



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GİDYA, LEONARDİT VE KOMPOST'UN ÇİNKO
(Zn) ADSORPSİYON ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

MUHAMMED ALHASHEMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2020

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GİDYA, LEONARDİT VE KOMPOST'UN ÇİNKO (Zn)
ADSORPSİYON ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

MUHAMMED ALHASHEMI

Bu Tez,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2020

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Muhammed Alhashemi tarafından hazırlanan “Gıdya, Leonardit ve Kompost’un Çinko adsorpsiyon Özelliklerinin Belirlenmesi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 29/01/2020 tarihinde oy birliği ile Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Kadir SALTALI (DANIŞMAN)

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Kadir YILMAZ (ÜYE)

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Gökhan BÜYÜK (ÜYE)

Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi
Adıyaman Üniversitesi

Yukarıdaki İmzaların Adı Geçen Öğretim Üyelerine Ait Olduğunu Onaylarım

Prof. Dr. Mustafa YAZICI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Muhammed Alhashemi



Bu çalışma KSÜ Bilimsel Araştırma Birimi.....tarafından desteklenmiştir.

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

**GİDYA, LEONARDİT ve KOMPOST'UN ÇİNKO (Zn)
ADSORPSİYON ÖZELLİKLERİNİN BELİRLERNMESİ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

MUHAMMED ALHASHEMI

ÖZET

Leonardit ve kompost toprak düzenleyicisi olarak kullanılan materyallerdir. Gıdya ise Afşin-Elbistan Termik Santralı havzasında rezervi yaklaşık 4.8 milyar ton olan %30-40 kireç ve % 40-50 organik madde içeren bir materyaldir. Bu materyaller organomineral gübre yapımında kullanılmaktadır. Çinko bitkilerin mutlak ihtiyaç duyduğu mikro bitki besin elementlerinden birisidir. Türkiye topraklarının yaklaşık % 49'unda bitkiler tarafından alınabilir çinko (Zn) noksanlığına rastlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, organomineral gübre yapımında kullanılan gıdya, leonardit ve kompostun Zn adsorpsiyon özelliklerini belirlemektir. Çalışma laboratuvar koşullarında yürütüldü. Optimum adsorpsiyon koşullarını belirlemek için adsorpsiyonu etkileyen faktörlerden pH, tanecik iriliği, sıcaklık, çalkalama süresi ve çözelti konsantrasyonunun etkisi belirlenmiştir. Daha sonra optimum koşullarda linear Langmuir ve Freundlich izotermi kullanılarak adsorpsiyon özellikleri saptanmıştır. Langmuir izotermine göre maksimum sorpsiyon kapasitesi (q_{max}) gıdya için $14,10 \text{ mg g}^{-1}$, leonardit için $13,74 \text{ mg g}^{-1}$ ve kompost için $15,67 \text{ mg g}^{-1}$ bulunmuştur. Sonuç olarak, gıdya, leonardit ve kompostun Zn sorpsiyon değerleri Langmuir ve Freunlich izotermine uyum göstermiştir. Bu materyallerin maksimum adsorpsiyon kapasiteleri (q_{max}) birbirine çok yakındır. Bu veriler dikkate alındığında, 1 kg organik materyalin yaklaşık 15 gr Zn tutabileceği görülmektedir. Organomineral gübre üretiminde ve sürdürülebilir Zn gübrelemesinde bu temel verilerin dikkate alınmasında fayda vardır.

Anahtar Kelimeler: gıdya, leonardit, kompost, çinko, adsorpsiyon.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ocak /2020

Danışman : Prof. Dr. Kadir SALTALI

Sayfa sayısı : 29

**DETERMINATION OF ZINC (Zn) SORPTION PROPERTIES OF GYTTJA,
LEONARDITE AND COMPOST
(M.Sc. THESIS)**

MUHAMMED ALHASHEMI

ABSTRACT

Leonardite and compost are used as soil regulator materials. Gytija is a material which contains 30-40% lime and 40-50% organic matter with a reserve of approximately 4.8 billion tons in Afşin-Elbistan Thermal Power Plant basin. These materials are used in the production of organomineral fertilizers. Zinc (Zn) is one of the micro plant nutrients that plants need. Available Zn deficiency is observed in approximately 49% of Turkish soils. The aim of this study is to determine the Zn adsorption properties of gidya, leonardite and compost used in organomineral fertilizer production. The study was conducted under laboratory conditions. In order to determine the optimum adsorption conditions, the effect of pH, particle size, temperature, shaking time and solution concentration were determined. Then, adsorption properties were determined using linear Langmuir and Freundlich isotherm under optimum conditions. According to Langmuir isotherm, the maximum sorption capacity (q_{max}) was found to be 14.10 mg g⁻¹ for gidya, 13.74 mg g⁻¹ for leonardite and 15.67 mg g⁻¹ for compost. In conclusion, gidya, leonardite and compost Zn sorption values were consistent with Langmuir and Freundlich isotherms. The maximum sorption capacity (q_{max}) of these materials is very close to each other. When these data are taken into consideration, it is seen that 1 kg of organic material can hold about 15 g Zn. It is useful to take these basic data into account in organomineral fertilizer production and sustainable Zn fertilization.

Key Words: gytija, leonardit, compost, zinc, adsorption

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition, January / 2020

Supervisor: Prof. Dr. Kadir SALTALI

Page Numbers: 29

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimim başından beri gösterdiği anlayış ve yardımlarından dolayı saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Kadir SALTALI' ya, bölüm hocalarıma, Arş. Gör. Zekeriya KARA'ya, Arş. Gör. Bedriye BİLİR'e ve laboratuvar çalışmaları sürecinde yanımda olan değerli arkadaşlarıma teşekkür ederim.

MUHAMMED ALHASHEMI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Toprakta Çinko Alımını Etkileyen Faktörler	4
2.2. Organik Madde Çinko İlişkisi	5
2.3. Organomineral Gübreler (OMG)	6
3. MATERYAL VE METOT	9
3.1. Materyal	9
3.2. Metot.....	9
3.2.1. Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Çinko (Zn) Adsorpsiyon Özelliklerinin Belirlenmesi	9
3.2.2. Gıdya, Leonardit ve Kompostun Analiz Metotları	11
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	12
4.1. Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Zn Adsorpsiyonu için Optimum Koşulların Belirlenmesi	12
4.1.1. Gıdya, Leonardit ve Kompost Materyallerinin Çinko Adsorpsiyonuna Tanecik Boyutunun Etkisi	12
4.1.2. Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Çinko Adsorpsiyonuna pH'nın Etkisi.....	13
4.1.3. Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Zn Sorpsiyonuna Sıcaklığın Etkisi	13
4.1.4. Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Zn Adsorpsiyonuna Çalkalama (Denge) Süresinin Etkisi.....	14
4.2. Adsorpsiyon İzotermi	15

4.3. Langmiur İzotermi	18
4.4. Freundlich İzotermi.....	21
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	24
KAYNAKÇA	25
ÖZGEÇMİŞ.....	29



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Tanecik boyutunun Zn adsorpsiyonuna etkisi.....	12
Şekil 2. pH'ın Zn sorpsiyonuna etkisi	13
Şekil 3. Sıcaklığın Zn adsorpsiyonuna etkisi	14
Şekil 4. Çalkalama süresinin Zn adsorpsiyona etkisi	15
Şekil 5. Çözelti konsantrasyonunun Zn adsorpsiyona etkisi.....	17
Şekil 6. Langmuir izotermi.....	18
Şekil 7. Langmuir izotermi (leonardit) (Adsorbent miktarı	19
Şekil 8. Langmuir izotermi (kompost) (Adsorbent miktarı	19
Şekil 9. Gıdya, leonardit ve kompostun RL değerleri	21
Şekil 10. Freundlich izotermi (gidya) (Adsorbent miktarı	22
Şekil 11. Freundlich izotermi (leonardit) (Adsorbent miktarı.....	22
Şekil 12. Freundlich izotermi (kompost) (Adsorbent miktarı.....	23

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1. Gidya, leonardit ve kompost'un kimyasal analiz sonuçları.....	9
Çizelge 2. Gidyannın adsorpsiyon değerleri.....	16
Çizelge 3. Leonarditin adsorpsiyon değerleri.....	16
Çizelge 4. Kompost adsorpsiyon değerleri.....	17
Çizelge 5. Gidya, leonardit ve kompostun Log Ce ve Log qe değerleri.	22

SİMGELER VE KISALTMALAR

°C	: Santigrat Derece
C₀	: Çözelti başlangıç konsantrasyonu
Ca	: Kalsiyum
CaCO₃	: Kalsiyum Karbonat (Kireç)
CaO	: Kalsiyum Oksit
Ce	: Denge konsantrasyonu
Cm	: Santimetre
Fe	: Demir
FeSo₄.7H₂O	: Demir Sülfat Heptahydrate
K₂Cr₂O₇	: Potasyum Dikromat
g	: Gram
H	: Hidrojen
HCl	: Hidroklorik Asit
kg	: Kilogram
L	: Litre
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
mol	: Molarite
N	: Azot
O	: Oksijen
OM	: Organik Madde

OMG	: Organomineral Gübre
EC	: Elektriksel İletkenlik
OH	: Hidroksit
q_{max}	: Maksimum Sorpsiyon Kapasitesi
T	: Sıcaklık
V	: Hacim
Zn	: ınko



1.GİRİŞ

Topraklarda bitkiler tarafından alınabilir çinkonun (Zn) noksanlığı kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olarak görülmektedir. Dünya üzerinde tarım yapılan alanların yaklaşık % 30'unda Zn noksanlığının görüldüğü rapor edilmiştir (Sillanpaa, 1982). Tarım yapılan alanlarda Zn noksanlığına en çok rastlanan bölgelerin; Akdeniz Havzası, Güney Doğu Asya ve Doğu Asya ülkeleri ve Avusturalya olduğu belirtilirken, bu konuda yapılan araştırmalarda; Çin'de 20 milyon, Hindistan'da 30 milyon, Türkiye'de 14 milyon, Avusturalya'da en az 10 milyon ve Bangladeş'te 8 milyon hektar tarım arazisinde Zn eksikliğinin olduğu bildirilmiştir (Çakmak, 2008; Çakmak ve ark., 2010).

Türkiye'de tarım yapılan alanlarda Zn eksikliğine çok sık rastlanmaktadır. Türkiye'de tarım yapılan alanların % 49'unda Zn noksanlığının bulunduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Toprakların yarayışlı Zn içeriklerinin arttırılması ülkemiz için önemlidir. Çünkü Türkiye'de yaklaşık 14 milyon hektarlık tarım alanının bir bölümünde ciddi çinko eksikliği mevcuttur (Eyüpoğlu ve ark. 1998).

Bitkilerin ihtiyaç duydukları mikro besin elementlerinin temel kaynağı topraktır. Bitkiler tarafından topraktan alımı, toprak özellikleri tarafından en fazla etkilenen besin elementlerinden birisi de Zn'dur. Toprakların fiziko kimyasal özellikleri bitkilerin mikro besin elementi alımını önemli düzeyde etkilemektedir. Bitkilerin topraktan Zn alımını etkileyen toprak faktörleri; pH, kireç içeriği, metal oksitler, düşük organik madde, kil tipi ve kil miktarıdır (Marschner, 1995; Çakmak ve ark., 1997).

Türkiye toprakları genel olarak değerlendirildiğinde toprakların % 81'inin pH değerinin 7.0'den yüksek olduğu (Usta, 1995), diğer bir araştırmada ise toprakların % 63'ünün pH değerinin 7.5'ten büyük olduğu rapor edilmiştir (Eyüpoğlu, 1999). Toprakların pH değerinin yüksek olması bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından alımını azaltmakta ve mikro bitki besin maddelerinin (Fe,Cu, Zn, Mn vb.) topraklarda alınabilmesini zorlaştırmaktadır.

Toprakların Fe+Al oksitler ve kireç (CaCO₃) içeriği alınabilir Zn içeriğini negatif yönde etkilemektedir. Çinko topraklarda bulunan Fe+Al oksitler ve CaCO₃ parçacıklarının

yüzeyinde adsorbe edilmek suretiyle bitkiler tarafından alınmaz konuma geçmektedir. Bu nedenle, Zn adsorpsiyonuna toprakta bulunan Fe+Al oksitler ve CaCO₃'ın önemli etki yaptığı, Fe+Al oksitler ve kireçli topraklarda Zn'nun alınmaz forma dönüştüğü bildirilmiştir (Udo ve ark., 1970).

Yapılan araştırmalarda, toprakların organik madde içerikleri ile yarayıklı Zn içerikleri arasında olumlu yönde önemli ilişkiler saptanmış olup, toprakların organik madde içeriği arttıkça yarayıklı Zn içeriğinin arttığı rapor edilmiştir (Hotz ve Brown, 2004; Çakmak, 2008). Aynı zamanda, Zn'nun humik ve fulvik asitler ile reaksiyonu sonucu oluşan çözünebilir Zn-organik kompleksleri toprakta Zn'nun alınabilirliğini artırıcı etkiye sahiptir. Toprakta fosfor düzeyi arttıkça alınabilir Zn yarayıklılığı azalmaktadır. Yüksek fosfor düzeylerinde Zn-fosfatlar oluşarak çökelmekte ve Zn bitkilere yarayıksız hale geçmektedir. Yoğun fosforlu gübre uygulanan alanlarda bu durum çinkonun alımını engellemektedir (Karaman ve ark., 2006).

Topraklara gübre formunda uygulanan besin maddeleri ile organik materyaller tekniğine uygun olarak karıştırıldığında kimyasal gübrelere göre organomineral gübrelerin daha etkili olduğu bildirilmektedir (Erdal, 2018). Bu nedenle, Türkiyede son yıllarda organomineral gübre üretimi yaygınlaşmaktadır. Organomineral gübreler (OMG); kimyasal gübreler ile organik materyallerin (kompost, leonardit ve gıdya) karışımıyla elde edilmektedir. Erdal (2018), organomineral gübrelerde kullanılan organik kökenli materyallerin bitki besin maddelerinin bir kısmını adsorbe ederek besin maddelerinin topraklarda kimyasal reaksiyonlar ile alınmaz konuma dönüşmesini ve yıkanma kayıplarını azalttığını bildirmiştir.

Türkiyede OMG üretiminde kullanılan leonardit, kompost ve gıdya gibi organik materyallerin bitki besin maddeleri adsorpsiyon kapasiteleri hakkında yeterli çalışmalara rastlanmamıştır. OMG üretiminde kullanılan bu materyallerin bitki besin maddeleri adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Özellikle ülkemizde topraklarda noksanlığı yaygın bir şekilde görülen Zn'nun, OMG üretiminde kullanılan leonardit, kompost ve gıdya tarafından adsorpsiyon özelliklerinin belirlenmesi, sektör için önemli veriler oluşturacaktır.

Bu çalışmanın amacı, toprak düzenleyicisi ve OMG üretiminde kullanılan leonardit, kompost ve gidyanın Zn adsorpsiyon özelliklerini belirlemektir. Organik materyallerin adsorpsiyon özelliklerinin belirlenmesi adsorbe edilecek besin maddesi miktarının belirlenmesi açısından önemlidir. Organik olarak bağlı besin maddelerinin OMG formunda topraklara uygulanması, mikro besin maddelerinin topraklarda daha uzun süre alınabilir formda kalmasına ve bitkilerin dengeli beslenmesine katkı sağlayacaktır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kurak ve yarı kurak bölge topraklarında çinko (Zn) noksanlığı en sık rastlanan mikro bitki besin elementlerinden birisidir. Topraklarda bitkiler tarafından alınabilir Zn noksanlığı hem bitkisel verim ve kaliteyi olumsuz etkilemekte hem de bölgede yaşayan hayvan ve insanların sağlığını da olumsuz etkilememektedir.

Topraklarda alınabilir Zn içeriğini artırmanın yolu topraklara Zn içeren gübrelerin veya bitkilere yapraktan Zn içeren çözeltilerin uygulanmasıdır. Topraktan Zn uygulamalarında, uygulanan Zn toprak bileşenleri reaksiyona girerek alınamaz konuma dönüşmekte, yapraktan uygulamalar da ise her yıl uygulama gerekmektedir. Bu nedenle topraktan uygulamalarda, topraklarda uzun süre Zn'nun alınamaz forma dönüşmesini azaltıcı uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.1. Toprakta Çinko Alımını Etkileyen Faktörler

Toprak pH'sı çinko elverişliliğini etkileyen en önemli faktördür. Bitkiler çinkodan en fazla hafif asit ve nötr şartlarda yararlanırlar. pH'nın yükselmesiyle birlikte çinkonun elverişliliği azalarak çözünürlüğü güç çinko bileşikleri oluşur ve çinko hidroksitler $Zn(OH)_2$ şeklinde çökelişirler. Kireçli topraklarda çinko, çözünürlüğü son derece düşük olan çinko karbonat ($ZnCO_3$) şeklinde çökelmekte ve bitkiler tarafından alınamaz hale gelmektedir (Mengel ve Kirkby, 2001).

Çinkonun topraktaki konsantrasyonu toprak pH'sına bağlı olarak değişir ve toprak pH'sı 6'nın üzerinde, Zn'nun bitkiler tarafından alınabilirliği azalmaya başlar. Topraklarda alınabilir Zn konsantrasyonu, pH' 5'te 10^{-4} (6.5 mg g⁻¹) iken, pH 8'e yükseldiğinde 10^{-10} M (0.007 mg L⁻¹)'e düşer (Kiekens, 1995). Bu nedenle, Zn noksanlığının asidik topraklardan ziyade alkalın koşullarda oluşması beklenmektedir. Alkalın toprak koşullarında Zn'nun konsantrasyonunun azalması Zn'nun $Zn(OH)_2$ veya $ZnCO_3$ olarak çökeltilmesine bağlanmaktadır (Saeed ve Fox, 1977; Shukla ve Mittal, 1979).

Kil içerikleri yüksek olan topraklar ise Zn kil parçacıkları tarafından tutulmaktadır. Toprakların fosfor içeriği arttıkça Zn ile P reaksiyona girerek çinko fosfat bileşiklerini oluştururlar ve böylece topraklarda hem alınabilir Zn hem de alınabilir P içeriği azalır ve

Çinko bitkiler tarafından alınamaz hale geçer. Bu nedenle, yüksek miktarda fosforlu gübre uygulamalarının çinko noksanlıklarına neden olduğu bildirilmiştir (Karaman ve ark., 2006). Fosforlu gübre Zn ilişkisi konusunda yapılan diğer çalışmalarda; yüksek fosfor uygulamasının topraklarda alınabilir Zn konsantrasyonunu azaltacağı ve bitkilerde Zn eksikliğine neden olabileceği vurgulanmıştır (Alloway BJ, 2008). Topraklara fazla fosfor uygulamasına bağlı olarak ortaya çıkan çinko eksikliğine "fosfor kaynaklı Zn eksikliği" olarak değerlendirildiği rapor edilmiştir (Singh ve ark., 1986; Olsen, 1972).

Kireçli topraklarda alınabilir konumda olan Zn bileşikleri karbonatlar ile reaksiyona girerek $ZnCO_3$ ve $Zn(OH)_2$ gibi çözünürlüğü düşük bileşikleri oluştururlar. Böylece alınabilir konumda olan Zn^{+2} yarayışsız forma dönüşür (Mengel ve Kirkby 1982).

Asidik koşullarda çinko bileşiklerinin çözünürlükleri yükselerek, yarayışlılıkları artmaktadır. Çinkonun yarayışlılığı pH 5-7 arasında, pH yükseldikçe her bir birim pH artışına bağlı olarak 30 kat veya 100 kat azalmaktadır (Lindsay, 1972).

Farklı karbonatlı bileşiklerin Zn adsorpsiyonuna etkisi konusunda yapılan bir çalışmada; kireç içeriği yüksek olan topraklarda Zn adsorpsiyonun da yüksek olduğunu, karbonat türünün Zn adsorpsiyonu sıralamasının $MgCO_3 > CaMg(CO_3)_2 > CaCO_3$ şeklindeki olduğu saptanmıştır (Udo ve ark., 1970).

2.2. Organik Madde inko İlişkisi

Kalkerli topraklara organik bileşiklerin (hayvan gübresi, tavuk gübresi ve biyokl) Zn ile karıştırılarak uygulanmasının toprakların alınabilir Zn içeriği ve yetiştirilen mısır bitkinin Zn alımına etkisi konusunda yapılan çalışmanın sonuçlarına göre; organik materyaller ile Zn'nun birlikte uygulanması ile hem mısır danesinin Zn içeriğinin hemde hasat sonrası toprakların alınabilir Zn içeriğinin arttığını en fazla artışın ise hayvan gübresi uygulamasında olduğu rapor edilmiştir. Aynı araştırmada, ikinci yıl ekilen buğday bitkisinde ise biokln daha etkili olduğu, bu durumun biyokln etkisini göstermesi için zamana ihtiyaç olduğu belirlenmiştir (Saleem ve ark., 2017).

Asit özellikteki (pH:4.9) topraklara organomineral, tavuk ve kimyasal gübre uygulamasının toprak özellikleri ve bitki besin maddeleri üzerine olan etkisi konusunda yapılan bir inkübasyon çalışmasında; gübre uygulamaları arasında istatistiksel olarak

önemli bir farklılığın olmadığı, ancak organomineral gübre uygulamasında toprakların alınabilir Zn içeriğinin kontrol uygulamasına göre artış gösterdiği bildirilmiştir (Mumbach ve ark., 2019)

Topraktaki en kararlı organik bileşikler, humik ve fulvik asitler gibi humik maddeler olup bunlar çok sayıda fonksiyonel grupları (-OH, -COOH, -SH vb) içerirler. Fonksiyonel gruplar Zn gibi metal iyonları için büyük bir afiniteye sahiptir. (Kiekens, 1995). Organik maddenin fonksiyonel grupları tarafında adsorbe edilen Zn iyonlarının toprak bileşenleri tarafından çökmesi engellenmekte ve organik bağlı Zn iyonları organik bileşiklerin parçalanmasına bağlı olarak yavaş yavaş bitkiler tarafından alınabilir hale dönüşmektedir.

2.3. Organomineral Gübreler (OMG)

OMG üretimi ve özellikleri konusunda 2018 yılında yayınlanan yönetmelikte (Resmi Gazete, Tarih; 23.02.2018, Sayı; 30341) OMG ve özelliklerine dair kriterler verilmiştir. Yönetmelikte OMG için organik madde içeriği tekli besin elementli gübrelerde en az % 20, birden fazla bitki besin maddesi içeren gübrelerde ise en az %15 olması zorunludur (Resmi Gazete, 2018). İlgili yönetmelikte verilen kriterlere göre üretilecek OMG'de yukarıda verilen şartları sağlayabilmek için kompost ya da leonardit kullanılmaktadır. Bitki besin maddesi içeriği (N,P,K vb.) yüksek gübrelerin üretilebilmesi için OM içeriği yüksek kompost ya da leonardit kullanılmalıdır.

Kimyasal gübrelerin (NP) ve gıdya (OM içeriği % 40-50) ile karıştırılan gübrelerin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, kimyasal gübrelere göre gıdya ve kimyasal gübrenin karıştırılarak uygulandığı toprakların organik madde içeriğinin, mikrobiyal biyokütlenin ve enzim aktivitesinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir (Karaca ve ark., 2006).

Afşin-Elbistan Termik Santrali havzasından alınan linyit materyali kullanılarak üretilen organomineral gübrenin (8-6-1-8) serada yetiştirilen mısırın kök ve gövde gelişimine etkisinin araştırıldığı çalışmada, organomineral gübre uygulamasının bitki gelişimine etkisinin diğer gübrelere göre daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Çöteli ve ark., 2008).

Organomineral gübreler ile kimyasal gübrelerin etkinliğinin kışlık ekmeklik buğday tane verimi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, taban gübresi olarak farklı

kimyasal ve organomineral gübreler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, en yüksek tane verimi 12N:12P:0K+12S içerikli organomineral gübre uygulamasında (636 kg/da) alınmıştır (Süzer ve Çulhacı, 2016).

Yüksek kireçli ve alkalın topraklara OMG (OM % 15, N % 8, P₂O₅ % 15, SO₃ % 10, % 10 Humik+ fulvik asit) ve DAP (diamonyum fosfat; %18 N, %46 P₂O₅) gübresi kullanılarak saksı denemesi olarak yürütülen bir çalışmada; ortalama olarak alınabilir P içeriğine gübre formalarının etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu, OMG gübresi uygulamalarında DAP gübresine göre topraklarda alınabilir P içeriğinin %16-21 daha fazla olduğunu bildirmiştir (Solmaz, 2019).

Türkiye’de 2018 yılında 300 bin ton, 2019 yılında ise 350 bin ton OMG üretildiği tahmin edilmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, BÜGEM yetkilileri ile sözlü görüşme). Bu verilere göre Türkiye’de OMG üretimi yıllara bağlı olarak yükselmektedir. Bu bağlamda 2019 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı OMG gübre kullanımını yaygınlaştırmak için teşvik uygulamasına başlamıştır. Teşvik ile OMG kullanımının artması ilgili gübreye karşı talebi artıracak, böylece OMG üretimi için yeni yatırımların yapılması beklenmektedir.

OMG üretiminde kullanılan organik materyallerin besin maddelerinin bir kısmını organik maddenin fonksiyonel grupları vasıtasıyla organik olarak bağladığı ve böylece bitki besin maddesi kayıplarının ve topraklarda alınamaz konuma dönüşme oranının azalmasına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle OMG üretiminde kullanılan organik materyallerin besin elementlerini bağlama kapasitelerinin bilinmesi ve OMG üretiminin buna göre yapılması önemlidir.

Toprak organik maddesinin topraktaki metallerin bağlanmasını etkileyen en önemli faktör olduğu, toprak organik maddesinin artışı ile Zn’nun topraklarda bağlanma enerjisinin ve adsorpsiyonunun azaldığını bildirmişlerdir (Fan ve ark., 2016). Organik maddenin etkisi ile toprak bileşenlerine Zn’nun bağlanmasının azalması, topraklarda alınabilir Zn’nun artması şeklinde yorumlanabilir.

Topraklarda çözülmüş organik karbonun Cu ve Zn adsorpsiyonu konusunda yapılan çalışmada, topraklarda çözülmüş organik karbon miktarı arttıkça topraklarda Cu ve Zn adsorpsiyonunun azaldığını rapor edilmiştir (Mesquita ve Carranca, 2010)

Toprakların Zn adsorpsiyonu üzerine kireç, kil ve organik maddenin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, düşük konsantrasyonlarda Zn adsorpsiyonunun Langmiur izotermi ile tanımlanabildiğini, Langmiur izoterminden hesaplanan maksimum adsorpsiyon kapasitesinin toprakların kil ve kireç içeriği ile pozitif, organik madde ile negatif ilişkili olduğu bildirilmiştir (Trehan ve Sekhon, 1977). Maksimum adsorpsiyon kapasitesinin toprakların organik madde içeriği ile negatif ilişkili olması, topraklarda organik madde içeriği arttıkça toprak bileşenleri tarafından Zn adsorpsiyonunun azaldığı şeklinde yorumlanabilir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada gıdya, leonardit ve kompost deneme materyali olarak kullanılmıştır. Deneme materyali olarak kullanılan gıdya, leonardit ve kompost'un bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Gıdya, leonardit ve kompost'un kimyasal analiz sonuçları

Organik Materyal	pH	OM (%)	Kireç (%)	EC (dSm ⁻¹)
Gıdya	7.58	41	35	0.89
Leonardit	6.52	46	10	1.9
Kompost	8.91	59	5	3.8

3.2. Metot

3.2.1. Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Çinko (Zn) Adsorpsiyon Özelliklerinin Belirlenmesi

Gıdya, leonardit ve kompost'un maksimum Zn sorpsiyon kapasitesini belirleyebilmek ve optimum adsorpsiyon koşullarını saptamak için bir dizi ön çalışma yapılmıştır. Optimum adsorpsiyon koşulları için tanecik boyutu (0.5 mm, 1 mm, 2 mm), absorbent miktarı (1 g/L), çözeltili pH'sı (4, 5, 6, 7, 8), sıcaklık (20, 30, 40, 50 °C) ve çalkalama zamanının (denge süresi) (0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 24 saat) çinko (Zn) adsorpsiyonu üzerine etkileri araştırılmış ve adsorpsiyon izotermi için optimum koşullar belirlenmiştir. Örneklere herhangi bir kontaminasyon olmaması için kullanılan cam malzemeler önce % 3'lük hidroklorik asitte (HCl) bekletilmif, sonra yıkanmış ve saf sudan geçirilmiştir. Araştırma çözeltilerinin hazırlanmasında analitik saflıkta çinko klorür (ZnCl₂) ve saf su kullanılmıştır. Çinko adsorpsiyonu için optimum koşullar belirlenirken çözeltili Zn konsantrasyonu 100 mg/L alınmıştır.

Gıdya, leonardit ve kompost tarafından çinko (Zn) adsorpsiyonunu etkileyen optimum adsorpsiyon koşulları çalkalama tipi çalışmalarla belirlenmiştir. Adsorpsiyon için

optimum koşullar belirlendikten sonra, aynı yöntemle adsorpsiyon izotermi 0-500 Zn mg/L konsantrasyon aralığında belirlendi. Hem optimum koşullar hem de izoterm için polietilen şişelere yerleştirilmiş çinko (Zn) çözeltisi ve adsorbentler çalkalayıcıda 150 rpm'de 4 saat süresince çalkalandı, çözelti Whatman filtre (No.42) kağıdı ile süzüldü. Adsorbe edilen çinko (Zn) miktarı başlangıç ve denge konsantrasyonları arasındaki farktan aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad (1)$$

$$\text{Sorption (\%)} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \quad (2)$$

Burada, q_e ; gıdya, leonardit ve kompost tarafından adsorbe edilen Zn miktarını (mg/g), C_o ; çözelti başlangıç Zn konsantrasyonunu (mg/kg) ve C_e ; denge Zn konsantrasyonunu (mg/kg), V ; çözelti hacmini (L) ve m ; denemede kullanılan gıdya, leonardit ve kompost ağırlıklarını (g) ifade etmektedir.

Denemede kullanılan gıdya, leonardit ve kompost'un Zn adsorpsiyon kapasiteleri (özellikleri) ve adsorpsiyonla ilgili katsayıları linear Langmuir ve Freundlich izotermi kullanılarak belirlenmiştir. Langmuir ve Freundlich modellerinin yaygın olarak kullanılan linear formu (Langmuir, 1918; Freundlich, 1906) aşağıdaki gibidir.

$$\text{Langmuir izotermi} \quad \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{kb} + \frac{C_e}{b} \quad (3)$$

$$\text{Freundlich izotermi} \quad \log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (4)$$

Burada, C_e denge konsantrasyonu (mg/L), q_e ; gıdya, leonardit ve kompost tarafından tutulan Zn miktarını (mg/g), $b=q_{\max}$; maksimum sorpsiyon kapasitesini (mg g^{-1}) ve k sorpsiyon enerji katsayısını (L/mg) ifade etmektedir. Diğer taraftan K_f ; Freundlich sorpsiyon kapasitesini ve $1/n$; ise kullanılan materyalin heterojenitesi ile ilgili adsorpsiyon intensite sabitesini göstermektedir.

Adsorpsiyon denemeleri sırasında çözeltiyeye geçen Zn konsantrasyonları AAS cihazında (Perkin Elmer 3110) belirlenmiştir.

3.2.2. Gidya, Leonardit ve Kompostun Analiz Metotları

Toprak reaksiyonu (pH) ve elektiriksel iletkenlik (EC); havada kurutulmuş ve 2 mm elekten geçirilmiş 10 g organik materyal 100 ml kapasiteli erlenmayer içerisine konularak üzerine 100 ml saf su eklenmiştir. Süspansiyon 1 saat aralıkla 3 defa karıştırılmış ve daha sonra süspansiyonda pH ve EC ölçümleri yapılmıştır (Jackson, 1958; Richards, 1954).

Organik madde; Jackson (1958) tarafından bildirildiği şekilde modifiye Walkley-Black yöntemine göre, toprakların kireç içerikleri ise Gülçur (1974) tarafından önerilen yöntemine göre Scheibler kalsimetresinde belirlenmiştir.



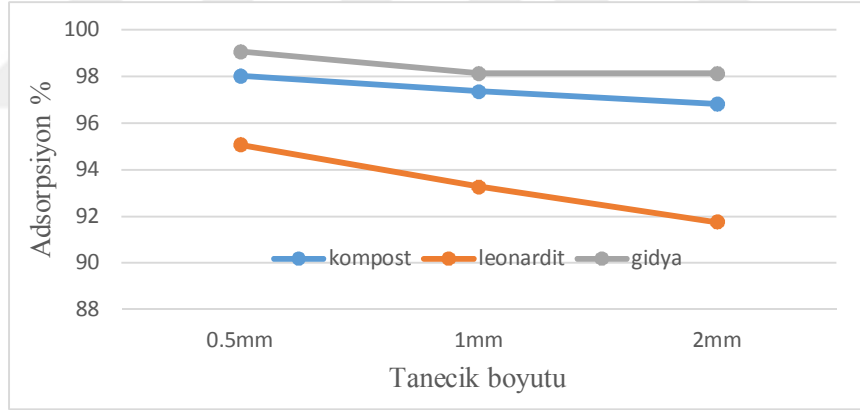
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Gıdya, leonardit ve kompostun optimum adsorpsiyon özelliklerini bulmak için yapılan ön çalışmalarda; pH, tanecik iriliği, sıcaklık, çalkalama süresi ve çözelti konsantrasyonunun etkisi belirlenmiş ve Langmuir ve Freundlich izotermine göre maksimum adsorpsiyon kapasitesi bulunmuştur.

4.1. Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Zn Adsorpsiyonu için Optimum Koşulların Belirlenmesi

4.1.1. Gıdya, Leonardit ve Kompost Materyallerinin Çinko Adsorpsiyonuna Tanecik Boyutunun Etkisi

Gıdya, leonardit ve kompostun optimum Zn adsorpsiyon kapasitesini bulmak için ilk olarak tanecik boyutunun etkisi incelenmektedir. Araştırmada gıdya, leonardit ve kompostun 0,5 mm, 1 mm ve 2 mm tanecik boyutları ile yapılan araştırmada tanecik boyutunun % adsorpsiyona olan etkisi Şekil 1'de verilmiştir.

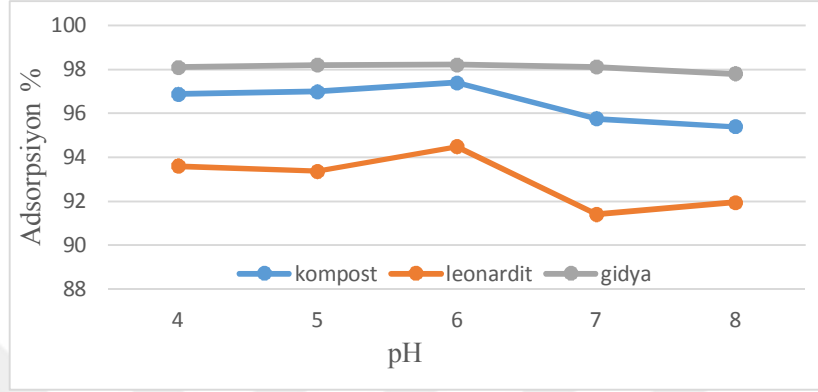


Şekil 1. Tanecik boyutunun Zn adsorpsiyonuna etkisi (C_0 ; 100 mg L⁻¹, çalkalama süresi; 4 saat, adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; çözelti pH'sı)

Şekil 1'de görüldüğü gibi tanecik boyutu küçüldükçe % Zn adsorpsiyon artmıştır. Bu durum tanecik boyutu azaldıkça yüzey alanın genişlemesine ve genişleyen yüzey alanın daha fazla Zn adsorbe etmesine bağlanabilir. Araştırmada en yüksek Zn adsorpsiyonu 0,5 mm tanecik boyutunda elde edilmiştir. Tanecik boyutu büyüdükçe gıdya ve komposta göre leonarditin Zn adsorpsiyonu daha fazla düşmektedir.

4.1.2. Gıyda, Leonardit ve Kompost'un inko Adsorpsiyonuna pH'nın Etkisi

Bu çalışmada gıyda, leonardit ve kompostun % Zn adsorpsiyonu farklı pH koşullarında belirlenmiştir. Gıyda, leonardit ve kompostun Zn adsorpsiyonuna pH'nın etkisi Şekil 2'de verilmiştir.

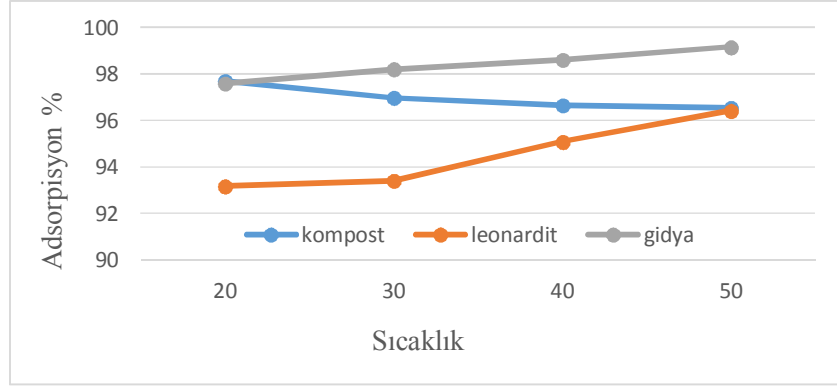


Şekil 2. pH'ın Zn sorpsiyonuna etkisi (C_0 ; 100 mg L⁻¹, alkalama sũresi; 4 saat, adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, tanecik boyutu; 0,5 mm)

Şekil 2'de gũrũldũęũ gibi pH (4 – 6) arasında % Zn sorpsiyonu artmıştır. Ancak pH 6'dan sonra % Zn sorpsiyonu azalmaktadır. Bu durum, yũksek çözelti pH'sı koşullarında Zn'nun hidroksit formlarında öknelmesi ve ortamda bulunan CaCO₃ ile reaksiyona girerek öknelmesine bağlanabilir. Araştırma sonuçlarına gũre, en yũksek % Zn sorpsiyonu çözelti pH değeri 6'da olduęũ için bundan sonra yapılan çalışmalar çözelti pH'sı 6'da yũrũtũlmũřtũr.

4.1.3. Gıyda, Leonardit ve Kompost'un Zn Sorpsiyonuna Sıcaklığın Etkisi

Gıyda, leonardite ve kompostun farklı sıcaklıklarda (20, 30, 40 ve 50 °C) Zn adsorpsiyonu ¼zerindeki etkisi Şekil 3'de verilmiştir



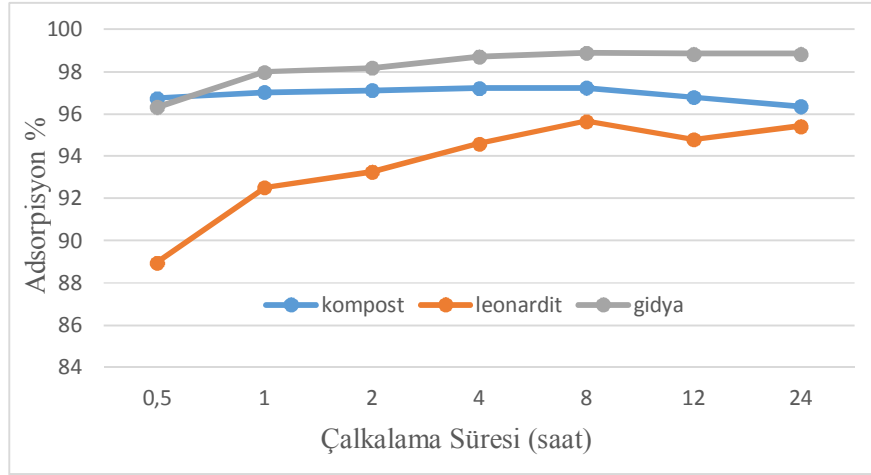
Şekil 3. Sıcaklığın Zn adsorpsiyonuna etkisi (C_0 ; 100 mg L⁻¹, çalkalama süresi; 4 saat, adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, pH; 6, tanecik boyutu; 0,5 mm).

Şekil 3’de görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça gidyanın ve leonardit % Zn adsorpsiyonu artmakta, ancak kompostun % Zn adsorpsiyonu azalmaktadır. Bu durum diğer materyallere göre daha sert olan leonardit ve gidyanın çözelti içerisinde sıcaklık artışına bağlı olarak genişlemesine bağlanabilir.

Araştırmada en yüksek % Zn adsorpsiyonu 50 °C’de elde edilmiştir. Ancak, uygulama açısından çözelti sıcaklığının artırılması ilave maliyetler getireceği için daha sonraki aşamalarda adsorpsiyon çalışması laboratuvar sıcaklığında (21 ± 2 ° C) yapılmıştır.

4.1.4. Gıdya, Leonardit ve Kompost’un Zn Adsorpsiyonuna Çalkalama (Denge) Süresinin Etkisi

Adsorbent ve adsorbe olan iyonlar arasında adsorpsiyonu etkileyen faktörlerden birisi de çalkalama süresidir. Gıdya, leonardit ve kompost materyalinin Zn adsorpsiyonu üzerine çalkalama süresinin etkisi Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Çalkalama süresinin Zn adsorpsiyona etkisi (C0; 100 mg L⁻¹, adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6, tanecik boyutu; 0,5 mm)

Şekil 4’de görüldüğü gibi gidya, leonardit ve kompostun Zn adsorpsiyonu çalkalama süresinin 8. saatine kadar artmakta, bu saatten sonra önemli bir değişikliğin olmadığı gözlenmektedir. Ancak, kompost çalkalama süresi 8. saatten sonra azalmakta, leonardit dalgalı bir seyir izlemektedir. Gidya için çalkalama süresi 8 ve 24 saatte Zn adsorpsiyonunda önemli bir fark yoktur. Uygulama açısından bakıldığında, 4 saat çalkalama süresinde Zn sorpsiyonunun 8 saatlik çalkalama süresindeki Zn adsorpsiyonuna çok yakın olduğu için bundan sonraki çalışmalarda 4 saatlik çalkalama (denge) süresi kullanılmıştır.

4.2. Adsorpsiyon İzotermi

Gidya, leonardit ve kompost’un materyaller tarafından çinko (Zn) iyonlarının adsorpsiyon özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Langmiur ve Freundlich modelleri deneysel verileri yorumlamak için yaygın başvuru modellerdir. Langmuir izotermi ile adsorpsiyonda kullanılan materyalin maksimum adsorpsiyon kapasitesi belirlenebilmektedir (Ho ve ark. 2002). Gidya, leonardit ve kompost’un sorpsiyon verileri Çizelgeler (2, 3 ve 4’de) verilmiştir.

Çizelge 2. Gidyanın adsorpsiyon değerleri

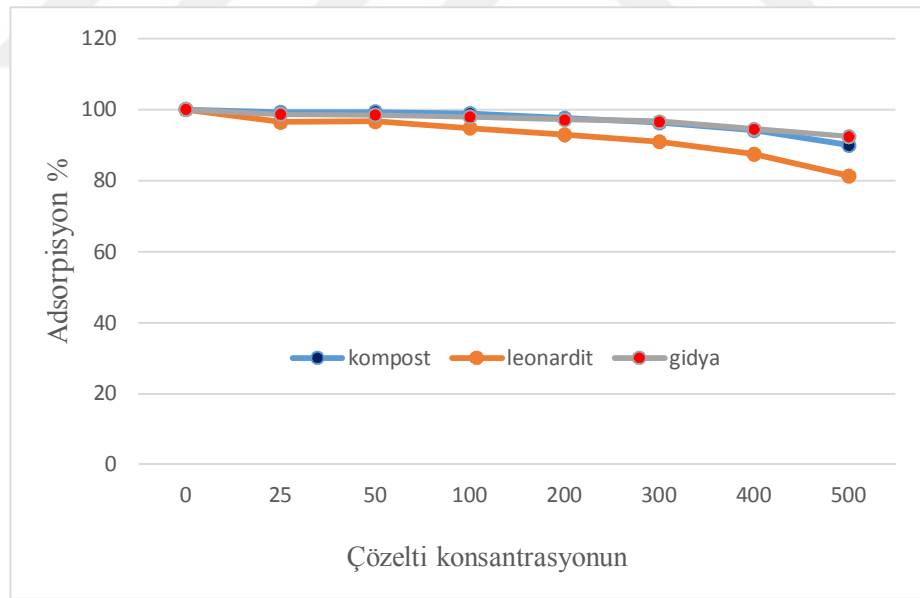
Co (mg L ⁻¹)	Ce (mg L ⁻¹)	qe (mg g ⁻¹)	Ce/qe	%Adsorpsiyon
0	0	0	0	
25	0,18	0,74	0,24	99,28
50	0,33	1,49	0,22	99,34
100	1,13	2,97	0,38	98,87
200	4,87	5,85	0,83	97,57
300	11,22	8,66	1,30	96,26
400	23,48	11,30	2,08	94,13
500	50,21	13,49	3,72	89,96

Çizelge 3. Leonarditin adsorpsiyon değerleri

Co (mg L ⁻¹)	Ce (mg L ⁻¹)	qe (mg g ⁻¹)	Ce/qe	%Adsorpsiyon
0	0	0	0	
25	0,88	0,72	1,22	96,48
50	1,68	1,45	1,16	96,64
100	5,21	2,84	1,83	94,79
200	14,2	5,57	2,55	92,90
300	27,24	8,18	3,33	90,92
400	50,16	10,50	4,78	87,46
500	93,03	12,21	7,62	81,39

Çizelge 4. Kompost adsorpsiyon değerleri

Co (mg L ⁻¹)	Ce (mg L ⁻¹)	qe (mg g ⁻¹)	Ce/qe	%Adsorpsiyon
0	0	0	0	
25	0,35	0,74	0,47	98,60
50	0,78	1,48	0,53	98,44
100	2,04	2,94	0,69	97,96
200	5,63	5,83	0,97	97,19
300	10,02	8,70	1,15	96,66
400	21,92	11,34	1,93	94,52
500	38,12	13,86	2,75	92,38

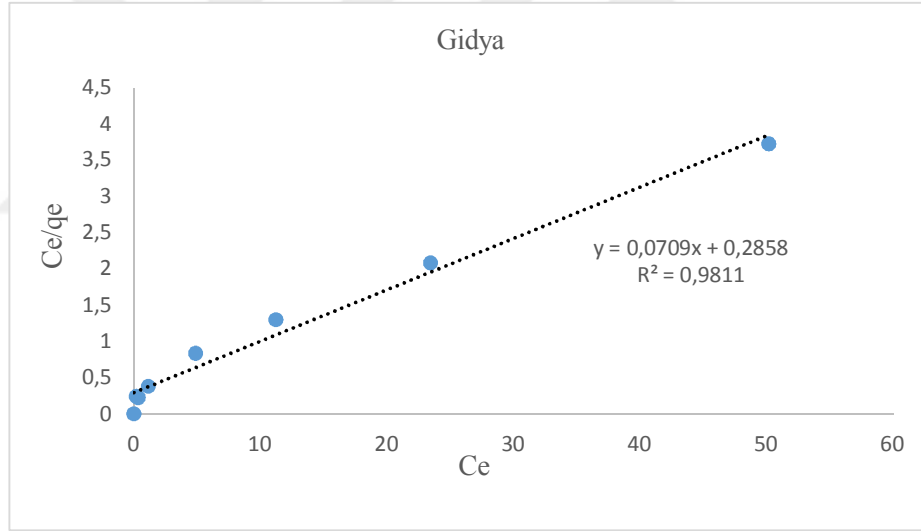


Şekil 5. Çözelti konsantrasyonunun Zn adsorpsiyona etkisi (adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, çalkalama süresi; 4 saat, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6, tanecik boyutu; 0,5 mm).

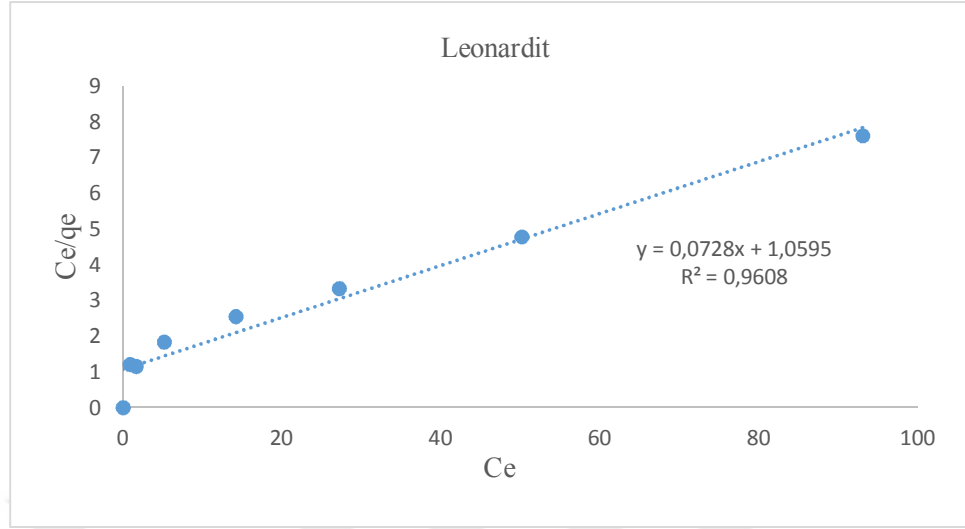
Gıdya, leonardit ve kompostun maksimum adsorpsiyon kapasiteleri 0-500 mg L⁻¹ Zn konsantrasyonlarında incelenmiş ve denge çözeltisi Zn içeriği ve adsorpsiyon (qe) değerleri çizelge 2, 3 ve 4’de verilmiştir. Çizelge 2, 3 ve 4’de görüldüğü gibi düşük çözelti konsantrasyonlarında % Zn adsorpsiyon yüksek iken çözelti konsantrasyonu arttıkça % Zn adsorpsiyonunun azaldığı görülmektedir. Genel olarak 100 mg L⁻¹’den sonra, % adsorpsiyonda azalma daha fazladır. Bu durum adsorbent materyalinin adsorpsiyon kapasitesi ile ilgilidir.

4.3. Langmiur İzotermi

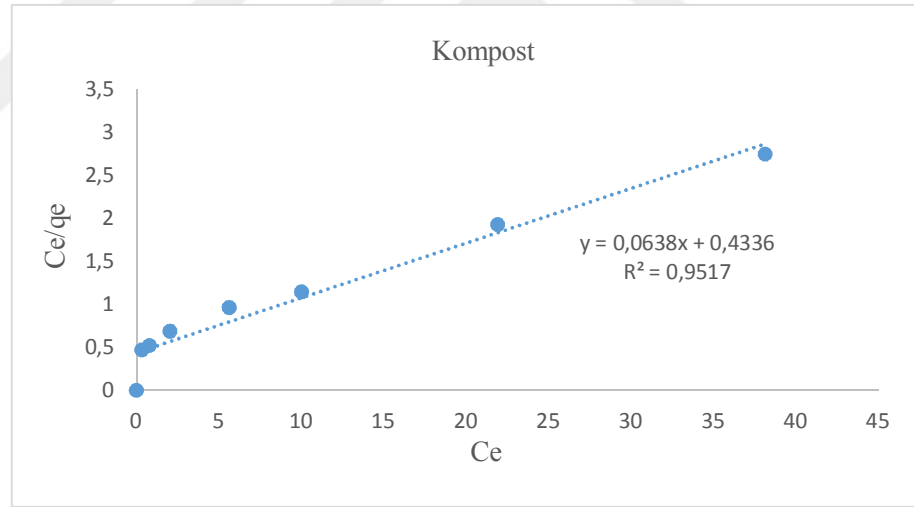
Bu araştırmada, Deneysel verilerin değerlendirilmesinde linear langmuir ($C_e/q_e = 1/k \cdot b + C_e/b$) ve Freundlich ($\log q_e = \log K_f + 1/n \log C_e$) modelleri kullanılmıştır. Deneysel verilerin Langmuir modeline göre uygulanması Şekil 6 ,7 ve 8’de verilmiştir.



Şekil 6. Langmuir izotermi (gıdya) (Adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6; tanecik boyutu; 0.5 mm, çalkalama süresi; 4 saat).



Şekil 7. Langmuir izotermi (leonardit) (Adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6; tanecik boyutu; 0.5 mm, çalkalama süresi; 4 saat).



Şekil 8. Langmuir izotermi (kompost) (Adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6; tanecik boyutu; 0.5 mm, çalkalama süresi; 4 saat).

Şekil 6, 7 ve 8’da görüldüğü gibi elde edilen doğruların R^2 değerleri gıdya için 0.98, leonardit için 0.96, kompost için 0.95 olarak belirlenmiştir. Bu durum elde edilen verilerin uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Grafiklerin eğimleri kullanılarak hesaplanan maksimum sorpsiyon kapasiteleri (q_{max}) gıdya için 14.10 mg g⁻¹, leonardit için

13.74 mg g⁻¹ ve kompost için 15,67 mg g⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Kompost materyalinin maksimum Zn adsorpsiyon kapasitesinin yüksek çıkması; leonardit ve gidyanın uzun yıllar toprak altında kalması ve stabilleşmesine, kompostun ise böyle bir süreçten geçmediği için daha fazla Zn içeren çözeltiyi adsorbe etmesine (emmesine) ve kompostun organik madde içeriğinin diğerlerine göre daha fazla olmasına bağlanabilir. Martinho ve ark. (2015), ağır metallerin sorpsiyonunda kompost özelliklerinin rolü konusunda yaptığı bir çalışmada, arıtma çamurundan elde edilen kompostun maksimum Zn adsorpsiyon kapasitesinin (q_{max}) 13.7 mg g⁻¹ olduğunu rapor etmiştir. Kompost konusunda yapılan diğer bir çalışmada Al-Mashaqbeh ve McLaughlan (2014), Zn adsorpsiyonu üzerine kompostun yaşlandırıcı etkisi konusunda yaptığı çalışmada; kompostun yaşlandırılmasıyla (bekletilmesi) adsorpsiyon kapasitesinin 16 mg g⁻¹'dan 13 mg g⁻¹'a düştüğünü rapor etmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından kompost için elde edilen maksimum adsorpsiyon kapasitelerinin bu çalışmada elde edilen değerler ile örtüştüğü söylenebilir.

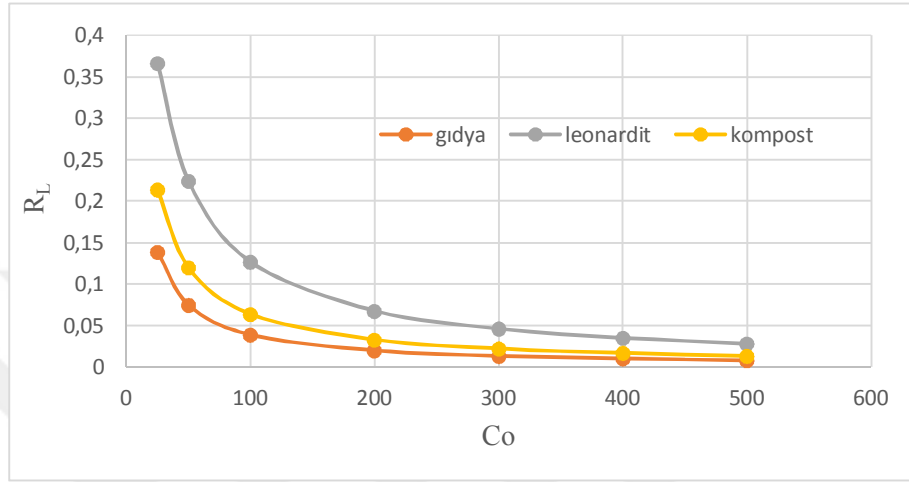
Langmuir izotermi kullanılarak elde edilen doğrunun eğimi kullanılarak maksimum adsorpsiyon kapasitesi değeri hesaplanmıştır. Benzer şekilde grafiğin kesme noktası (intercept) kullanılarak hesaplanan Langmuir k katsayısı (adsorpsiyon afinitesini veya adsorpsiyon enerji katsayısı) gıdya için 0,248 mg L⁻¹, leonardit için 0,069 mg L⁻¹ ve kompost için 0,147 mg L⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Gidyanın Zn afinitesinin yani k katsayısının yüksek çıkması, gidyanın %35 kireç içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kireçli topraklarda alınabilir Zn karbonatlar ile reaksiyona girerek ZnCO₃ ve Zn(OH)₂ gibi çözünürlüğü düşük bileşikler oluştururlar (Mengel ve Kirkby 1982).

Diğer yandan leonardit, gıdya ve kompost materyallerine ait denge parametreleri (separation factor: R_L) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için Langmuir k (sorpsiyon enerji katsayısı) ve başlangıç (C₀) konsantrasyonları kullanılmıştır.

$$R_L = \frac{1}{1 + kC_0} \quad (5)$$

R_L parametresi adsorbent tarafından iyonların tutulmasının bir indikatörü olarak değerlendirilmektedir. R_L değeri için 4 olasılık mevcuttur. Bunlar; (i) tutulma uygun 0 < R_L < 1, (ii) tutulma uygun değil R_L > 1, (iii) linear bir tutulma R_L = 1, (iv), tutulma uygun

değil, $R_L=0$ (Hall ve ark., 1966; Ho ve ark., 2002). R_L değeri doğal zeolit için 0.00-0.28, fiziksel modifiye zeolit için 0.00-0.077, kimyasal modifiye zeolit için 0.00-0.12 arasında ve R_L değeri 0.00-0.28 arasında değişmekte olup $0 < R_L < 1$ çalışılan materyallerin Zn sorpsiyonu için uygun olduğunu bildirmişlerdir (Saltalı ve ark., 2007).



Şekil 9. Gıdya, leonardit ve kompostun R_L değerleri

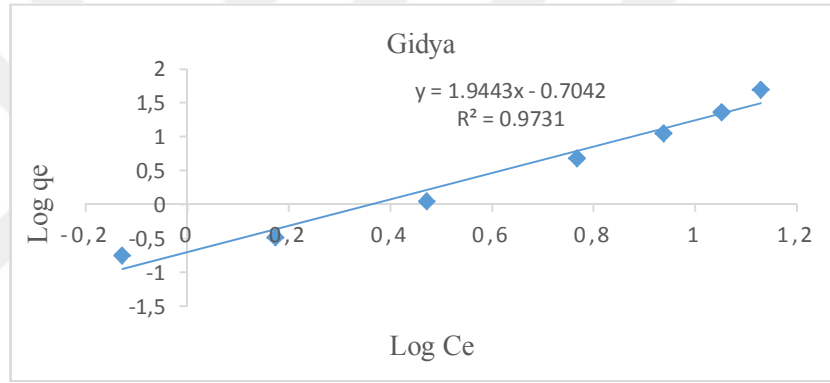
Şekil 9'da görüldüğü gibi R_L değeri gıdya için 0.01-0.14, leonardit için 0.03-0.37 ve kompost için 0.01-0.21 arasında bulunmuş olup $0 < R_L < 1$ aralığındadır. Sonuç olarak, çalışılan materyallerin Zn sorpsiyonu için uygun olduğu söylenebilir.

4.4. Freundlich İzotermi

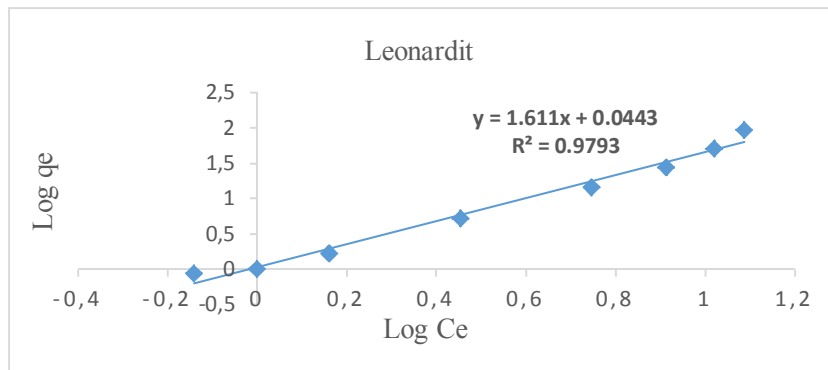
Freundlich izotermine ait deneysel veriler Çizelge 5'de ve verilerden elde edilen grafikler Şekil 10, 11 ve 12'de verilmiştir. Bu çalışmada Freundlich izotermine ait verilerin lineer formu kullanılmıştır. $\log q_e$ değerlerinin $\log C_e$ değerlerine karşı grafiklenmesi ile elde edilen doğrudan K_f ve $1/n$ sabitleri bulunmuştur. Burada K_f (mg g^{-1}); adsorbentin adsorpsiyon kapasitesini, $1/n$ ise adsorpsiyon intensitesi veya yüzey heterojenitesini ifade etmektedir.

Çizelge 5. Gidya, leonardit ve kompostun Log Ce ve Log qe değerleri.

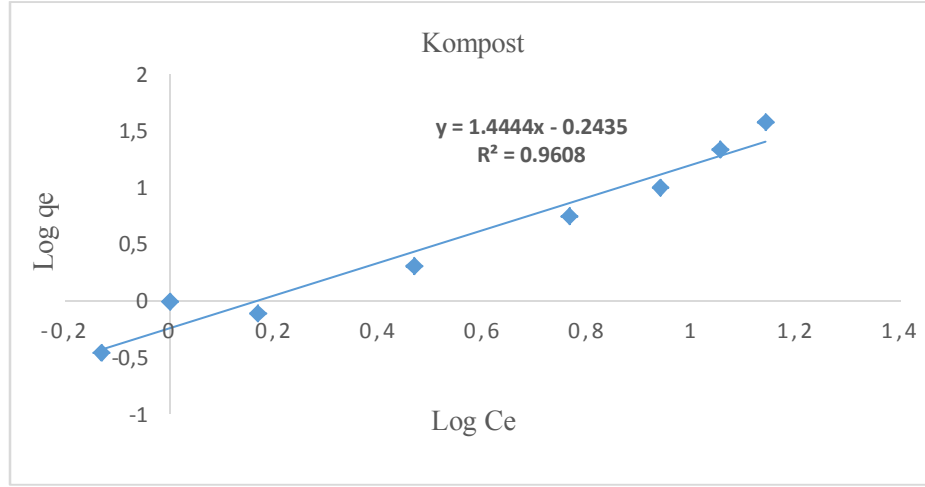
Co	Gidya		Leonardit		Kompost	
	Log Ce (mg L ⁻¹)	Log qe (mg g ⁻¹)	Log Ce (mg L ⁻¹)	Log qe (mg g ⁻¹)	Log Ce (mg L ⁻¹)	Log qe (mg g ⁻¹)
25	-0.7	-0.1	-0.1	-0.1	-0.5	-0.1
50	-0.5	0.2	0.2	0.2	-0.1	0.2
100	0.1	0.5	0.7	0.5	0.3	0.5
200	0.7	0.8	1.2	0.7	0.8	0.8
300	1.0	0.9	1.4	0.9	1.0	0.9
400	1.4	1.1	1.7	1.0	1.3	1.1
500	1.7	1.2	2.0	1.1	1.6	1.2



Şekil 10. Freundlich izotermi (gidya) (Adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6, tanecik boyutu; 0,5 mm, çalkalama süresi; 4 saat)



Şekil 11. Freundlich izotermi (leonardit) (Adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6, tanecik boyutu; 0,5 mm, çalkalama süresi; 4 saat)



Şekil 12. Freundlich izotermi (kompost) (Adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6, tanecik boyutu; 0,5 mm, çalkalama süresi; 4 saat).

Freundlich adsorpsiyon kapasitesinin bir göstergesi olarak değerlendirilen logKf değeri, elde edilen doğrunun y eksenini kesim noktasındaki değer kullanılarak hesaplanmıştır. LogKf değerleri gıdya için 0.198, leonardit için 1.107, kompost için 0.570 bulunmuştur. Freundlich izoterminden bulunan 1/n değerleri sırasıyla gıdya, leonardit ve kompost için; 1.94, 1.61 ve 1.44 olarak hesaplanmıştır. Gıdyanın 1/n (adsorpsiyon intensite veya yüzey heterojenitesi) değerinin leonardit ve komposta göre daha yüksek çıkması, gıdyanın daha heterojen (%35 kireç içermesi) olmasından kaynaklanabilir. Genellikle 1/n değerinin 1'den küçük çıktığı ve bu değer 1'den küçük olması durumunda, materyalinin adsorpsiyon işlemi için uygun olduğunu ileri sürmektedirler (Ho ve ark., 2002; Chiou ve Li, 2002). Ancak, bazan sorbe edici materyalin 1/n değerlerinin bizim araştırmamızda olduğu gibi 1'den büyük çıkabilmektedir. Bu durumun, organik kökenli materyallerin Zn iyonunu hem adsorbe hem de absorbe (Zn içeren sıvı çözeltiyi emmesi) etmesinden kaynaklanabilir. İki farklı kompost ile yapılan bir çalışmada, farklı Zn konsantrasyonunda Zn sorpsiyonu araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, kompostlar için 1'den büyük 1/n değerleri bulunmuştur (Cundari ve ark., 2017).

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Araştırma sonuçlarına göre; materyallerin tanecik boyutu arttıkça % Zn sorpsiyonu azalmaktadır. En yüksek % Zn sorpsiyonu 0.5 mm boyutunda elde edilmiştir. Genel olarak en yüksek % Zn sorpsiyonu pH' 6 da elde edilmiştir. Bu değerden sonra % Zn sorpsiyonu azalmıştır. Sıcaklık artışına (20, 30, 40 ve 50 °C) bağlı olarak % Zn sorpsiyonu artmıştır. Çalkalama süresi % Zn sorpsiyonunu etkilemekte olup en yüksek % sorpsiyon 8 saat çalkalama süresinde elde edilmiştir.

Langmuir izotermine göre gıdya, leonardit ve kompost'un maksimum sorpsiyon kapasitesi (q_{max}) 13.74 - 15.67 mg g⁻¹ (gıdya: $q_{max} = 14,10$ mg g⁻¹, leonardit: $q_{max} = 13,74$ mg g⁻¹, kompost: $q_{max} = 15,67$ mg g⁻¹) arasında bulunmuştur.

Freundlich izotermi parametrelerinden 1/n değeri; gıdya için 1.94, leonardit için 1.61, kompost için 1.44 bulunmuştur. LogKf değerleri gıdya için 0.198, leonardit için 1.107, kompost için 0.570 bulunmuştur. Genellikle literatürlerde 1/n değerinin 1'den küçük çıkmaktadır. Bu çalışmada 1/n değerinin 1'den büyük çıkması organik kökenli materyallerin Zn iyonunu hem adsorbe hem de absorbe (materyalin Zn içeren sıvı çözeltiyi emmesi) etmesinden kaynaklanabilir.

Sonuç olarak, gıdya, leonardit ve kompostun Zn sorpsiyon değerleri Langmuir ve Freundlich izotermine uyum göstermiştir. Bu materyallerin maksimum sorpsiyon kapasitesi (q_{max}) birbirine çok yakındır. Bu veriler dikkate alındığında, 1 kg organik materyalin yaklaşık 15 gr Zn tutabileceği görülmektedir. Organomineral gübre üretiminde ve sürdürülebilir Zn gübrelemesinde bu temel verilerin dikkate alınmasında fayda vardır.

KAYNAKÇA

- Alloway, B.J. 2008. Micronutrients and crop production. In Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production. pp. 1-39, Springer Science Business Media BV.
- Al-Mashaqbeh, O. A., McLaughlan, R. G. 2014. Effect of compost aging on zinc adsorption characteristics. Journal of Env. Chemical Engineering. Vol. 2, Issue 1, 392-397.
- Cundari, L., Isvaringga, N.D, Arinda, Y.M. 2017. Utilization of Household Organic Compost in Zinc Adsorption System. AIP Conference Proceedings, 1903, <https://doi.org/10.1063/1.5011537>.
- Çakmak, I. Ekiz, H. Yılmaz, A. Torun, B. Koleli, N. Gultekin, I. Alkan, A. Eker, S. 1997. Differential response of rye, triticale, bread and durum wheats to zinc deficiency in calcareous soils. Plant and Soil;188:1-10.
- Çakmak, İ., Pfeiffer, W.H., McClafferty, B. 2010a. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry, 87(1): 10-20.
- Çakmak, I. 2008. Enrichment Of Cereal Grains With Zinc: Agronomic Or Genetic Biofortification Plant Soil 302: 1-17.
- Çöteli, M., Usul. M., Dereköy, N. 2008. Elbistan Linyitinden üretilmiş çeşitli humatlar ve organik kökenli 8-6-1-8 gübresinin sera şartlarında mısır bitkisinde kök ve gövde gelişimine etkisi. Selcuk Üniversitesi IV.Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi. Bildiriler Kitabı.928-939. 8-10 Ekim 2008. Konya.
- Erdal, ., 2018. Türkiye’de organomineral gübrelerin kullanıldığı araştırma çalışmaları ve elde edilen sonuçlar. Kitap organomineral gübre çalışmayı bildiriler 1. basım mayıs 2018, İstanbul ISBN: 978-975-7169-89-5
- Eyüpoğlu, F. 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. T.C.Başbakanlık KHGM, Toprak ve Gübre Arş. Ens. Yay. Genel yayın No: 220, Ankara
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. Ve Talaz, S., 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Çinko Bakımından Genel Durumu. I. Ulusal Çinko Kongresi, 99-106, Eskişehir.
- Fan, T.T., Wang, J.Y., Li, B.C., He, Z.J., Gao, J., Zhou, M.D., Friedman, P.S., Sparks, L.D. 2016. Effect of Organic Matter on Sorption of Zn on Soil: Elucidation by Wien Effect Measurements and EXAFS Spectroscopy. Environ. Sci. Technol. 50 (6), 2931-2937
- Freundlich, H.M.F. 1906. Über die adsorption in lösungen. Zeitschrift für Physikalische Chemie (Leipzig), 57A, 385-470.

- Gülçur, F. 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 1970, Yayın No: 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Ho, Y.S., Huang, C.T., Huang, H.W. 2002. Equilibrium sorption isotherm for metal ions on tree fern. *Process Biochemistry*, 37: 1421-1430.
- Hotz, C. Brown, K.H. 2004. (eds) Assessment of the Risk of Zinc Deficiency in Populations and Options for its Control. *Food and Nutrition Bulletin*;25 (Supplement 2):S91-S204.
- Karaca A., Turgay, O.C., Tamer, N. 2006. Effects of a Humicdeposit (gidya) on Soil Chemical and Microbiological Propertie sand Heavy metal Availability. *Biol Fertil Soils*. 42: 585–592.
- Kiekens, L. 1995. Zinc in Heavy Metals. In B.J. Alloway (Ed.). *Soils*. London: Blackie Academic and Professional; 1995.
- Jackson, M.L. 1962. *Soil Chemical Analsis*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA, s. 183.
- Langmuir, I. 1918. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. *J. American Chemical Society*, 40: 1361-1403.
- Lindsay, W.L. 1972. Zinc in soil and plant nutrition. *Advance Agronomy*;24:147-188.
- Marschner, H., Cakmak, I. 1989. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in the leaves of zinc, potassium and manganese deficient bean (*Physeolus vulgaris* L.) plants. *Plant Physiology*;134:308-315.
- Martinho, J., Campos, B., Bras, I., Silva, E. 2015. The Role of Compost Properties in Sorption of Heavy Metals. *Environ. Prot. Eng.*, 41, 2, 57–65.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. 2001. *Principles of Plant Nutrition*.5th Edition. Kluwer Academic Publishers. ISBN: 1-4020-0008-1, Dordrecht, The Netherlands.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. 1982. *Principles of Plant Nutrition*.3th ed. P. 1-655.international Potash Institute. P.O. Box, CH-3048 Worblaufenbern/Switzerland.
- Mesquita, M. E., Carranca, C. 2010 Effect of Dissolved Organic Matter on Copper - Zinc Competitive Adsorption by a Sandy Soil at Different pH Values. *Journal of Environmental Technology*, Vol. 26, (9),1060-1072.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants* (2nd ed.). London: Academic Press.

- Mumbach, G.L., Gatiboni., L.C., Fabiano, D.B., Djalma, E.S., Daniel, D.O., Camila, A. G., Élcio B. B. 2019. Organic, mineral and organomineral fertilizer in the growth of wheat and chemical changes of the soil. Rev. Bras. Cienc. Agrar., Recife, Vol; 14, n.1,5618.
- Olsen, S.R. 1972. Micronutrient Interactions. In J.M Mortved, J.J. Goirdano, and W.L. Lindsay (eds). Micronutrients in Agriculture (pp. 243-264). Soil Science Society of America, Madison, WI; 1972.
- Resmi Gazete, 2018. Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik. Tarih; 23.02.2018, Sayı; 30341.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, USA, Salinity Labrotary, s. 60.
- Saleem, A., Perveen, S., Dost, M., Muhammad, J. K., Mussarat, M., Muhammad, I., Kaleem, I., Wahid, A. 2017. Integrating Effects of Applied Zn with Organic Amendments for Enhanced Maize and Wheat Yields at Two Diverse Calcareous Soils. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 4(2): 179–188.
- Saeed, M., and R.L.Fox. 1977. Relations between suspensiyon pH and zinc solubility in acid and calcareous soils. Soil Sci 124:199-204
- Shukla, U.C., Mittal, S.B. 1979. Characterization of zinc application in some soils of India. Journal of Soil Science Society of America;43:905-908.
- Shukla, U.C., Moris, H.D. 1967. Relative efficiency of several zinc sources for corn. Agronomy Journal;59:200.
- Sillanpaa, M. 1982. Micronutrients And The Nutrient Status Of Soils. A Global Study FAO Soils Bulletin, No: 48, FAO, Rome, Italy.
- Singh, K.B., Williams, P.C., Nakkoul, H. 1986. İnfluence of the Winter Planting on Yield and Some Quality Parameters of Kabuli – Type Chickpeas. Field Crops Res.
- Solmaz, C. P. 2019. Kireçli Bir Toprağa Organomineral Ve Kimyasal Gübre Uygulamasının Alınabilir Fosfor İçeriğine Etkisi. KSÜ Fen Bil Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD Yüksek Lisans Tezi. K.Maraş.
- Süzer, S., Çulhacı, E. 2017. Farklı organomineral ve inorganik kompoze gübrelere kışlık ekmeklik buğday tane verimi ve bazı verim unsurları üzerine etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 5 (2) 87 - 92
- Trehan, S. P., Sekhon, G. S. 1977. Effect of clay, organic matter and CaCO₃ content on zinc adsorption by soils. Plant and Soil, Vol. 46, (2), pp 329–336

Udo, E.J., Bhon, L.H., Tukker, T.C. 1970. Zinc adsorption by calcareous Journal of Soil Science Society of America. Proc;34:405-407.

Usta, S. 1995. Toprak Kimyası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1387, 217 s., Ankara.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı : Muhammed Alhashemi
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 18.09.1991 HALEP
Medeni hali : Bekar
Telefon : 05362532362
e-posta : mohamad-hashimi91@hotmail.com

Yabancı Dil

: Arapça (ana dil).
: İngilizce (iyi).
: Türkçe (C1 Seviyesi)

Eğitim Bilgileri

(2009 - 2014) : Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü, Halep Üniversitesi, Halep, Suriye.
GPA : 82.45% çok iyi.
(2016 - 2020) : Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Yüksek
Lisansı, Kahramanmaraş Sütçü İmam
Üniversitesi, Türkiye.

Kurs ve Sertifikası

(2013 - 2014) : Gelişim Sertifikası / Suriye Vakfi kalkınma
için.
Attendance Sertifika / edexcel (ilerleyen
learning, değişen hayatlar).
(2015 - 2016) : TÖMER Sertifikası / kahramanmaraş Sütçü
İmam Üniversitesi, C1 seviyesi.