



Determination of Zinc Sorption Properties of Gytija, Leonardite and Compost[#]

Kadir Saltalı^{1,a,*}, Muhammed Alhashemi^{1,b}

¹Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Kahramanmaraş, Türkiye
*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>This study was presented at the 6th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Kütahya, TARGID 2022)</i></p> <p>Research Article</p> <p>Received : 04.11.2022 Accepted : 10.12.2022</p> <p>Keywords: Gytija Leonardite Compost Zinc Sorption</p>	<p>Leonardite and compost are used as soil conditioner 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 (OMG) fertilizers. Zinc (Zn) is one of the micronutrients that plants need. Available Zn deficiency is observed in approximately 49% of Turkish soils. The aim of this study was to determine the Zn adsorption properties of gytija, leonardite and compost used in OMG 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 isotherm under optimum conditions. According to Langmuir isotherm, the maximum sorption capacity (q_{max}) was found to be 14.10 mgg^{-1} for gytija, 13.74 mgg^{-1} for leonardite and 15.67 mgg^{-1} for compost. In conclusion, Zn sorption values of gytija, leonardite and compost were consistent with Langmuir and Freunlich 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 sorbed about 15 g Zn. It is useful to take these basic data into account in OMG fertilizer production and sustainable Zn fertilization.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(sp1): 2751-2757, 2022

Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Çinko Sorpsiyon Özelliklerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 04.11.2022 Kabul : 10.12.2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Gıdya Leonardit Compost Çinko Sorpsiyon</p>	<p>Leonardit ve kompost toprak düzenleyicisi olarak kullanılan materyallerdir. Gıdya ise Afşin-Elbistan Termik Santral havzasında rezervi yaklaşık 4.8 milyar ton olan %30-40 kireç ve % 40-50 organik madde içeren bir materyaldir. Bu materyaller organomineral (OMG) 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, OMG gübre yapımında kullanılan gıdya, leonardit ve kompostun Zn sorpsiyon özelliklerini belirlemektir. Çalışma laboratuvar koşullarında yürütüldü. Optimum sorpsiyon koşullarını belirlemek için sorpsiyonu etkileyen faktörlerden pH, tanecik iriliği, sıcaklık, çalkalama süresi ve çözelti konsantrasyonunun etkisi belirlenmiştir. Daha sonra optimum koşullarda linear Langmuir izotermi kullanılarak sorpsiyon özellikleri saptanmıştır. Langmuir izotermine göre maksimum sorpsiyon kapasitesi (q_{max}) gıdya için 14,10 mgg^{-1}, leonardit için 13,74 mgg^{-1} ve kompost için 15,67 mgg^{-1} bulunmuştur. Sonuç olarak, gıdya, leonardit ve kompostun Zn sorpsiyon değerleri Langmuir ve Freunlich izotermine uyum göstermiştir. Bu materyallerin maksimum sorpsiyon kapasiteleri (q_{max}) birbirine çok yakındır. Bu veriler dikkate alındığında, 1 kg organik materyalin yaklaşık 15 gr Zn tutabileceği görülmektedir. OMG üretiminde ve sürdürülebilir Zn gübrelemesinde bu temel verilerin dikkate alınmasında fayda vardır.</p>

^a kadirsaltali@hotmail.com | ^{id} <https://orcid.org/0000-0001-5301-1350> | ^b mohamad-hashimi91@hotmail.com | ^{id} <https://orcid.org/0000-0002-5274-2191>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

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. Bu nedenle, toprakların yarayışlı Zn içeriklerinin artırılması ülkemiz için önemlidir.

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.

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'ün 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 yarayışlı Zn içerikleri arasında olumlu yönde önemli ilişkiler saptanmış olup, toprakların organik madde içeriği arttıkça yarayışlı 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 yarayışlılığı azalmaktadır. Yüksek fosfor düzeylerinde Zn-fosfatlar oluşarak çökelmekte ve Zn bitkilere yarayışsız hale geçmektedir. Yoğun fosforlu gübre uygulanan alanlarda bu durum çinkonun alımını engellemektedir (Marschner, 1995).

Topraklara gübre formunda uygulanan besin maddeleri ile organik materyaller tekniğine uygun olarak karıştırıldığında kimyasal gübrelerle göre organomineral

gübrelerin (OMG) daha etkili olduğu bildirilmektedir (Erdal, 2018). Bu nedenle, Türkiye'de son yıllarda OMG üretimi yaygınlaşmaktadır. OMG; kimyasal gübreler ile organik materyallerin (kompost, leonardit ve gıda) karışımıyla elde edilmektedir. Erdal (2018), OMG gübrelerde kullanılan organik kökenli materyallerin bitki besin maddelerinin bir kısmını sorbe ederek besin maddelerinin topraklarda kimyasal reaksiyonlar ile alınmaz konuma dönüşmesini ve yıkanma kayıplarını azalttığını bildirmiştir.

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

Bu çalışmanın amacı, toprak düzenleyicisi ve OMG üretiminde kullanılan leonardit, kompost ve gidyanın Zn sorpsiyon özelliklerini belirlemektir. Organik materyallerin sorpsiyon özelliklerinin belirlenmesi sorbe 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.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada gıda, leonardit ve kompost deneme materyali olarak kullanılmıştır. Gıda, leonardit Afşin-Elbistan Termik Santrali havzasından, kompost ise piyasadan satın alınmıştır. Deneme materyali olarak kullanılan gıda, leonardit ve kompost'un bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

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

Table 1. Chemical analysis results of gıda, leonardite and compost

Organik Materyal	pH	OM (%)	Kireç (%)	EC dS/m
Gıda	7,58	41	35	0,89
Leonardit	6,52	46	10	1,9
Kompost	8,91	59	5	3,8

Denemede kullanılan materyaller pH açısından değerlendirildiğinde; kompost hafif asit, gıda hafif alkalın, compost ise kuvvetli alkalın özelliindedir. Araştırmada kullanılan materyallerden gidyanın kireç içeriği en fazla, kompostun ise en düşüktür. Yine tuzluluğun bir yansıması olan EC değerleri açısından incelendiğinde kompostun en fazla EC değerine sahip materyal olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Metot**Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Çinko (Zn) Sorpsiyon Özelliklerinin Belirlenmesi**

Gıdya, leonardit ve kompost'un maksimum Zn sorpsiyon kapasitesini belirleyebilmek ve optimum sorpsiyon koşullarını saptamak için bir dizi ön çalışma yapılmıştır. Optimum sorpsiyon koşulları için tanecik boyutu (0.5 mm, 1 mm, 2 mm), sorbent miktarı (1 gL⁻¹), çözelti 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) sorpsiyonu üzerine etkileri araştırılmış ve sorpsiyon izotermi için optimum koşullar belirlenmiştir. Örneklerde herhangi bir bulaşma olmaması için kullanılan cam malzemeler önce % 3'lük hidroklorik asitte (HCl) bekletilmiş, sonra yıkanmış ve saf sudan geçirilmiştir. Araştırma çözeltilerinin hazırlanmasında analitik saflıkta çinko klorür (ZnCl₂) ve saf su kullanılmıştır. Çinko sorpsiyonu için optimum koşullar belirlenirken çözelti Zn konsantrasyonu 100 mgL⁻¹ alınmıştır (Ho ve ark., 2002; Saltalı ve ark., 2007).

Gıdya, leonardit ve kompost tarafından çinko (Zn) sorpsiyonunu etkileyen optimum sorpsiyon koşulları çalkalama tipi çalışmalarla belirlenmiştir. Sorpsiyon için optimum koşullar belirlendikten sonra, aynı yöntemle adsorpsiyon izotermi 0-500 Zn mgL⁻¹ konsantrasyon aralığında belirlendi. Hem optimum koşullar hem de izoterm için polietilen şişelere yerleştirilmiş çinko (Zn) çözeltisi ve sorbentler çalkalayıcıda 150 rpm'de 4 saat süresince çalkalandı, çözelti Whatman filtre (No.42) kağıdı ile süzülde. Sorbe edilen çinko (Zn) miktarı başlangıç ve denge konsantrasyonları arasındaki farktan aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

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

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

Burada, q_e; gıdya, leonardit ve kompost tarafından sorbe edilen Zn miktarını (mgg⁻¹), C_o; çözelti başlangıç Zn konsantrasyonunu (mgkg⁻¹) ve C_e; denge Zn konsantrasyonunu (mgkg⁻¹), V; çözelti hacmini (L) ve m; denemede kullanılan gıdya, leonardit ve kompostun ağırlıklarını (g) ifade etmektedir (Ho ve ark., 2002; Saltalı ve ark., 2007).

Denemede kullanılan gıdya, leonardit ve kompost'un Zn sorpsiyon kapasiteleri (özellikleri) ve sorpsiyonla ilgili katsayıları linear Langmuir izotermi kullanılarak belirlenmiştir. Langmuir modelinin yaygın olarak kullanılan linear formu (Langmuir, 1918) aşağıdaki verilmiştir.

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

Burada, C_e; denge konsantrasyonu (mg/L), q_e; gıdya, leonardit ve kompost tarafından tutulan Zn miktarını (mgg⁻¹), b=q_{max}; maksimum sorpsiyon kapasitesini (mgg⁻¹) ve k sorpsiyon enerji katsayısını (Lmg⁻¹) ifade etmektedir. Adsorpsiyon denemeleri sırasında çözeltiye geçen Zn konsantrasyonları AAS cihazında (Perkin Elmer 3110) belirlenmiştir.

Gıdya, Leonardit ve Kompostun Analiz Metotları

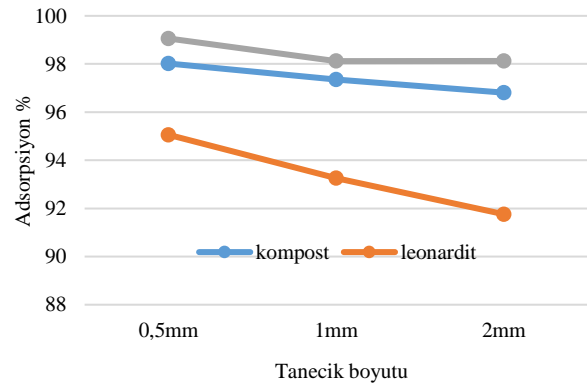
Toprak reaksiyonu (pH) ve elektrikliksel iletkenlik (EC); gölgede kurutulmuş ve 2 mm elekten geçirilmiş 10 g organik materyal 100 ml kapasiteli erlenmayer içerisine konularak üzerine 100 ml saf su eklenmiştir. Süspansiyon 1 saat aralıkla 3 defa karıştırılmış ve daha sonra süspansiyonda pH ve EC ölçümleri yapılmıştır (Jackson, 1958; Richards, 1954). Organik madde; Jackson (1958) tarafından bildirildiği şekilde modifiye Walkley-Black yöntemine göre, toprakların kireç içerikleri ise Allison ve Moodie (1965) tarafından önerilen yöntemle göre Scheibler kalsimetresinde belirlenmiştir.

Bulgular Ve Tartışma

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

Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Zn Sorpsiyonu için Optimum Koşulların Belirlenmesi**Gıdya, Leonardit ve Kompost Materyallerinin Çinko Sorpsiyonuna Tanecik Boyutunun Etkisi**

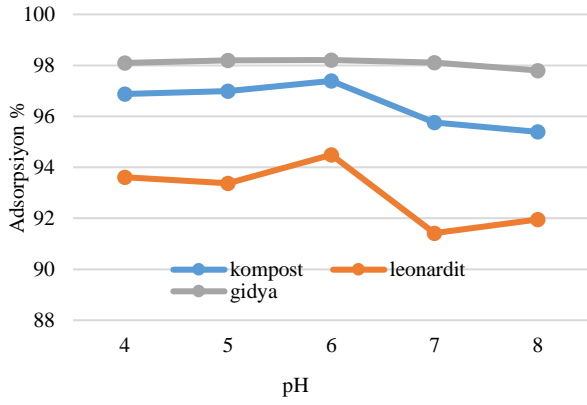
Gıdya, leonardit ve kompostun optimum Zn sorpsiyon kapasitesini bulmak için ilk olarak tanecik boyutunun etkisi incelenmektedir. Araştırmada gıdya, leonardit ve kompostun 0,5 mm, 1 mm ve 2 mm tanecik boyutları ile yapılan araştırmada tanecik boyutunun % sorpsiyona olan etkisi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Tanecik boyutunun Zn sorpsiyonuna etkisi (C₀; 100 mgL⁻¹, çalkalama süresi; 4 saat, adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; çözelti pH'sı)

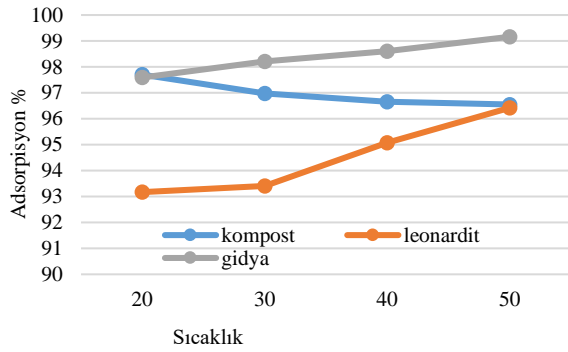
Figure 1. Effect of particle size on Zn sorption (C₀; 100 mgL⁻¹, shaking time; 4 hours, amount of adsorbent; 1 g/30 ml, temperature; 21±2 °C, pH; solution pH)

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



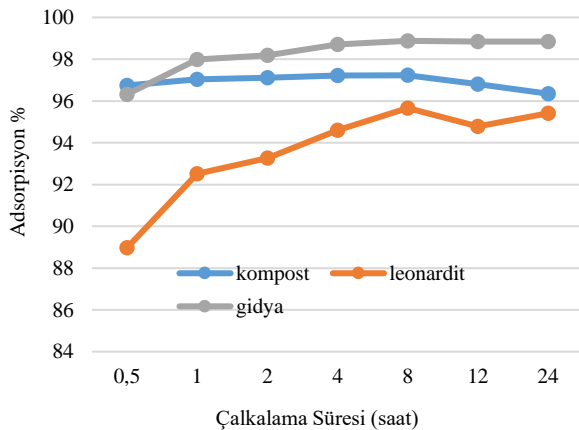
Şekil 2. pH'nin Zn sorpsiyonuna etkisi (C_0 ; 100 mgL⁻¹, çalkalama süresi; 4 saat, adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, tanecik boyutu; 0,5 mm)

Figure 2. The effect of pH on Zn sorption (C_0 ; 100 mgL⁻¹, shaking time; 4 hours, amount of adsorbent; 1g/30ml, heat; 21±2 °C, particle size; 0.5mm)



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

Figure 3. Effect of temperature on Zn sorption (C_0 ; 100 mgL⁻¹, shaking time; 4 hours, amount of adsorbent; 1 g/30 ml, pH; 6, particle size; 0.5 mm).



Şekil 4. Çalkalama süresinin Zn adsorpsiyona etkisi (C_0 ; 100 mgL⁻¹, adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6, tanecik boyutu; 0,5 mm)

Figure 4. Effect of shaking time on Zn adsorption (C_0 ; 100 mgL⁻¹, amount of adsorbent; 1 g/30 ml, temperature; 21±2 °C, pH; 6, particle size; 0.5 mm)

Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Çinko Sorpsiyonuna pH'nın Etkisi

Bu çalışmada gıdya, leonardit ve kompostun % Zn sorpsiyonu farklı pH koşullarında belirlenmiştir. Gıdya, leonardit ve kompostun Zn sorpsiyonuna pH'nın etkisi Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi pH (4 – 6) arasında % Zn sorpsiyonu artmıştır. Ancak pH 6'dan sonra % Zn sorpsiyonu azalmaktadır. Bu durum, yüksek çözelti pH'sı koşullarında Zn'nun hidroksit formlarında çökmesi ve ortamda bulunan CaCO₃ ile reaksiyona girerek çökmesine bağlanabilir. Araştırma sonuçlarına göre, en yüksek % Zn sorpsiyonu çözelti pH değeri 6'da olduğu için bundan sonra yapılan çalışmalar çözelti pH'sı 6'da yürütülmüştür.

Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Zn Sorpsiyonuna Sıcaklığın Etkisi

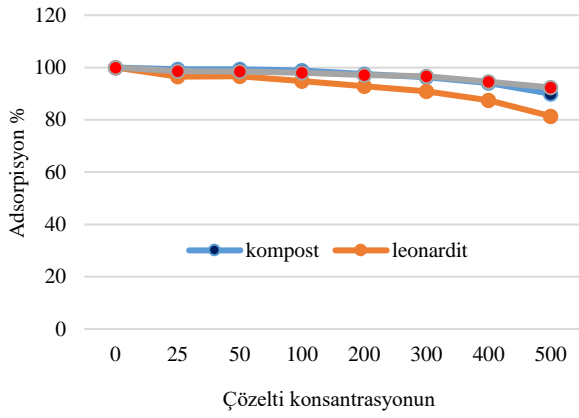
Gıdya, leonardite ve kompostun farklı sıcaklıklarda (20, 30, 40 ve 50 °C) Zn sorpsiyonu üzerindeki etkisi Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça gidyanın ve leonardit % Zn sorpsiyonu artmakta, ancak kompostun % Zn sorpsiyonu azalmaktadır. Bu durum diğer materyallere göre daha sert olan leonardit ve gidyanın çözelti içerisinde sıcaklık artışına bağlı olarak genişlemesine bağlanabilir. Araştırmada en yüksek % Zn sorpsiyonu 50 °C'de elde edilmiştir. Ancak, uygulama açısından çözelti sıcaklığının artırılması ilave maliyetler getireceği için daha sonraki aşamalarda sorpsiyon çalışması laboratuvar sıcaklığında (21±2°C) yapılmıştır.

Gıdya, Leonardit ve Kompost'un Zn Sorpsiyonuna Çalkalama (Denge) Süresinin Etkisi

Adsorbent ve adsorbe olan iyonlar arasında sorpsiyonu etkileyen faktörlerden birisi de çalkalama süresidir. Gıdya, leonardit ve kompost materyalinin Zn sorpsiyonu üzerine çalkalama süresinin etkisi Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4'de görüldüğü gibi gıdya, leonardit ve kompostun Zn sorpsiyonu 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. Gıdya için çalkalama süresi 8 ve 24 saatte Zn sorpsiyonunda önemli bir fark yoktur. Uygulama açısından bakıldığında, 4 saat çalkalama süresinde Zn sorpsiyonunun 8 saatlik çalkalama süresindeki Zn sorpsiyonuna çok yakın olduğu için bundan sonraki çalışmalarda 4 saatlik çalkalama (denge) süresi kullanılmıştır.

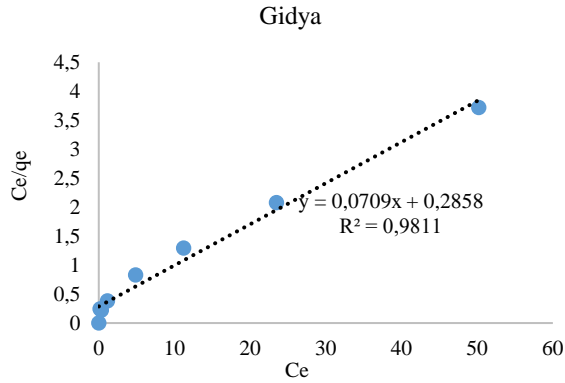
Adsorpsiyon İzotermi

Gıdya, leonardit ve kompost tarafından çinko (Zn) iyonlarının sorpsiyon özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Langmuir modeli deneysel verileri yorumlamak için yaygın başvurulan modellerdir. Langmuir izotermi ile sorpsiyonda kullanılan materyalin maksimum sorpsiyon kapasitesi belirlenebilmektedir (Ho ve ark. 2002). Gıdya, leonardit ve kompostun maksimum sorpsiyon kapasiteleri 0-500 mgL⁻¹ Zn konsantrasyonlarında incelenmiş ve denge çözeltisi Zn içeriği (Ce) ve sorpsiyon (qe) değerleri bulunmuştur. Düşük çözelti konsantrasyonlarında % Zn sorpsiyon yüksek iken çözelti konsantrasyonu arttıkça % Zn sorpsiyonu azalmaktadır. Genel olarak 100 mg L⁻¹'den sonra, % sorpsiyonda azalma daha fazladır. Bu durum sorbent materyalinin sorpsiyon kapasitesi ile ilgilidir.



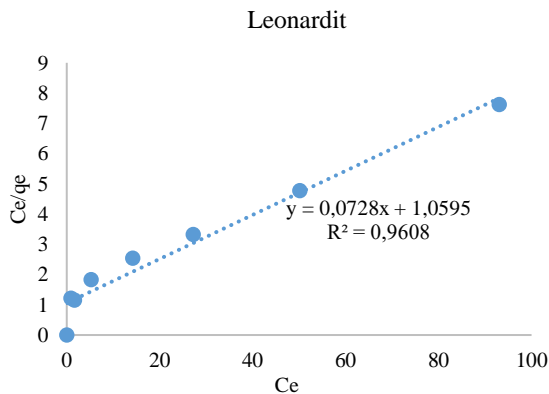
Şekil 5. Çözelti konsantrasyonun Zn sorpsiyona etkisi (adsorbent miktarı; 1 g/30 ml, çalkalama süresi; 4 saat, sıcaklık; 21±2 °C, pH; 6, tanecik boyutu; 0,5 mm.

Figure 5. Effect of solution concentration on Zn sorption (adsorbent amount; 1 g/30 ml, shaking time; 4 hours, temperature; 21±2 °C, pH; 6, particle size; 0.5mm.



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

Figure 6. Langmuir isotherm (gyttja) (Amount of adsorbent; 1 g/30 ml, temperature; 21±2 °C, pH; 6; particle size; 0.5 mm, shaking time; 4 hours).



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

Figure 7. Langmuir isotherm (leonardite) (Adsorbent amount; 1 g/30 ml, temperature; 21±2 °C, pH; 6; particle size; 0.5 mm, shaking time; 4 hours).

Langmuir İzoterme

Bu çalışmada, Deneysel verilerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan linear langmuir ($C_e/q_e = 1/k \cdot b + C_e/b$) ve modeli kullanılmıştır (Langmuir, 1918). Deneysel verilerin Langmuir modeline göre uygulanması Şekil 6, 7 ve 8'de verilmiştir.

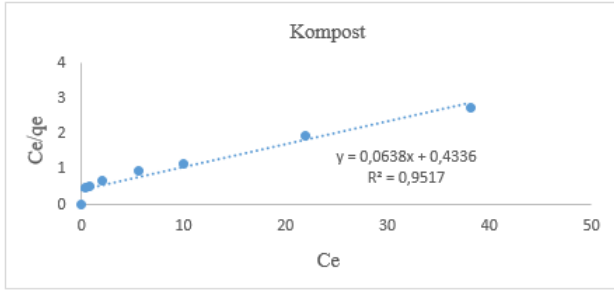
Şekil 6, 7 ve 8'da görüldüğü gibi elde edilen doğruların R^2 değerleri gidya için 0,98, leonardit için 0,96, kompost için 0,95 olarak belirlenmiştir. Bu durum elde edilen verilerin uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Grafiklerin eğimleri kullanılarak hesaplanan maksimum sorpsiyon kapasiteleri (q_{max}) gidya 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) sorpsiyon kapasitesinin 16 $mg\ g^{-1}$ 'dan 13 $mg\ g^{-1}$ 'a düştüğünü rapor etmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından kompost için elde edilen maksimum sorpsiyon kapasitelerinin bu çalışmada elde edilen değerler ile örtüştüğü söylenebilir.

Langmuir izoterme göre elde edilen grafiğin kesme noktası (intercept) kullanılarak hesaplanan Langmuir k katsayısı (sorpsiyon afinitesini veya sorpsiyon enerji katsayısı) gidya 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 $ZnCO_3$ ve $Zn(OH)_2$ gibi çözünürlüğü düşük bileşikler oluştururlar (Mengel ve Kirkby 1982).

Diğer yandan leonardit, gidya ve kompost materyallerine ait denge parametreleri (separation factor: R_L) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için Langmuir k (sorpsiyon enerji katsayısı) ve başlangıç (C_0) konsantrasyonları kullanılmıştır.

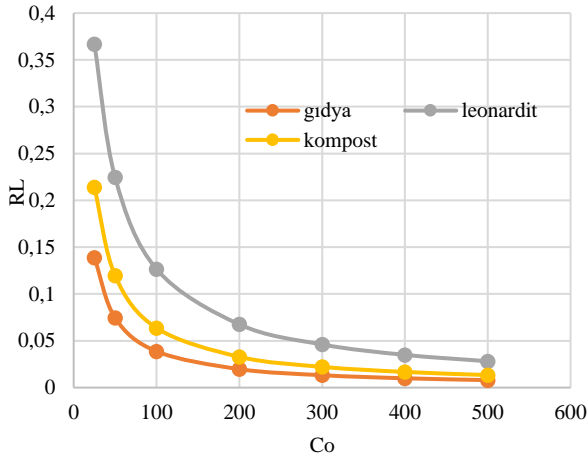
$$R_L = \frac{1}{1 + kC_0} \quad (4)$$

R_L parametresi adsorbent tarafından iyonların tutulmasının bir göstergesi 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, $R_L = 0$ (Ho ve ark., 2002).



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).

Figure 8. Langmuir isotherm (compost) (Adsorbent amount; 1 g/30 ml, temperature; 21 ± 2 °C, pH; 6; particle size; 0.5 mm, shaking time; 4 hours).



Şekil 9. Gıdyta, leonardit ve kompostun R_L değerleri
Figure 9. R_L values of gıdyta, leonardite and kompost

Şekil 9'da görüldüğü gibi R_L değeri gıdyta için 0,01-0,14, leonardit için 0,03-0,37 ve kompost için 0,01-0,21 arasında bulunmuş olup R_L değeri 0'dan büyük, 1'den küçüktür. Bu durum, çalışılan materyallerin Zn sorpsiyonu için uygun olduğunu göstermektedir.

Sonuçlar ve Öneriler

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 gıdyta, leonardit ve kompost'un maksimum sorpsiyon kapasitesi (q_{max}) 13,74 – 15,67 mgg^{-1} (gıdyta: $q_{max} = 14,10$ mgg^{-1} , leonardit: $q_{max} = 13,74$ mgg^{-1} , kompost: $q_{max} = 15,67$ mgg^{-1}) arasında bulunmuştur.

Sonuç olarak, gıdyta, leonardit ve kompostun Zn sorpsiyon değerleri Langmuir 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.

Teşekkür

Bu makale KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD hazırlanan Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır. Bu çalışma 7-9.09.2022 tarihleri arasında Kütahya'da yapılan VI. Uluslararası Anadolu Tarım, Gıda, Çevre ve Biyoloji Kongresinde sözlü olarak sunulmuştur. Kongre katılımını destekleyen KSÜ BAP birimine teşekkür ederiz (Proje No:2022/5-15 UKSP).

Kaynaklar

- Allison LE, Moodie CD. 1965. Carbonate. (ed: C.A. Black), Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy Series. No. 9, ASA. 1379-1396, Wisconsin. ISBN:10.0-89118-825-8
- Al-Mashaqbeh OA, McLaughlan, RG. 2014. Effect of compost aging on zinc adsorption characteristics. Journal of Environmental Chemical Engineering, Volume 2, Issue 1, 392-397. DOI: 10.1016/j.jece.2014.01.011
- Çakmak I, Pfeiffer WH, McClafferty B. 2010a. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry, 87(1): 10-20. doi.org/10.1094/CCHEM-87-1-0010
- Çakmak I. 2008. Enrichment of Cereal Grains With Zinc: Agronomic or Genetic Biofortification. Plant Soil, 302: 1-17. doi:10.1007/s11104-007-9466-3
- 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. doi.org/10.1023/A:1004247911381
- Erdal İ. 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, Kurucu N, Talaz S. 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Çinko Bakımından Genel Durumu. I. Ulusal Çinko Kongresi, Eskişehir, Türkiye, 12-16 May, pp.99-106.
- Eyüpoğlu F. 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. T.C.Başbakanlık KHGM, Toprak ve Gübre Arş. Ens. Yay. Genel yayın No: 220, Ankara. ISBN:9751921473
- Ho YS, Huang CT, Huang HW. 2002. Equilibrium sorption isotherm for metal ions on tree fern. Process Biochemistry, 37:1421-1430. doi:10.1016/S0032-9592(02)
- Hotz C, Brown KH. 2004. (eds) Assessment of the Risk of Zinc Deficiency in Populations and Options for its Control. Food and Nutrition Bulletin;25 (Supplement 2):91-294. http://orcid.org/0000-0002-9506-348X
- Jackson M.L. 1958. Soil Chemical Analysis, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA, s. 183. https://doi.org/10.1002/jpln.19590850311
- Langmuir I. 1918. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. J. American Chemical Society, 40: 1361-1403. https://doi.org/10.1021/ja02242a004
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants (2nd ed.). London: Academic Press. https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0155
- 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. doi: 10.5277/epel50205
- Mengel K, Kirkby E.A. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3rd ed. P. 1-655. International Potash Institute. P.O. Box, CH-3048 Worblaufen/Switzerland. ISBN 13: 9781402000089

- Richards L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, USA, Salinity Labrotary, s. 60. <https://doi.org/10.2136/sssaj1954.03615995001800030032x>.
- Saltali K, Sari A, Aydin M. Removal of ammonium ion from aqueous solution by natural Turkish (Yildizeli) zeolite for environmental quality. J Hazard Mater. 2007 Mar 6;141(1):258-63. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.06.124.
- Sillanpaa M. 1982. Micronutrients and The Nutrient Status of Soils. A Global Study FAO Soils Bulletin, No: 48, FAO, Rome, Italy. ISBN 92-5-101193-1
- Udo EJ, Bhon LH, Tukker TC. 1970. Zinc adsorption by calcareous Journal of Soil Science Society of America. Proc, 34:405- 407. <https://doi.org/10.2136/sssaj1970.03615995003400030018x>
- Usta S. 1995. Toprak Kimyası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1387, 217 s., Ankara.