü ve bitkide Cd'nin yer değiştirmesinin veya kontrolsüz şekilde bitkiye alımının arttığını belirlemişlerdir (Marschner, 1998; Dheri ve ark., 2007). Bunun sonucu olarak da makro besin elementinin bitkiye taşınımının azaldığı ve böylece bitkide verimin azaldığı bildirilmiştir. Siedlecka (1995) Cd'nin toprakta yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman bitkilerde çeşitli makro besin elementlerinde noksanlıkların görüldüğünü bildirmiştir.

4.3.5 Yeşil Aksam Demir Konsantrasyonu

Araştırmada yetiştirilen, ekmeklik (Eser, Demir) ve makarnalık (Altın, Kızıltan) buğday bitkisine 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğdayda yeşil aksam Fe konsantrasyonları Çizelge 4.7 'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Artan Dozlarda Gidya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Demir (Fe) konsantrasyonu (mg kg⁻¹)

Yeşil Aksam Fe Konsantrasyonu, mg kg ⁻¹						
Cd(mg kg ⁻¹)	Gidya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama Cd x Gidya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
0	0	87w-x	244de	133q-t	196h-j	165DE
	2	143p-r	209f-h	116s-v	165k-p	158E
	4	183h-k	105u-w	184h-k	236e	177CD
	8	177i-l	223e-g	266cd	227e-g	223A
	Ortalama CdxÇeşit	147E	195BC	175D	206B	181
5	0	107t-w	113t-w	184h-k	159k-q	141F
	2	144p-r	148n-r	154l-q	165k-p	152EF
	4	133q-t	91v-w	347a	145o-r	179C
	8	175j-m	172j-n	272c	303b	230A
	Ortalama CdxÇeşit	140EF	131F	239A	193BC	176
10	0	74x	124r-u	330a	98u-x	156E
	2	150m-r	142p-s	160k-p	202g-ı	164DE
	4	171j-o	107t-w	325ab	209f-h	203B
	8	197h-j	184h-k	161k-p	231ef	193B
	Ortalama CdxÇeşit	148E	139EF	244A	185CD	179
Gidya x Çeşit	Çeşit	145D	155C	219A	194B	Gidya
	0	89l	160h-j	215d	151ı-k	154C
	2	145jk	166gh	143k	177fg	158C
	4	162g-ı	101l	285a	196e	186B
	8	183ef	193e	233c	253b	215A

F değerleri Cd^{ÖD}, Gidya***, Çeşit***, CdxGidya***, CdxÇeşit***, GidyaxÇeşit***, CdxGidyaxÇeşit***
LSDGidya=7.678, LSDÇeşit=7.678, LSDCd*Gidya=13.299, LSDCd*Çeşit=13.299, LSDGidya*Çeşit=15.356,
LSDCd*Gidya*Çeşit= 26.59

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

Artan Cd ve gidya uygulaması ile beraber yeşil aksam Fe konsantrasyonlarında p<0.05 düzeyinde önemli farkların olduğu belirlenmiştir. Cd ve gidya uygulamaları ile beraber yeşil aksam Fe konsantrasyonlarında dalgalanmalar meydana gelmiştir. Cd dozları arttıkça yeşil aksam ortalama Fe konsantrasyonlarında düşüşlerin meydana geldiği belirlenmiştir. Buna göre Cd0'da yeşil aksam ortalama Fe konsantrasyonu 181 mg kg⁻¹ iken, Cd5 ve Cd10 'da sırasıyla 176 ve 179 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Makarnalık buğdayların ortalama Fe konsantrasyonlarının ekmeklik buğdayların ortalama Fe konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada toprakta Cd' ye maruz kalma, yaprak nispi su içeriğini, stoma iletkenliğini ve terlemeyi en aza indirerek bitkide osmotik stresi indükler ve böylece bitkide fizyolojik hasara neden olduğunu belirlemişlerdir. Bunun sonucunda kadmiyumun Fe ve Zn alımını azaltarak yaprak klorozuna neden olduğunu saptamışlardır (Gallego ve ark., 2012).

Bao ve ark., 2012 ekmeklik buğdaya Fe'li ve Fe'siz ortamlarda artan dozlarda Cd (0 mg L^{-1} , 0.01 mg L^{-1} , 0.1 mg L^{-1} , 1 mg L^{-1}) uygulamışlardır. Çalışma sonunda her iki ortamda da buğdayın kuru madde miktarında ve yeşil aksam Fe konsantrasyonlarında azalmaların meydana geldiğini belirlemişlerdir.

4.3.6 Yeşil Aksam Cu Konsantrasyonu

Araştırmada yetiştirilen, ekmeklik (Eser, Demir) ve makarnalık (Altın, Kızıltan) buğday bitkisine 3 farklı Cd (0 , 5 , 10 mg kg^{-1}) ve 4 farklı gıdya ($\%0$, $\%2$, $\%4$, $\%8$) uygulamaları sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğdayda yeşil aksam Cu konsantrasyonları Çizelge 4.8 de verilmiştir. Artan dozlarda Cd ve gıdya uygulamaları sonucunda yeşil aksam Cu konsantrasyonları arasında $P<0.05$ düzeyinde farkların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 Artan Dozlarda Gidya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Bakır (Cu) Konsantrasyonu (mg kg⁻¹)

Yeşil Aksam Cu Konsantrasyonu. mg kg ⁻¹						
Cd (mg kg ⁻¹)	Gidya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama CdxGidya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
0	0	9.6q-r	10.3p-r	11.2k-r	15.5bc	11.6E
	2	13.4d-h	13.7c-f	10.8m-r	9.4r	11.8DE
	4	11.6h-p	15cd	12.3f-o	11.8g-p	12.7B-D
	8	12.7e-m	13.3d-ı	11.7g-p	12.7e-m	12.6B-D
	Ortalama CdxÇeşit	11.8CD	13.1AB	11.5D	12.3B-D	12.2
5	0	11.4ı-q	12.3f-o	13.2d-j	12.5e-n	12.4B-E
	2	12.4f-o	12.8e-l	12.9e-l	13.1e-k	12.8BC
	4	13.8c-f	11.5h-q	13e-k	12.5e-n	12.7B-D
	8	11.8g-p	13.4d-h	11.4j-q	14.4c-e	12.7B-D
	Ortalama CdxÇeşit	12.3B-D	12.5BC	12.6BC	13.1AB	12.6
10	0	7.2s	17.2b	20a	11.6h-p	14A
	2	13.6c-g	10.6o-r	11.2k-r	12.2f-o	11.9C-E
	4	13.6c-g	13e-k	12.3f-o	12.9e-l	12.9B
	8	12.8e-l	11.7g-p	11.1l-r	10.7n-r	11.6E
	Ortalama CdxÇeşit	11.8C-D	13.1AB	13.6A	11.8C-D	12.6
Gidya x Çeşit	Çeşit	12B	12.9A	12.6A	12.4AB	Gidya
	0	9.4e	13.2b	14.8a	13.2b	12.6
	2	13.1b	12.3b-d	11.6cd	11.5cd	12.2
	4	13b	13.2b	12.5bc	12.4b-d	12.8
	8	12.4b-d	12.8b	11.4d	12.6bc	12.3

F değerleri Cd^{ÖD}, Gidya^{ÖD}, Çeşit*, CdxGidya***, CdxÇeşit***, GidyaxÇeşit***, CdxGidyaxÇeşit***
LSDCd*Gidya= 0.552, LSDCd*Çeşit= 0.957, LSDGidya*Çeşit= 0.957, LSDCd*Gidya*Çeşit= 1.105
LSDCd*Gidya*Çeşit= 1.914

***, **, * istatistiksel olarak P<0.001 düzeyinde, P<0.05 düzeyinde önemli, ÖD: İstatistiksel olarak önemli değil.

Artan Cd uygulamaları ile beraber kontrole göre diğer uygulamalarda ortalama Cu konsantrasyonlarında aynı oranlarda artışın meydana geldiği belirlenmiştir. Cd0 da ortalama Cu konsantrasyonu 12.2 mg kg⁻¹ iken Cd5 ve Cd10 da 12.6 mgkg⁻¹olarak belirlenmiştir.

Erdem ve ark., (2012) tütün bitkisine artan dozlarda Cd uygulaması ile yeşil aksam Cu konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli (P<0.05) düzeyde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlar, Cu absorpsiyonunun ve / veya sürgünlere

translokasyonun, diğer temel mikro besinlerin aksine Cd varlığında tercih edildiğini göstermektedir.

4.3.7 Yeşil Aksam Zn Konsantrasyonu

Araştırmada yetiştirilen, ekmeklik (Eser, Demir) ve makarnalık (Altın, Kızıltan) buğday bitkisine 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğdayda ortalama yeşil Çinko (Zn) konsantrasyonu Çizelge 4.9 da verilmiştir. Artan dozlarda Cd ve gıdya uygulamaları sonucunda yeşil aksam Zn konsantrasyonları arasında P<0.05 düzeyinde farkların olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.9 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Çinko (Zn) Konsantrasyonu (mg kg⁻¹)

Yeşil Aksam Zn Konsantrasyonu, mg kg ⁻¹						
Cd (mg kg ⁻¹)	Gıdya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama Cd x Gıdya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
0	0	20n-q	30e-k	52a	29e-k	33B
	2	40bc	33ef	19o-r	15r	26C-D
	4	29f-k	31e-ı	179-r	20n-p	24D-E
	8	33e-g	33ef	19o-r	17p-r	25D-E
	Ortalama CdxÇeşit	30A	31A	27B	20E	27
5	0	25j-n	41bc	50a	30e-k	36A
	2	27ı-l	33ef	17p-r	15r	23E
	4	28g-l	27h-l	17p-r	19o-r	23E
	8	26ı-m	30e-j	23l-o	21m-p	25D-E
	Ortalama CdxÇeşit	26BC	33A	27B	21E	27
10	0	15qr	29f-k	45b	23l-o	28C
	2	32e-h	38cd	17p-r	19o-r	27C-D
	4	33e-g	34de	16p-r	19o-r	26C-D
	8	31e-ı	30e-j	17p-r	25k-n	26C-D
	Ortalama CdxÇeşit	28B	33A	24CD	22DE	26
Gıdya x Çeşit	Çeşit	28B	32A	26C	21D	Gıdya
	0	20e-f	33b	49a	27d	32A
	2	33b	34b	18f-h	16h	25B
	4	30c-d	31b-c	17g-h	20e-g	24B
	8	30c-d	31b-c	20e-g	21e	25B

F değerleri Cd^{0D}, Gıdya***, Çeşit***, CdxGıdya***, CdxÇeşit**, GıdyaÇeşit***, CdxGıdyaÇeşit***
LSDGıdya=1.474, LSDÇeşit=1.474 LSDCd*Gıdya= 2.552, LSDCd*Çeşit= 2.552 LSDGıdya*Çeşit= 2.947,
LSDCd*Gıdya*Çeşit= 5.104

***, **, * istatistiksel olarak P<0.001, P<0.01 düzeyinde, 0D: İstatistiksel olarak önemli değil.

Artan Cd uygulamalarına artan oranlarda gıdya uygulamaları sonucunda yeşil aksam ortalama Zn konsantrasyonlarında farklılıklar meydana gelmiştir (Çizelge 4.9).

Artan Cd uygulamalarıyla beraber Zn konsantrasyonlarında meydana gelen bu azalmalar Cd*Zn arasında görülen antagonistik ilişkinin bir sonucu olmuş olabilir. Çinko eksikliğinde yetişen bitkilerin daha fazla Cd alması, benzer kimyasal özelliklere sahip olan Zn ve Cd'nin membranlar üzerindeki absorpsiyon noktaları için rekabet etmesine (Çakmak, 2000) ve Zn noksanlığında membran geçirgenliğinin artmasına (Cakmak ve Marschner, 1988) bağlanmaktadır. Kadmiyumun bitkide Zn alımını azalttığı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Grant ve Bailey., 1997; Grant ve ark., 2002; Erdem ve ark., 2012a; Eker ve ark., 2013).

Cd'nin bütün uygulamalarında en yüksek ortalama Zn konsantrasyonu ekmeklik buğday çeşitlerinde olduğu belirlenmiştir. Eser, Demir, Altın ve Kızıltan çeşitlerinde yeşil aksam Zn konsantrasyonları sırası ile 28 mg kg⁻¹, 32 mg kg⁻¹, 26 mg kg⁻¹ ve 21 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Torun ve ark., (2003) Gıdyanın ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L., cv. Bezostaja) ve makarnalık buğdayda (*Triticum durum* L., cv. Kızıltan) Zn noksanlığı ve B toksisitesi görülen topraktaki etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada seralara 0, 1, 2.5, 5 ve %10 oranında ilave edilen gıdyanın etkisini incelemiştirlerdir. Elde ettikleri sonuca göre, topraklara Zn ve Gıdya ilave edilmediği takdirde bitkinin yapraklarında Zn noksanlığı ve B toksisitesi belirtileri görülmeye başlamış ve bitkide büyüme yavaşladığını artan oranlarda eklenen gıdya uygulaması ile birlikte Zn noksanlığında her iki çeşitte de sürgün büyümesi önemli ölçüde arttığını ve ayrıca Zn eksikliği ve B toksisitesinin sürgün kuru madde üretimi üzerindeki olumsuz etkileri, gıdya uygulamasıyla birlikte minimal düzeyde olduğunu kaydetmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada Toprakta Cd'ye maruz kalma, yaprak nispi su içeriğini, stoma iletkenliğini ve terlemeyi en aza indirerek bitkide osmotik stresi indükler ve böylece bitkide fizyolojik hasara neden olduğunu belirlemişlerdir. Bunun sonucunda kadmiyumun Fe ve Zn alımını azaltarak yaprak klorozuna neden olduğunu saptamışlardır (Gallego ve ark., 2012).

4. 3.8 Yeşil Aksam Mn Konsantrasyonu

Araştırmada yetiştirilen, ekmeklik (Eser, Demir) ve makarnalık (Altın, Kızıltan) buğday bitkisine 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğdayda yeşil aksam mangan (Mn) konsantrasyonları Çizelge 4.10 de verilmiştir.

Çizelge 4.10 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Mangan (Mn) Konsantrasyonu (mg bitki⁻¹)

Yeşil Aksam Mn Konsantrasyonu, mg kg ⁻¹						
Cd (mg kg ⁻¹)	Gıdya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama Cd x Gıdya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
0	0	150g-ı	234bc	71o-r	64p-r	130C
	2	159f-h	212d	83k-o	62qr	129C
	4	225cd	213d	80k-p	78l-q	149B
	8	190e	243b	95k	79k-p	151B
	Ortalama CdxÇeşit	181C	226A	82E	71F	140A
5	0	245b	144h-ı	59r	75m-r	130C
	2	150g-ı	192e	69o-r	83k-o	124C
	4	163fg	188e	73n-r	78l-q	125C
	8	220cd	272a	91k-m	73n-r	164A
	Ortalama CdxÇeşit	194B	199B	73F	78EF	136A
10	0	126j	135ij	68o-r	74n-r	101D
	2	185e	167f	71n-r	94kl	129C
	4	189e	163fg	79k-p	87kn	130C
	8	230bc	210d	92kl	82k-o	153B
	Ortalama CdxÇeşit	182C	169D	78EF	84E	128B
Gıdya x Çeşit	Çeşit	186B	198A	77C	77C	Gıdya
	0	174d	171d	66h	71gh	120D
	2	165d	190c	74f-h	80fg	127C
	4	192c	188c	77fg	81f	135B
	8	213b	242a	92e	78fg	156A

F değerleri Cd***, Gıdya***, Çeşit***, CdxGıdya***, CdxÇeşit***, GıdyaÇeşit***, CdxGıdyaÇeşit***

LSDCd= 4.044, LSDGıdya= 4.670, LSDÇeşit= 4.670, LSDCd*Gıdya= 8.089, LSDCd*Çeşit= 8.089, LSDGıdya*Çeşit= 9.340, LSDCd*Gıdya*Çeşit= 16.177

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

Artan Cd ve gıdya uygulamaları sonucunda yeşil aksam ortalama Mn konsantrasyonlarında P<0.05 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Cd dozlarına (0, 5, 10 mg kg⁻¹) artan gıdya uygulamalarıyla beraber yeşil aksam ortalama Mn konsantrasyonlarında farklılıklar meydana gelmiştir. Cd'nin bütün uygulamalarında da kontrole göre en fazla artış %8 gıdya uygulamasından elde edilmiştir. Ekmeklik

buğday çeşitlerinin yeşil aksam Mn konsantrasyonları makarnalık buğday çeşitlerinden yaklaşık 3 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Ramos ve ark., (2002) su kültürü koşullarında marul bitkisine artan dozlarda Cd uygulaması ile yeşil aksam Fe, Zn ve Cu konsantrasyonlarında azalmaya, Mn konsantrasyonlarında ise artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada toprağa artan dozlarda Cd uygulaması yapıldığında tütün bitkisinin Zn, Fe ve Mn konsantrasyonlarında genel anlamda bir düşüş meydana gelmiştir. Bu da kadmiyum stresi altında yetişen bitkilerin iyon alımında meydana gelen azalmasının en önemli nedeninin bitki köklerinin Cd toksitesine bağlı olarak zarar görmesi ile beraber kök büyüme ve gelişmesinin engellemesi şeklinde açıklanmaktadır (Salt ve ark., 1995).

4.3.9 Yeşil Aksam B Konsantrasyonu

Araştırmada yetiştirilen, ekmeklik (Eser, Demir) ve makarnalık (Altın, Kızıltan) buğday bitkisine 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları sonucunda ekmeklik ve makarnalık buğdayda yeşil aksam B konsantrasyonları Çizelge 4.11 de verilmiştir. Artan dozlarda Cd ve gıdya uygulamaları sonucunda yeşil aksam B miktarlarında önemli farkların bulunduğu ve bu farkların istatistiki olarak P<0.05 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Cd dozlarına (0, 5, 10 mg kg⁻¹) artan gıdya uygulamalarıyla yeşil aksam ortalama B konsantrasyonlarında farklılıklar meydana gelmiştir.

Çizelge 4.11 Artan Dozlarda Gıdya ve Cd Uygulamalarının Ekmeklik ve Makarnalık Buğdayda Yeşil Aksam Bor (B) Konsantrasyonu (mg bitki⁻¹)

Yeşil Aksam B Konsantrasyonu, mg kg ⁻¹						
Cd (mg kg ⁻¹)	Gıdya (%)	Ekmeklik Buğday		Makarnalık Buğday		Ortalama Cd x Gıdya
		Eser	Demir	Altın	Kızıltan	
0	0	85k-m	71o-s	132cd	132cd	105B
	2	85k-m	81l-n	81l-n	115ef	90D
	4	76n-p	76no	105gh	129d	97C
	8	75n-q	88j-l	114ef	193a	118A
	Ortalama CdxÇeşit	80E	79E	108D	142A	102A
5	0	94ij	64st	156b	161b	119A
	2	78m-o	59t	77no	108fg	81E
	4	67q-s	73o-r	110e-g	117e	92D
	8	86j-l	68q-s	138c	98hı	98C
	Ortalama CdxÇeşit	82E	66G	120C	120C	97B
10	0	74n-r	68p-s	129d	92ı-k	91D
	2	66r-t	81l-n	111e-g	97ı	89D
	4	73n-r	89jk	112e-g	133cd	102B
	8	73n-r	78m-o	161b	108fg	105B
	Ortalama CdxÇeşit	72F	79E	128B	108D	97B
Gıdya x Çeşit	Çeşit	78C	75D	119B	124A	Gıdya
	0	84f	68j	139a	128c	105A
	2	76g-ı	73hı	89e	106d	86C
	4	72ij	79g	109d	126c	97B
	8	78g	78g-h	138a	133b	107A

F değerleri Cd***, Gıdya***, Çeşit***, CdxGıdya***, CdxÇeşit***, Gıdya x Çeşit***, CdxGıdya x Çeşit***
LSDCd= 1,955, LSDGıdya= 2,258, LSDÇeşit= 2,258, LSDCd*Gıdya= 3,911, LSDCd*Çeşit= 3,911, LSDGıdya*Çeşit= 4,456, LSDCd*Gıdya*Çeşit= 7,821

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

Artan Cd uygulamaları sonucunda kontrole göre yeşil aksam B konsantrasyonlarında azalmalar meydana gelmiştir. Cd0 da B konsantrasyonu 102 mg kg⁻¹ iken Cd5 ve Cd10 da 97 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır. Makarnalık buğday çeşitlerinin yeşil aksam B konsantrasyonları ekmeklik buğday yeşil aksam B konsantrasyonundan daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara baktığımızda toprağa artan dozlarda Cd uygulaması yapıldığında buğdayda mikroelement konsantrasyonlarında genel anlamda bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Bu durum kadmiyum stresi altında yetişen bitkilerin iyon alımında meydana gelen azalmasının en önemli nedenlerinden birisinin bitki

köklerinin Cd toksititesine bağılı olarak zarar görmesi ile beraber kök büyüme ve gelişmesinin engellemesi şeklinde açıklanmaktadır (Salt ve ark., 1995).

Torun ve ark., (2003) buğday üzerinde yapmış olduğı bir çalışmada çinko ve bor eksikliğinin zehirli topraklarda sürgün büyümesi ve sürgünlerdeki konsantrasyonunu incelediklerinde; Çinko arzı, düşük gıdya uygulama seviyelerinde daha belirgin olarak bitkilerin B konsantrasyonunu azaltmıştır. Genel olarak makarnalık buğdayların sürgünlerinde ekmeklik buğdaya oranla daha fazla B olduğı tespit edilmiştir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, organik madde kapsamı %43 ve humik asit oranı %34 olan gıdya uygulamasının ekmeklik (Eser ve Demir) ve makarnalık (Altın ve Kızıltan) buğday çeşitlerinin kuru madde verimleri ile Cd konsantrasyonları üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Sera koşullarında yürütülen saksı denemesine 3 farklı Cd (0, 5, 10 mg kg⁻¹) ve 4 farklı gıdya (%0, %2, %4, %8) uygulamaları buğday bitkileri yetiştirilmiştir. Her iki buğday çeşidinde de çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre;

- ✓ Gıdyanın (%0, %2, %4, %8) dozları arasında en yüksek ortalama kuru madde verim artışı %2 uygulamasında elde edilmiştir. Bu artış, kontrole göre %187 oranında olmuştur.
- ✓ Bu bulguya ilaveten aynı etki Cd 5 ve 10 ppm uygulamasında da %2 gıdya verilmesiyle en yüksek kuru madde verimi elde edilmiştir.
- ✓ Bu tez çalışmasında, artan Cd ve gıdyanın bütün doz uygulamaları sonucunda makarnalık buğday çeşitlerinin ekmeklik buğday çeşitlerine göre daha fazla Cd biriktirdiği bulunmuştur. Makarnalık buğday çeşitleri ekmeklik buğdaylar göre yaklaşık 2 kat daha fazla Cd biriktirmiştir.
- ✓ Cd uygulaması olmadan artan gıdya uygulamaları sonucunda, ekmeklik buğday çeşitlerinde kontrole kıyasla yeşil aksam Cd konsantrasyonlarında artışlar meydana gelirken makarnalık buğday çeşitlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Bu azalmada gıdyanın topraktaki Cd adsorbe ederek taşınımını engellediği düşünülmektedir.
- ✓ Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Demir ve Bor elementleri artan gıdya uygulamalarıyla makarnalık buğday çeşitlerinde ekmekliklere göre daha fazla taşınmıştır.
- ✓ Gıdya uygulaması sonucunda makarnalık buğday çeşitlerinin potasyum konsantrasyonu ekmeklik buğday çeşitlerine göre yaklaşık 3 kat daha olmuştur.
- ✓ Gıdya uygulaması sonucunda ekmeklik buğday çeşitlerinin Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları makarnalık buğday çeşitlerine göre daha fazla biriktirdiği belirlenmiştir.

Gidyanın bitki besin elementleri içermesi, toksik element içeriğinin düşük olması ve humik asit içeriğinin yüksek olması nedeniyle ülkemizde bugüne kadar yapılan araştırmaların büyük bir kısmında gidyanın gübre olarak kullanım potansiyeli üzerinde özellikle durulmaktadır. Gidyanın bitki verimine etkisi, toprağın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi, organik madde içeriği, çinko alımının artırılması ve ağır metal alımını azaltıcı etkisinin olduğu üzerine olan araştırmalar yapılmaktadır.

Yukarıda açıklanan sonuçlarımız dikkate alındığı iki önemli öneri yapılabilir:

- Buğday türleri arasında Cd'nin alımı ve birikimi bakımından farklılıklar olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da büyük farklılıkların olacağı gösterilmiştir.
- Cd ile kirlenmiş alanlara gıda uygulamalarının toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirmesine karşın Cd taşınımının artması veya azalmasında farklı tepkilerinin olacağı tespi edilmiştir. Özellikle makarnalık buğdaylarda Cd taşınımını azaltma gıda uygulaması önerilebilir.
- Yapılan çalışmalar sonucunda gıda %2 dozunda ağır metal adsorbesinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir.
- Yapılan gıda ve Cd uygulamalarında gidyanın makarnalık buğdayların ekmeçlik buğdaylara göre daha fazla Cd adsorbe ettiğı sonucuna ulaşılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Abbas, T., Rizwan, M. & Ali, S. (2018). Biochar application increased the growth and yield and reduced cadmium in drought stressed wheat grown in an aged contaminated soil. *Ecotoxicology Environmental Safety* 148, 825e833.
- Abbas, T., Rizwan, M., Ali, S., Zia-Ur-Rehman, M., Qayyum, MF., Abbas, F., Hannan, F., Rinklebe, J. & Ok, YS. (2017). Effect of biochar on cadmium bioavailability and uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in a soil with aged contamination. *Ecotoxicology Environmental Safety* 140, 37–47.
- Abedi, T. & Mojiri, A. (2020). Cadmium uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.): An overview. *Plants*, 9(4), 500.
- Adeniji, BA., Budimir-Hussey, MT. & Macfie, SM. (2010). Production of organic acids and adsorption of Cd on roots of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var.durum). *Acta Physiologiae Plantarum* 32, 1063–1072.
- Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Rehman, MZ., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., Qayyum, MK. & Irshad, MK. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants:are view. *Ecotoxicology Environmental Safety* 119, 186–197.
- Amar, C., M., Steve, G., Paul, C., Brian, CS., Colin, G., Andrew, B., Jeffrey, C., Colin, A., Mark. (2007). Cadmium availability to wheat grain in soils treated with sewage sludge or metal salts. *Chemosphere*, 66, 141-142
- Bao, T., Sun, TH. & Sun LN. (2012).Effect of cadmium on physiological responses of wheat and corn to iron deficiency. *Journal of Plant Nutrition* 35, 1937–1948.
- Basta, NT., Raun, WR. & Gavi, F. (1998). Wheat grain cadmium under longterm fertilization and continuous winter wheat production. *Better Crops* 82: 14–15(19).
- Baysal, A. (1989). Genel Beslenme Bilgisi. 5. Baskı, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 189s
- Black, A., McLaren, RG., Speir, TW., Clucas, L. & Condron, LM. (2014). Gradient differences in soil metal solubility and uptake by shoot and roots of wheat (*T. aestivum*). *Biology and Fertility of Soils* 50, 685–694.
- Bouyoucos, GJ. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy journal*, 54(5), 464-465.
- Bozkurt, M., 2004. Gidyanın Tarımda Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara.
- Bray, RH. & Kurtz, LT. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil science*.59, 39-45.
- Bremner, JM. (1965). Method of soil analysis. part 2. chemical and microbiological methods. American Society of Agronomy Inc. Madison. Wise S-1149-1178, USA.

- 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.
- Chaudri, AM., Allain, CM., Badawy, SH., Adams, ML., McGrath, SP. & Chambers, BJ. (2001). Cadmium content of wheat grain from a long-term field experiment with sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, 30(5), 1575-1580.
- Ci, D., Jiang, D., Wollenweber, B., Dai, T., Jing, Q., & Cao, W. (2010). Cadmium stress in wheat seedlings :growth, cadmium accumulation and photosynthesis . *Acta Physiologiae Plantarum* 32,365–373.
- Cieslinski, G., VanRees, KCJ., Szmigielska, AM., Krishnamurti, GSR. & Huang, PM. (1998). Low-molecular-weight organic acids in rhizosphere soils of durum wheat and their effect on cadmium bioaccumulation. *Plant Soil* 203,109–117.
- Clarke, JM., Leisle, D., De Pauw, RM & Thiessen, LL. (1997). Registration of five pairs of durum wheat genetic stocks near-isogenic for cadmium concentration. *Crop Science*. 37: 297.
- Codex Committee on Contaminants in Foods (CCCF) (2013) General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (CODEX STAN 193-1995). http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/17/CXS_193e.pdf
- Eser, SÇ. (2018). Farklı kadmiyum kaynakları ile biochar uygulamasının tütünde kadmiyum alımına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat.
- Çağlar, K. & Bilgisi, T. (1949). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 10.
- Çakmak I. (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*. 146, 185-205.
- Çepel, N. (1997). Toprak kirliliği, erozyon ve çevreye verdiği zararlar. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı (TEMA) yayınları No.14.
- Çivit, B. 2010. Bazı doğal maddelerin (gidya, leonardit ve zeolit) marul bitkisinde (*Lactucasativa* L. var *longifolia*) verim ve büyüme üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kahramanmaraş.
- Das, P., Samantaray, S., Rout, GR. (1997). Studies on Cadmium Toxicity in Plants: a Review. *Environmental pollution*, 98(1), 29-36.
- Demir, ÖF., Dikici H. & Yılmaz, K. (2017). Effect of gyttja and nitrogen applications on plant growth of red pepper (*Capsicum annum* L.) in the soils formed on the different parent materials. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(7), 807-813.
- Dheri, GS., Singh Brar, M. & Malhi, SS. (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. & Gabbrielli, R. (1999). Response to cadmium in higher plants. *Environmental and experimental botany*, 41(2), 105-130.
- Doumett, S., Lamperi, L., Checchini, L., Azzarello, E., Mugnai, S., Mancuso, S., Petruzzelli, G. & Del Bubba, M. (2008). Heavy metal distribution between contaminated soil ve *Paulownia tomentosa*, in a pilot-scale assisted phytoremediation study: Influence of different complexing agents. *Chemosphere*, 72, 1481-1490.
- Durmuş, TK., Özdemir, N. & Durmuş, M. (2020). Organik atık uygulamalarının asit, nötr ve alkali toprakların üreaz enzim aktiviteleri üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(2), 223-231.
- Eker, S., Erdem, H., Yazici, MA., Barut, H. ve Heybet, EH. (2013). Effects of cadmium on growth and nutrient composition of bread and durum wheat genotypes. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22, 1779-1786.
- Erdem, H., Tosun, YK. & 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.
- Ergin, MR. (2016). Gıda uygulamasının fındıkta verim ve kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu.
- Fao, (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org>
- Fox, MRS (1988). Nutritional factors that may influence bioavailability of cadmium. *Journal of Environmental Quality*, 17(2): 175–180.
- Gallego, SM., Pena, LB., Barcia, RA., Azpilicueta, CE., Iannone, MF., Rosales, EP. & Benavides, MP. (2012). Unravelling cadmium toxicity and tolerance in plants: insight into regulatory mechanisms. *Environmental and Experimental Botany* 83, 33–46.
- Grant, CA. & Bailey, LD. (1997). Effects of phosphorus and zinc fertiliser management on cadmium accumulation in flaxseed. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 73: 307–314.
- Grant, CA. & Bailey, LD. (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, CA., Bailey, LD., Harapiak, JT. & Flore, NA. (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*. Vol. 82, no. 3, pp. 301-308 (8).
- Greger, M., & Landberg, T. (2008). Influence of silicon on cadmium in wheat. In: Laing, M. (Ed.), 4th Int. Conf. On Silicon in Agriculture, Wild Coast Sun, South Africa: Aim Print Durban, 25.
- Greger, M. & Lofstedt, M. (2004). Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat. *Crop Science*. 44, 501e507.

- Guo, G., Lei, M., Wang, Y., Song, B. & Yang, J. (2018). Accumulation of As, Cd, and Pb in Sixteen Wheat Cultivars Grown in Contaminated Soils and Associated Health Risk Assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* , 15, 2601.
- Gülser, F., Yılmaz, C. & Sönmez, F. (2014). Gıda ve kimyasal gübre uygulamalarının yetiştirme ortamı ile biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinde meyvelerin pomolojik ve biyokimyasal özelliklerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2 (1);1–5
- Haider, FU., Liqun, C., Coulter, JA., Cheema, SA., Wu, J., Zhang, R. & Farooq, M. (2021). Cadmium toxicity in plants: Impacts and remediation strategies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 211, 111887.
- Hani, A. & Pazira, E. (2011). Heavy metals assessment and identification of their sources in agricultural soils of Southern Tehran, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176(1), 677-691.
- Hart, J., Welch, RM., Norvell, WA. & Kochian, LV. (2002). Transport interactions between cadmium and zinc in roots of bread and durum wheat seedlings. *Physiologia Plantarum* 116, 73e78.
- Hart, JJ., Welch, RM., Norvell, WA. & Kochian, LV. (2006). Characterization of cadmium uptake, translocation and storage in near-isogenic lines of durum wheat that differ in grain cadmium concentration. *New Phytologist* 172, 261e271.
- Jackson, M. (1958). Soil chemical analysis. p. 1-498. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Jacobs, RM., Jones, AOL, Fox., MRS. & Fry, BE. (1978). Retention of dietary cadmium and meliorative effect of zinc, copper, and manganese in Japanese quail. *Nutrition Journal*, 108: 22–32.
- Jalil, A., Selles, F. & Clarke, JM. (1994). Growth and cadmium accumulation in two durum wheat cultivars. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 2597–2611.
- 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.
- Kacar, B. & Inal, A. (2008). Plant analysis. Nobel publication, Ankara.
- 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.
- Kara, Z., Yakupoğlu, T., Sesveren, S., Solak, S. & Saltalı, K. (2018). Applied to agriculture soil gytja: effect on the Atterberg limits and some physical parameters. In 1th International GAP Agriculture and Livestock Congress, Şanlıurfa/Turkey (pp. 441-445).

- Karaca, A., Turgay, OC. & 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.
- Karaca, S., Gülser, F., Sönmez, F. & Gökkaya, T. (2019). The effects of gyttja on soil properties in nickel-contaminated soils. *Applied Ecology And Environmental Research*, 17(2), 1865-1873.
- Konate, A., He, X., Zhang, Z., Ma, Y., Zhang, P., Alugongo, GM. & Rui, Y. (2017). Magnetic (Fe₃O₄) nanoparticles reduce heavy metals uptake and mitigate their toxicity in wheat seedling. *Sustainability*, 9, 790.
- Kubo, K., Watanabe, Y., Oyanagi, A., Kaneko, S., Chono, M., Matsunaka, H., Seki, M. & Fujita, M. (2008). Cadmium concentration in grains of Japanese wheat cultivars: genotypic difference and relationship with agronomic characteristics. *Plant Production Science* 11, 243–249.
- Li, YM., Chaney, RL., Schneiter, AA., Miller, JF., Elias, EM. & Hammond, JJ. (1997) Screening for low grain cadmium phenotypes in sunflower, durum wheat and flax. *Euphytica* 94:23–30.
- Li, X., Ziadi, N., Bélanger, G., Cai, Z. & Xu, H. (2011). Cadmium accumulation in wheat grain as affected by mineral N fertilizer and soil characteristics. *Canadian Journal of Soil Science*. 91, 521–531.
- Li, Y., Wang, L., Yang, L. & Li, H. (2014). Dynamics of rhizosphere properties and antioxidative responses in wheat (*Triticum aestivum* L.) under cadmium stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 102, 55–61.
- Lindsay, WL. & Norvell, WA. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper 1. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421–428.
- Liu, K., Lv, J., He, W., Zhang, H., Cao, Y. & Dai, Y. (2015). Major factors influencing cadmium uptake from the soil into wheat plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113, 207–2013.
- Loomis, WD. & Durst, RW. (1991). Boron and cell walls curr. *Topics Plant Biochem Physiology*, 10, S, 149-178, USA.
- Marschner, H. (2008). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Second Edition. London, UK., 889p.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd edn. academic press. San Diego, pp. 379-396.
- McKenna, IM., Chaney, RL., Tao, SH., Leach, RM. & Williams, FM (1992). Interactions of plant zinc and plant species on the bioavailability of plant cadmium to Japanese quail fed lettuce and spinach. *Environmental Research*, 57(1):73–87.
- McLaughlin, MJ., Andrew, SJ., Smart, MK. & Smolders, E. (1998). Cadmium uptake by swiss chard: I. Effects on complexation and calcium competition in nutrient solutions. *Plant and Soil*, 202, 211-216.
- Mengel, K., Kirkby, EA., Kosegarten, H. & Appel, T. (2001). Potassium. In *Principles of Plant Nutrition* (pp. 481-511). Springer, Dordrecht.

- Moya, J.L., Ros, R. & Picazo, I. (1993). Influence of cadmium and nickel on growth, net photosynthesis and carbohydrate distribution in rice plants. *Photosynthesis Research* 36(2):75-80.
- Murtaza, G., Javed, W., Hussain, A., Wahid, A.B., Murtaza, G. & Owens. (2015). Metal uptake via phosphate fertilizer and city sewage in cereal and legume crops in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research* 22, 9136-9147.
- Naeem, A., Saifullah, A., Zia-ur-Rehman, M., Aktar, T., Zia, M.H. & Aslam, M. (2018). Silicon nutrition lowers cadmium content of wheat cultivars by regulating transpiration rate and activity of antioxidant enzymes. *Environmental Pollution*, 242, 126–135.
- Nagajyoti, P.C., Lee, K.D. & Sreekanth, T.V.M. (2010). Heavy metals, occurrence ve toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 8(3), 199-216.
- Neilson, J.W., Artiola, J.F. & Maier, R.M. (2003). Characterization of lead removal from contaminated soils by non toxic washing agents. *Journal of Environmental Quality* 32: 899-908.
- Nouri, J., Khorasani, N., Lorestani, B., Karami, M., Hassani, A.H. & Yousefi, N. (2009). Accumulation of heavy metals in soil ve uptake by plant species with phytoremediation otential. *Environmental Earth Science*, 59(2): 315-323.
- Özkutlu, F. (2020). Makarnalık (*Triticum turgidum* L. Durum) buğday Cd konsantrasyonu üzerine değişik (NaCl, KCl ve CaCl₂) tuz uygulamalarının etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(1), 145-150.
- Özkutlu, F. & Erdem, H. (2018). The Effect of zinc application doses to bread and durum wheat on cadmium uptake. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(12), 1713-1717.
- 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.
- Perrier, F., Yan, B., Candaudap, F., Pokrovsky, O.S., Gourdain, E., Meleard, B., Bussière, S., Coriou, C., Robert, T., Nguyen, C. & Cornu, J.Y. (2016). Variability in grain cad- mium concentration among durum wheat cultivars: impact of aboveground biomass partitioning. *Plant Soil*, 404(1), 307-320.
- Pratt, P.F. (1965). Methods of Analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. (In Ed.CA.Black), American Society of Agronomy, Inc Pub. Argon. Series, No.9., Madison, Wisconsin, USA.
- Ramos, I., Esteban, E., Lucena, J.J. & Gárate, A. (2002). Cadmium uptake ve subcellular distribution in plants of *Lactuca*. Cd–Mn interaction. *Plant Science* 162, 761–767.

- Reeves, PG. (2001). Mineral nutrient status and the bioavailability of cadmium from natural food sources. In: Environmental Cadmium in the Food Chain: Source, Pathways and Risks (Syers J. K., Goldfeld M., eds.). Proceeding of the SCPOPE Workshop, Scientific Committee on Problems of the Environment/International Council of Scientific Unions (SCOPE/ICSU). 13–16 September 2000. Belgium: Brussels. 82–86.
- Reeves, PG. & Chaney, RL. (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.
- Rehman, MZU., Rizwan, M., Hussain, A., Saqib, M., Ali, S., Sohail, MI., Shafiq, M. & Hafeez, F. (2018). Alleviation of cadmium (Cd) toxicity and minimizing its uptake in wheat (*Triticum aestivum*) by using organic carbon sources in Cd-spiked soil. *Environmental. Pollution*, 241, 557–565.
- Retamel-Salgado, J., Hirzel, J., Walter, I. & Matus, I. (2017). Bioabsorption and bioaccumulation of cadmium in the straw and grain of maize (*Zea mays* L.) in growing soils contaminated with cadmium in different environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14, 1399
- Richards, LA. (1954). Diagnosis and improvement saline and alkaline soils. U.S. Dep. Agr. Handbook 60.
- Rizwan, M., Meunier, JD., Davidian, JC., Pokrovsky, OS., Bovet, N. & Keller, C. (2016). Silicon alleviates Cd stress of wheat seedlings (*Triticum turgidum* L. cv. Claudio) grown in hydroponics. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1414–1427.
- Rizwan, M., Ali, S., Abbas, T., Zia-ur-Rehman, M., Hannan, F., Keller, C., Al wabel, Mohammed. & Ok, YS. (2016). Cadmium minimization in wheat: a critical review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 130, 43–53.
- Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Rizvi, H., Rehman, MZ., Hannan, F., Qayyum, MF., Hafeez, F. & Ok, YS. (2016a). Cadmium stress in rice: toxic effects, tolerance mechanisms and management: A critical review. *Environmental Science and Pollution Research* <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-6436-4>.
- Rizwan, M., Ali, S., Ibrahim, M., Farid, M., Adrees, M., Bharwana, SA., Rehman, MZ., Qayyum, MF. & Abbas, F. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants:are view. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 15416–15431.
- Rizwan, M., Meunier, JD., Davidian, JC., Pokrovsky OS., Bovet, N. & Keller, C. (2016b). Silicon alleviates Cd stress of wheat seedlings (*Triticum turgidum* L.cv.Claudio) grown in hydroponics *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 1414–1427.
- Rizwan, M., Meunier, JD., Hélène, M. & Keller, C. (2012). Effect of silicon on reducing cadmium toxicity in durum wheat (*Triticum turgidum* L.cv.ClaudioW.) grown in a soil with aged contamination. *Journal of Hazardous Materials* .2 09210s,326–334.

- Salt, DE. & Rauser, WE. (1995). MgATP-dependent transport of phytochelatin across the tonoplast of oat roots. *Plant Physiology*, 107, 1293-1301.
- Saltalı, K. (2015). tarımda toprak kalitesi için gıda kullanımı. türkiye doğal beslenme ve yaşam boyu sağlık zirvesi. Özet Kitap. 20-23 Mayıs, Bilecik, Turkey.
- 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.
- Saltalı, K. & Yıldırım, Ö. (2016). Kuru koşullarda çerezlik ayçiçeği (*helianthus annuus* L.) yetiştiriciliğinde gıda uygulamasının bazı toprak ve bitki özelliklerine etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(1), 84-90.
- Saltalı, K., Dereli, N. & Kızılkaya, R. (2015). Effects of gyttja on some soil quality parameters. International Soil Science Congress. October 19–23, 2015, Sochi, Russia
- Shentu, J., He, Z., Yang, XE. & 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.
- Siedlecka, A. (1995). Some aspects of interactions between heavy metals and plant mineral nutrients. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 64(3), 265-272.
- Sobolewska, M., Wenda-Piesik, A., Jaroszevska, A. & Stankowski, SE. (2020). Effect of habitat and foliar fertilization with K, Zn and Mn on winter wheat grain and baking qualities. *Agronomy*, 10, 276.
- Stolt, JP., Sneller, FEC., Bryngelsson, T., Lundborg, T. & Schat, H. (2003). Phytochelatin and cadmium accumulation in wheat. *Environmental and Experimental Botany* 49,21–28.
- Şahan, Y. & Başoğlu, F. (2003). Ağır metal iyonlarının insan sağlığına etkisi. *Dünya Gıda*, 8(3), 70-76.
- Şanlı, Y. (1984). Çevre sorunları ve besin kirlenmesi. *S.Ü. Vet. Fak. Dergisi*, 2,17–37.
- Şipal, S. (1994). Gıyada bulunan humin asitlerine demir ve çinkonun bağlanması ile oluşturulan organomineral komplekslerin bitki gelişimine etkileri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Tamer, N. & Karaca, A. (2006). Gıda ve linyitin toprağın enzim aktiviteleri üzerine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (38), 14-22.
- Torun, B. (2009). Tarla koşullarında gıda uygulamasının tahılların dane verimine ve toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(3), 60 – 72
- Torun, B., Yazıcı A., Gültekin, I. & Çakmak, I. (2003). Influence of gyttja on shoot growth and shoot concentrations of zinc and boron of wheat cultivars grown on zinc-deficient and boron-toxic soils. *Journal of Plant Nutrition*, 26(4), 869-881.
- Tsadiras, CD. (2000). Soil pH influence on cadmium uptake by tobacco in high cadmium exposure. *Journal of Plant Nutrition*, 23(8), 1167–1178.

- Turgay, OC., Karaca, A., Unver, S. & Tamer, N. (2011). Effects of coal derived humic substances on some soil properties and bread wheat yield. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, 42(9), 1050-1070.
- Vanlı, Ö. & Yazgan, M. (2006). Ağır metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde fitoremediasyon tekniği. Türkiye III. Organik Tarım Sempozyumu, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova.
- Vural N. (1984). Toksikoloji, Ankara Üniv. Eczacılık Fakültesi Yayınları, Ankara
- Wang, M., Zou, JH., Duan, XC., Jiang, WS. & Liu, DH. (2007). Cadmium accumulation and its effect on metal uptake in maize (*Zea mays* L.). *Bioresource Technology*, 98, 82-88.
- Wang, Z., Zhao, X., Wu, P., He, J., Chen, X., Gao, Y. & Cao, X. (2015). Radiation interception and utilization by wheat/maize strip intercropping systems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 204, 58–66.
- Weigel, HJ. & Jäger, HJ. (1980). Subcellular distribution and chemical form of cadmium in bean plants. *Plant physiology*, 65(3), 480-482.
- Wieczorek, J., Wieczorek, Z. & Bieniaszewski, T. (2005). Cadmium and lead content in cereal grains and soil from cropland adjacent to roadways. *Polish journal of Environmental studies*, 14(4), 535-540.
- Yang, X., Baligar, VC., Martens, DC. & Clark, RB. (1995). Influx, transport, and accumulation of cadmium in plant species grown at different Cd^{2+} activities. *Journal of Environmental Science and Health*, 30(4), 569–583.
- Yazıcı, MA. (2001). Sera koşullarında toprağa uygulanan gıdyanın buğdayın büyümesi ve yeşil aksam bor ve çinko konsantrasyonu üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Çukurova Üniversitesi, Adana
- Yıldırım, Ö. (2015). Kuru Koşullarda Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.) Yetiştiriciliğinde Gıda Uygulamasının Bazı Toprak ve Bitki Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kahramanmaraş.
- Yu, XY., Ying, GG. & Kookana, RS. (2006). Sorption and desorption behaviors of diuron in soils amended with charcoal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 8545–8550.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Suat AKGÜL
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2015
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	2022