

The Effect of some Characteristics of Soils Surrounding the Lake of Al-Sin (Baniyas) on the Adsorption of Phosphate Ion

Dr. Muhammad GHAFAR *
Dr. Maher DAIS **

(Received 10 / 6 / 2024. Accepted 22 / 7 /2024)

□ ABSTRACT □

Phosphate ion adsorption is directly affected by the chemical properties of the soil, which exert an influence on the behavior of the phosphate ion and its association with soil components. Studying the characteristics of the soil in the study areas, showed that these soils have moderate acidity and tend to be slightly alkaline, and have a high content of calcium carbonate and organic matter. According to the classification results, these soils were found to consist of clay soils in a high percentage, and loam clay soils and loam soils in a lower percentage.

The study of the adsorption properties of the soils, showed that the maximum adsorption capacity (q_{max}) of phosphate ion in these soils falls within the range $(239-621) \times 10^3$ mg/Kg. According to the studied sites, the values of the maximum adsorption capacity were in the following order: Jiboul > Al-Rahbiyya > Beit Al-Aluni > Al-Qutaylabiya > Bastawir > Qarfis > Beit Ana > Oasis Spring. The adsorption equilibrium data for phosphate ion is better represented by Freundlich isotherm, with values of correlation coefficients r^2 (0.87-0.99).

Statistical study showed that the maximum adsorption capacity variable (q_{max}), as an indicator of the maximum adsorption of phosphate ions, is associated with the following variables: pH, and calcium carbonate $CaCO_3$ according to the following values of correlation coefficients, respectively (0.952, 0.927).

Keywords: The maximum adsorption capacity, adsorption, Freundlich model, phosphorous ion.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Associate Professor - Department of Environmental Chemistry - Higher Institute for Environmental Research - Tishreen University – Lattakia- Syria.

** Research Manager - Agriculture Scientific Research Centre Al-Hennadi – Lattakia - Syria. maherdais@gmail.com

تأثير بعض خصائص الترب المحيطة ببحيرة السن (بانياس) على امتزاز أيون الفوسفات

د. محمد غفر*

د. ماهر دعيس**

(تاريخ الإيداع 10 / 6 / 2024. قُبِلَ للنشر في 22 / 7 / 2024)

□ ملخص □

يتأثر امتزاز أيون الفوسفات بشكل مباشر بالخصائص الكيميائية للتربة مما يؤثر على سلوك أيون الفوسفات وارتباطه بمكونات التربة. وقد أظهرت دراسة خصائص التربة في منطقة الدراسة أن هذه التربة ذات حموضة معتدلة تميل إلى القلوية قليلاً، وتحتوي على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم والمواد العضوية. كما تبين وفقاً لنتائج التصنيف أن هذه الترب تتكون من ترب طينية بنسبة عالية، وترب طينية لومية وترب لومية بنسبة أقل. أظهرت دراسة الخصائص الامتزازية للترب في منطقة الدراسة أن السعة الامتزازية العظمى (qmax) لأيون الفوسفات في هذه الترب تقع ضمن المجال (239-621 mg/kg). وبحسب المواقع المدروسة كانت قيم السعة الامتزازية العظمى وفق الترتيب التالي: جيبول < الراهبية < بيت العلوني < القطيلبية < بسطوير < قرفيص < بيت عانا < نبع الواحة. وقد أظهرت دراسة إيزوثيرمات الامتزاز ملاءمة جيدة لنموذج فروندليتش وفقاً لقيم معامل الارتباط (0.87-0.99). بينت نتائج الدراسة الإحصائية أن السعة الامتزازية العظمى (qmax)، كمؤشر على الامتزاز الأعظمي لأيون الفوسفات، يرتبط مع المتغيرات الآتية: الأس الهيدروجيني pH، وكربونات الكالسيوم CaCO₃ وفقاً للقيم الآتية على الترتيب (0.927، 0.952).

الكلمات المفتاحية: السعة الامتزازية العظمى، الامتزاز، إيزوثيرم فروندليتش، أيون الفوسفات.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

* أستاذ مساعد - قسم الكيمياء البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية- سورية.
** مدير بحوث - مركز البحوث العلمية الزراعية في الهنادي - اللاذقية- سورية. maherdais@gmail.com

مقدمة:

تعد دراسة امتزاز الفوسفات من الدراسات الهامة لمعرفة سلوك أيون الفوسفات ضمن عمود التربة. تبيّن الدراسات للعديد من الباحثين أن التفاعلات التي يخضع لها الفوسفات بعد إضافته للتربة، تؤثر على قدرة التربة على الربط والاحتفاظ بالفوسفات من جهة، وعلى إمكانية تحريره ثانية من جهة أخرى، ويكون في هذه الحالة أكثر عرضة للانغسال. إن عملية تحرير الفوسفات من التربة تزداد كلما زاد تراكم الفوسفات الممتز فيها (Vanden, et al., 2016; Alessandra, et al., 2020).

بالنتيجة، فإن تفاعلات الامتزاز تحكم مصير أيون الفوسفات المضاف إلى التربة، وقوة تثبيته Fixation في هذه التربة، مما دعا للاستنتاج بأن تفاعلات الامتزاز، تقدم تمثيلاً جيداً عن خصائص التربة عند دراسة مصير وأشكال الفوسفات المفقودة من التربة (Jie, et al., 2021).

ومن هنا جاءت أهمية دراسة الخصائص الامتزازية للترب المدروسة للفوسفور. في دراسة أنجزها Borggaard (1990) تبين بأن أكاسيد الحديد والألمنيوم، في الترب الكلسية، تمتلك دوراً مهماً في امتزاز أيون الفوسفات، إذ تكفي تراكيز قليلة منها للتأثير على عملية الامتزاز، لأن وجودها بشكل حبيبات منفصلة أو مرتبطة على السطوح النوعية للتربة، على شكل غطاء، يتيح لها أخذ دور الجسور في ربط أيون الفوسفات على السطوح الطينية في التربة. وفي دراسة أخرى قام بها Kathleen وآخرون (Kathleen, et al., 2021)، تبين بأنه، وكلما زاد محتوى التربة من كربونات الكالسيوم في ظروف الترب الكلسية، ازدادت سعة التربة لامتزاز أيون الفوسفات، إذ دقائق كربونات الكالسيوم الشكل المهيمن على سطوح معقدات الامتزاز، ويكون لكاتيونات الكالسيوم دور وسيط بأن تقوم بتشكيل جسور بين المواقع الامتزازية المتكشفة على السطوح، وبين أيونات الفوسفات.

تظهر نتائج دراسة أنجزها Hua وآخرون (Hua, et al., 2023)، بأن توفر وتركيز أيون الفوسفات في محلول التربة، يعتمد على درجة التشبع بالفوسفات، وليس على محتوى الفوسفات الكلي. إذ أن المقصود بتشبع الفوسفات هو نسبة مواقع الامتزاز التي يشغلها الفوسفات، والتي تؤخذ عادة كنسبة بين الفوسفات الممتز والسعة الامتزازية العظمى (q_{max}) والتي تمثل قدرة التربة على امتزاز الفوسفات.

من جهة ثانية، بيّن Kedir وآخرون (Kedir, et al., 2022) بأن امتزاز أيون الفوسفات يتأثر بشكل مباشر بخصائص التربة الكيميائية مثل درجة الحموضة pH ومحتوى التربة من الطين.

وفي دراسة أخرى قام بها Horta وآخرون (Horta, et al., 2013) تم التأكيد على أن امتزاز أيون الفوسفات في شروط الترب المتوسطة القلوية، يحدث على فليزي كربونات الكالسيوم، والكاؤولينيت، يلي ذلك أهمية الامتزاز الذي يمكن أن يحصل في المسام النانوية، التي تتشكل على أكاسيد الحديد، وأكاسيد الألمنيوم. إن قدرة التربة على امتزاز أيون الفوسفات يتناسب طردياً مع محتوى التربة من أكاسيد الألمنيوم والحديد، مما يشير إلى أن هذه الأكاسيد هي الممتزات الفوسفاتية الرئيسية في التربة (Bortoluzzi, et al., 2015).

كما بيّن Yali وآخرون (Yali, et al., 2023) أن امتزاز أيون الفوسفات يحدث على المواقع الموجبة الشحنة لأكاسيد الحديد والألومنيوم والمعادن الطينية، و يتأثر بشدة بتركيز أيون الفوسفات في التربة.

أهمية البحث وأهدافه:

إن الاستخدام المفرط للمخصبات الزراعية في منطقة حوض السن والنشاطات البشرية المتنوعة، يؤدي إلى الكثير من الآثار البيئية السلبية في المياه ومن أهمها ظاهرة الإثراء الغذائي، التي تؤثر على خصائص المياه وجودتها، مما يسبب النقص في إمدادات المياه العذبة، والتي تعد من أهم المشكلات في العديد من دول العالم. إن استخدام الأسمدة الفوسفاتية الحاوية على أيون الفوسفات هو السبب الأوسع نطاقاً لتلوث المياه الجوفية بأيون الفوسفات، كما أن الفوسفات هس منافس قوي للمبيدات الفوسفورية العضوية على مواقع الامتزاز، وبالتالي فإنها تؤدي إلى تحرر متبقيات الموجودة في الترب نتيجة الزراعات المحمية المنتشرة بكثرة في المنطقة، وبالتالي وصول هذه المتبقيات إلى المصادر المائية. ومن هنا، تتبع أهمية البحث في دراسة امتزاز أيون الفوسفات على الترب المحيطة بنبع السن، كإجراء وقائي لحماية الحوض الصباب من التلوث. ويهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير بعض خصائص التربة المحيطة ببحيرة السن على امتزاز أيون الفوسفات واختبار مدى توافق امتزازه مع معادلتى لانغموير وفرندليش.

أولاً: موقع وخصائص منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن الإحداثيات الآتية:

خط طول: ($36^{\circ} 14' 59.41''$ – $35^{\circ} 54' 57.40''$)، خط عرض: ($35^{\circ} 22' 49.5''$ – $35^{\circ} 55' 54.5''$)
 وتشكل جزءاً من المنطقة الوسطى من الجبال الساحلية. يوضح الشكل (1) صورة فضائية تبين حدود منطقة الدراسة.



الشكل (1): صورة فضائية تبين منطقة الدراسة

يمكن تقسيم منطقة الدراسة إلى قسمين:

القسم الأول: تلال سطحية تتألف من منحدرات مائلة نسبياً مؤلفة من المارل، والصخور الكلسية المارلية، يتراوح ارتفاعها بين (250–700) m وتقطعها وديان عرضانية، إضافة إلى المسيلات الرئيسية المنحدرة من أعلى السلسلة (الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، 2008).

القسم الثاني: يتألف من السهل الساحلي ومصاطب شبه مستوية، تميل قليلاً نحو الغرب، ويمكن أن تضاف إليها سهول الوديان الفيضية، والمسيلات المائية المقطعة جزئياً بأخاديد صغيرة (الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، 2008).

التجارب والقياسات:

تم إجراء جميع التجارب والقياسات في مخابر المعهد العالي لبحوث البيئة بجامعة تشرين، ومركز البحوث العلمية الزراعية في الهنادي / اللاذقية.

1- تحاليل التربة: بغية إنجاز دراسات الامتزاز، خلطت تربة الأفق الذي يمثل عمود التربة بعمق بين (0 – 30 cm)، وبعد تجفيف ونخل التربة، أُجريت مجموعة من التحاليل الفيزيائية والكيميائية، تلخصت بما يلي:
التحاليل الفيزيائية: تضمنت التحاليل الفيزيائية ما يلي:

أ- التحليل ميكانيكي للتربة: للتمكن من معرفة قوام التربة، لابد أولاً من تقدير التوزيع النسبي لمجاميع الحبيبات الأولية في التربة، من خلال معرفة التوزيع الحجمي للحبيبات (particle-size distribution) أو التحليل الميكانيكي (mechanical analysis) باستخدام طريقة الهيدرومتر، مع تحميل هذه النسب في مثلث القوام (Texture triangle) وهو مثلث متساوي الأضلاع، تمثل فيه الأضلاع الثلاثة النسبة المئوية لمجاميع الحبيبات الأولية الثلاث (Gupta, 2007).

ب- تقدير التوصيل الهيدروليكي المشبع للتربة (SHC) في المخبر وذلك بتطبيق قانون دارسي (Darcy's law) (Carter, et al., 2008).

التحاليل الكيميائية: تم فيها قياس المتغيرات الآتية:

أ) قياس قيمة الأس الهيدروجيني الـ pH ويتم ذلك بنسبة (1: 2.5) (تربة/ماء) باستخدام جهاز pH حقلي (Metrohm 744 pH Meter) (Marx, et al., 1999).

ب) قياس الناقلية الكهربائية (EC) باستخدام جهاز (Thermo Orion model 420A) في مستخلص تربة مائي (5:1) تربة/ماء (Jones, 2001).

ت) تقدير كربونات الكالسيوم في التربة باستخدام المعايرة الحجمية بمحلول حمض كلور الماء (1N).

ث) تقدير تركيز الكالسيوم والمغنيزيوم بطريقة المعايرة بوجود مشعر الفري سيانات.

ج) قياس كمية المادة العضوية (OM) بطريقة أكسدة الكربون العضوي بمحلول دي كرومات البوتاسيوم في وسط حامضي، ثم معايرة الزائد من دي كرومات بواسطة سلفات الحديد (ملح مور) بوجود دليل الفيرورين.

ح) تقدير تركيز الأزوت الكلي في التربة باستخدام جهاز كداهل وذلك بهضم العينات الترابية بحمض الكبريت المركز.

خ) تقدير تركيز أيون الأمونيوم باستخدام جهاز Spectrophotometer عند طول موجة nm (420).

د) تقدير تركيز أيون الفوسفات باستخدام جهاز Spectrophotometer عند طول موجة nm (882).

2-الامتزاز:

لتقييم عملية امتزاز أيون الفوسفور في التربة، أُجريت تجارب مخبرية لتقدير الامتزاز وخصائصه في ثمانية مواقع على كامل منطقة الدراسة وهي بالترتيب:

1-بيت عانا، 2-بسطوير، 3-بيت العموني، 4-جيبول، 5-قرفيص، 6-القطيلية، 7-الراهبية، 8-نبع الواحة. والتي تمثل ترب مختلفة بالخواص الفيزيائية والكيميائية، وبالنشاطات البشرية والزراعية، بالإضافة لوقوعها على الحامل الرئيسي لنهر السن وروافده المغذية كما هو موضح في الشكل (1).

تمت دراسة عملية امتزاز أيون الفوسفات على التربة، حيث خلطت تربة الأفق الذي يمثل عمود التربة بعمق بين (0 – 30 cm)، وبعد تجفيف و نخل التربة، أخذ وزن (1) gr التربة المنخلة، ثم إضافة (50) ml من محلول أيون الفوسفات بالتراكيز الآتية: (10, 25, 50, 100, 150) ppm عند درجة حرارة 20 درجة مئوية، وتم وضع العينات على هزاز ميكانيكي لمدة 24 ساعة، وتم بعدها ترشيح العينات لتقدير التركيز التوازني وذلك بالقياس باستخدام جهاز Spectrophotometer عند طول موجة (882) nm.

تم حساب الكمية الممتزة للأيونات على التربة عند التوازن $q_e (mg / Kg)$ بتطبيق العلاقة الآتية (Wang, et al., 2020):

$$q_e = (C_i - C_e) \times V / m \dots (1)$$

ولحساب القيمة العظمى الممتزة $q_{max} (mg / Kg)$ ، تم تطبيق العلاقة:

$$q_{max} = 1 / Intercept \dots (2)$$

Intercept: يمثل تقاطع الخط البياني مع محور $1/q$.

وتم حساب ثابت الألفة $K_l (1 / Kg)$ من العلاقة:

$$K_l = 1 / (Slope \times q_{max}) \dots (3)$$

Slope: يمثل ميل المنحني البياني $1/q$ بدلالة $1/C$.

وتم حساب قيمة كل من (q_{max}, K_l) باستخدام برنامج ORIGIN-2019.

ومن أجل تطبيق البيانات التجريبية باستخدام معادلتى الامتزاز المتساوي لانغموير وفروندليش لشرح التوازن والخصائص الامتزازية، تم اتباع الآتي:

معادلة لانغموير (Fan, et al., 2021):

$$q_e = (q_{max} \times K_l \times C_e) / (1 + K_l \times C_e) \dots (4)$$

$$1 / q_e = [1 / (q_{max} \times K_l \times C_e)] + 1 / q_{max} \dots (5)$$

حيث:

C_i : هي تركيز أيون الفوسفور في المحلول الابتدائي (mg / l).

C_e : تركيز أيون الفوسفور التوازني (mg / l).

V : هو حجم المحلول مقدراً بالليتر. (0.05 l)

m : هي كتلة المادة المازة (التربة) المستخدمة: $m = 1 \times 10^{-3} Kg$

q_e : كمية أيون الممتزة لكل وحدة وزن من التربة (mg/Kg).

q_{max} : السعة الامتزازية العظمى للمادة المازة (mg/Kg).

K_L : ثابت الألفة في Langmuir ويوضح تقارب الربط الأيون على التربة في التجربة المخبرية (l/kg).

RL : ثابت Langmuir والذي يشير إلى إمكانية الامتزاز إما مواتية ($0 < RL < 1$)، غير مواتية ($RL > 1$)، خطي

($RL = 1$) أو لا رجعة فيه ($RL = 0$) مكافئ.

لحساب الثابت (RL) تم تطبيق المعادلة الآتية:

$$R_L = 1/(1 + C_i \times K_L) \dots (6)$$

معادلة فروندليش:

$$q_e = K_f \times C_e^{1/n} \dots (7)$$

$$\log q_e = \log K_f + (1/n) \times \log C_e \dots (8)$$

Kf: ثابت Freundlich ويستخدم لقياس قدرة الامتزاز.

1/n: تمثل شدة الامتزاز، إن قيمة 1/n عملية الامتزاز إما مواتية (0.1 < 1/n < 0.5) وغير مواتية (1/n < 0.5).
النتائج والمناقشة:

تميزت تربة الأفق الذي يمثل عمود التربة بعمق بين (0 – 30 cm) بأنه ذو حموضة معتدلة تميل قليلاً للقلوية، وذو محتوى عالٍ من كربونات الكالسيوم ومن المادة العضوية. وتميزت الترب الموجودة فيه بأنها ترب طينية بنسبة عالية، ثم لومية طينية، وبنسبة أقل ترب لومية، ويتوصيل هيدروليكي مائي مشبع يتراوح بين (0.85 – .) cm/min .
1.88 يوضح الجدول (1) نتائج تحليل الخواص الفيزيائية والكيميائية لترب هذا المقطع.

الجدول (1): نتائج تحليل الخواص الفيزيائية والكيميائية لترب الأفق الذي يمثل عمود التربة بعمق بين (0 – 30 cm) الاول للمواقع المدروسة

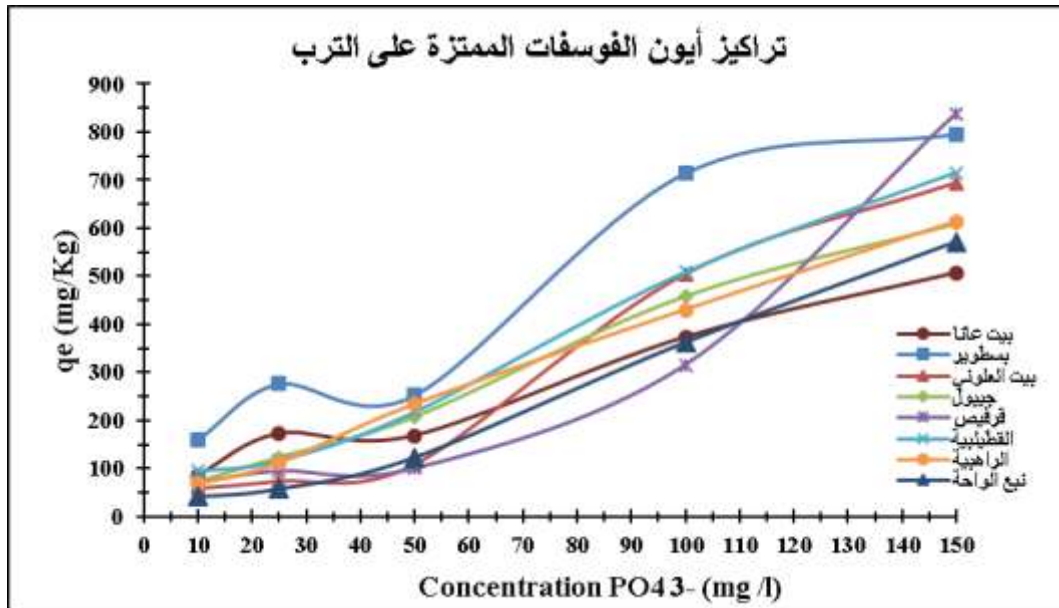
N(leaching) Average mg/l	SHC Cm/min	Clay %	Silt %	Sand %	Ca mg/Kg	N (Total) %	CaCO ₃ %	OM %	Ec ds/m	pH	المواقع المدروسة
28.626	1.30	43	30	27	2700	0.18	30	2.60	0.78	7.24	بيت عانا
26.544	1.09	47	31	22	2200	0.18	47	3.48	0.35	7.71	بسطوير
21.276	0.85	72	19	9	7020	0.48	29	4.66	0.34	7.28	بيت العلوني
22.084	1.10	39	36	25	1840	0.47	52	3.47	0.34	7.81	جيبول
41.129	1.88	64	22	14	6100	0.32	28	1.89	0.85	7.04	قرفيص
31.833	1.79	44	20	36	3210	0.64	43	1.99	0.45	7.26	القطيلبية
26.750	0.87	54	39	7	5730	0.48	61	4.22	0.26	7.68	الراهبية
30.423	1.12	23	58	19	1560	0.51	33	2.89	0.17	7.21	نبع الواحة

يوضح الجدول (2) تغير تراكيز أيون الفوسفات الممتزة على ترب المواقع المدروسة بدلالة تركيز أيون الفوسفات مقدراً بـ (mg/Kg)

جدول (2): تراكيز أيون الفوسفات الممتزة بدلالة تركيز أيون الفوسفات (mg/Kg)

نوع الواحة	تراكيز أيون الفوسفات الممتزة (mg/Kg) (PO ₄ ³⁻)						
	بيت عانا	بسطوير	بيت العلوني	جيبول	قرفيص	القطيلبية	الراهبية
التركيز الابتدائي لأيون الفوسفات C _i (mg/l)							
10	41	68	95	70	72	60	159
25	57.5	112	117	95	123	75	276
50	123	234	217.5	100	207	109	252
100	362	430	508	315	458.5	504	713
150	571	613	715	837	610	693	795

تبين الدراسة أن الكميات الممتزة لأيون الفوسفات على ترب المواقع المدروسة تأخذ الترتيب التالي: جيبول < الراهبية < بيت العلوني < القطيلبية < بسطوير < قرفيص < بيت عانا < نبع الواحة. كما يوضح الشكل (2) تغير التراكيز الممتزة لأيون الفوسفات على ترب المواقع المدروسة بتغير تركيز أيون الفوسفات.



الشكل (2): تغير تراكيز أيون الفوسفات الممتزة على ترب المواقع المدروسة بدلالة تركيز أيون الفوسفات.

2- دراسة مؤشرات امتزاز أيون الفوسفات وفق معادلتى لانغموير وفروندليش:

يوضح الجدول (3) مؤشرات معادلتى لانغموير وفروندليش لامتنزاز أيون الفوسفات على ترب المواقع المدروسة.

جدول (3) مؤشرات معادلتى لانغموير وفروندليش لامتنزاز أيون الفوسفات على ترب المواقع المدروسة

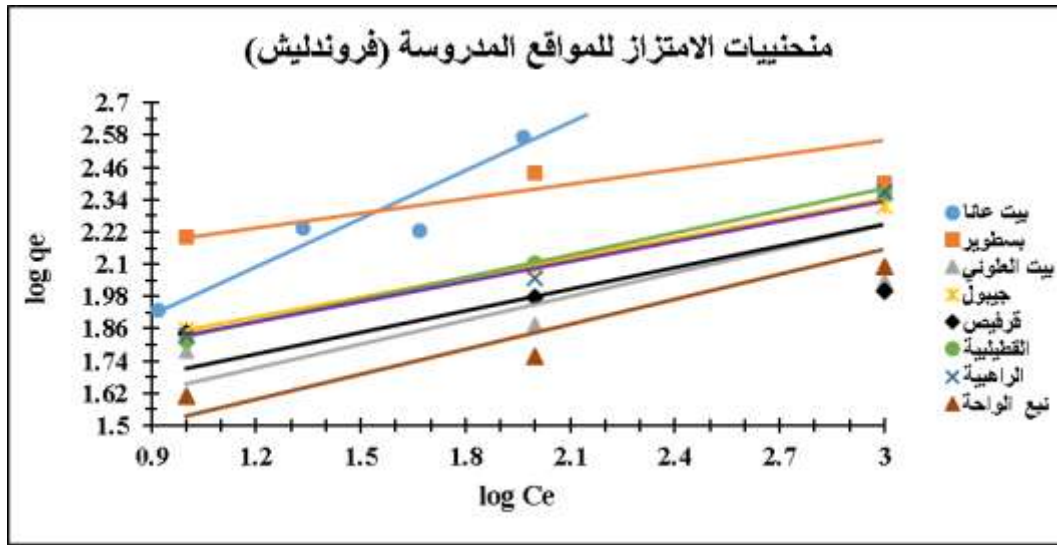
Langmuir Isotherm					فروندليش Isotherm		
	q_{max} (mg/Kg)	K_L (l/Kg)	$R_L \times 10^4$	R^2	1/n	K_f	R^2
بيت عانا	366	4641.88	0.108	0.958	0.601	23	0.96
بسطوير	565	17545.71	0.029	0.896	0.542	51	0.92
بيت العلوني	300	2264.71	0.221	0.86	0.95	1	0.92
جببول	571	5242.46	0.095	0.976	0.794	12	0.99
قرفيص	239	2473.99	0.202	0.837	0.827	8	0.87
القطينبية	433	5810.74	0.086	0.888	0.89	9	0.99
الراهبية	621	5219.48	0.096	0.975	0.82	10	0.99
نبع الواحة	385	1764.29	0.283	0.936	1.018	3	0.97

من الجدول (3)، يُلاحظ بأن قيمة السعة الامتنزازية العظمى قد تراوحت ضمن المجال (239 g/Kg – 621 g/Kg)، وتتقارب هذه القيم مع نتائج دراساتٍ سابقة (Amarh, Flora et al, 2021, Hossain, Enayet et al, 2018). تميزت معادلة فروندليش لامتنزاز أيون الفوسفات على التربة بأنها أكثر تمثيلاً، بشكل جيد إلى حد ما، مع قيم R^2 تتراوح ضمن المجال (0.87–0.99) لترب المواقع المدروسة. إن قيم R^2 المعدلة تشير إلى أن isotherm فروندليش لامتنزاز أيون الفوسفات توفر نموذجًا جيدًا يفسر امتزاز أيون الفوسفات متعدد الطبقات على التربة نتيجة الشحنة السالبة

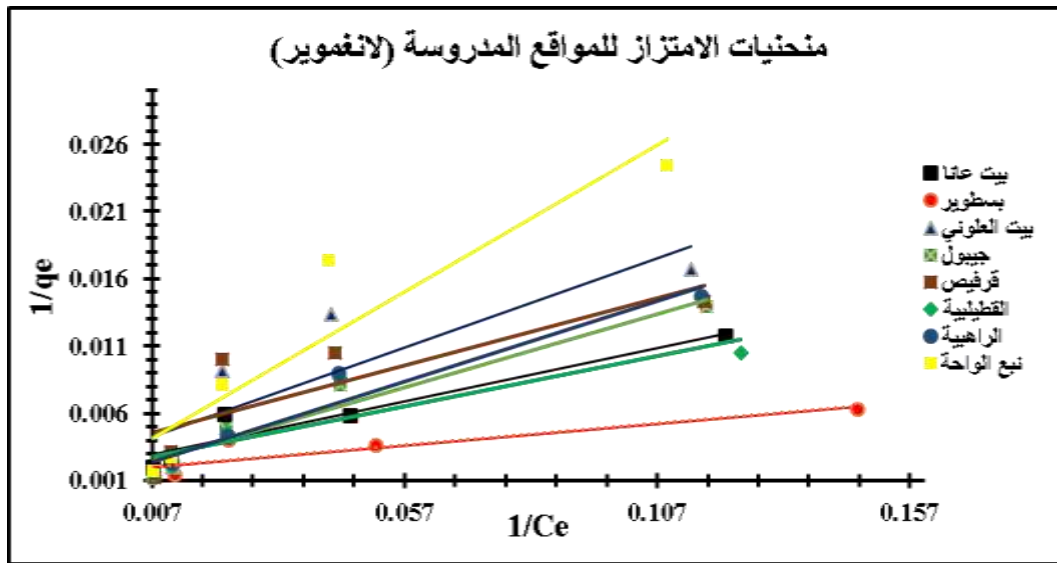
وتشكل روابط امتزاز قوية مقارنة بمعادلة لانغموير مع قيم R^2 تتراوح ضمن المجال (0.86-0.976) لترب المواقع المدروسة، والتي كانت أقل تمثيلاً لعمليات الامتزاز.

تتوافق النتائج السابقة مع نتائج العديد من الدراسات، حيث أظهرت بيانات امتزاز الفوسفات في العديد على ترب مختلفة، وعلى الرغم من أن معادلة لانغموير أعطت توافقاً جيداً، وجود انحناء كبير عن معادلة فروندليش، حيث قدمت معادلة فروندليش وصفاً أفضل من معادلة لانغموير وأكثر ملاءمة، والتي تمثل أكثر من 99% من التباين في امتصاص الفوسفات (Padilla, Josh and et al, 2022, Lulu, Mekdes et al 2022, Zheng, Xiaomei الفوسفات (Padilla, Josh and et al, 2022, Lulu, Mekdes et al 2022, Zheng, Xiaomei et al 2020, Rafael Silva et al 2016, GUNARY, D,2006, Samadi, A,2003)

يوضح الشكل (3) منحنيات امتزاز ترب مواقع بدراسة (فروندليش)، والشكل (4) منحنيات امتزاز ترب مواقع بدراسة (لانغموير).



الشكل (3): منحنيات الامتزاز لترب مواقع الدراسة (فروندليش)



الشكل (4): منحنيات الامتزاز لترب مواقع الدراسة (لانغموير)

3-دراسة احصائية لمعاملات الارتباط بين خصائص التربة والخصائص الامتزازية لأيون الفوسفات للمواقع المدروسة:

يوضح الجدول رقم (4) معاملات الارتباط بين خصائص التربة والخصائص الامتزازية للمواقع المدروسة.

جدول (4) معاملات الارتباط بين خصائص التربة والخصائص الامتزازية للمواقع المدروسة

Correlations										
		q _{max}	(PO ₄ ³⁻) Leaching	SHC	OM	pH	K _L	R _L	EC	CaCO ₃
q _{max}	Pearson Correlation	1	-.687-	-.476-	.396	.927**	.562	-.679-	-.574-	.952**
	Sig. (2-tailed)		.060	.233	.331	.001	.147	.064	.137	.000
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
(PO ₄ ³⁻) Leaching	Pearson Correlation	-.687-	1	.766*	-.841-**	-.714-*	-.191-	.178	.832*	-.721-*
	Sig. (2-tailed)	.060		.027	.009	.047	.651	.672	.010	.044
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
SHC	Pearson Correlation	-.476-	.766*	1	-.931-**	-.587-	-.129-	-.009-	.682	-.360-
	Sig. (2-tailed)	.233	.027		.001	.126	.760	.983	.062	.382
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
OM	Pearson Correlation	.396	-.841-**	-.931-**	1	.557	.102	-.015-	-.617-	.362
	Sig. (2-tailed)	.331	.009	.001		.152	.810	.972	.103	.379
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
pH	Pearson Correlation	.927**	-.714-*	-.587-	.557	1	.577	-.651-	-.533-	.862**
	Sig. (2-tailed)	.001	.047	.126	.152		.134	.081	.174	.006
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
K _L	Pearson Correlation	.562	-.191-	-.129-	.102	.577	1	-.767-*	-.140-	.419
	Sig. (2-tailed)	.147	.651	.760	.810	.134		.026	.742	.301
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
R _L	Pearson Correlation	-.679-	.178	-.009-	-.015-	-.651-	-.767-*	1	-.076-	-.634-
	Sig. (2-tailed)	.064	.672	.983	.972	.081	.026		.858	.092
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
EC _s	Pearson Correlation	-.574-	.832*	.682	-.617-	-.533-	-.140-	-.076-	1	-.520-
	Sig. (2-tailed)	.137	.010	.062	.103	.174	.742	.858		.186
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CaCO ₃	Pearson Correlation	.952**	-.721-*	-.360-	.362	.862**	.419	-.634-	-.520-	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.044	.382	.379	.006	.301	.092	.186	
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

يُلاحظ من مصفوفة الارتباط بأن متغير السعة الامتزازية العظمى q_{max}، كمؤشر على الامتزاز الأعظمي لأيون الفوسفات، يرتبط مع المتغيرات الآتية: الأس الهيدروجيني الـ pH، وكربونات الكالسيوم CaCO₃ وفقاً للقيم الآتية على الترتيب (0.952, 0.927).

وتتوافق هذه النتيجة مع نتائج دراسات سابقة، والتي أظهرت دور درجة الحموضة ومحتوى الكربونات في امتزاز الفوسفور، وخاصة في الترب التي تميل للقلوية بسبب تشكيلها معقدات فوسفات الكالسيوم كمرحلة أولى، ومن ثم حصول امتزاز على المادة العضوية وفلزات الطين في مرحلة لاحقة (Amarh, Flora, 2021, Brenner, Julia et al 2018) ويمثل الجدول (5) تطبيق الانحدار المتعدد وفق Enter لإيجاد المعادلة التي توضح تأثير المتغيرات على قيمة السعة الامتزازية العظمى q_{max} .

جدول (5) مصفوفة الانحدار المتعدد حسب Enter

Coefficients						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1329.640-	630.185		-2.110-	.089
	pH	201.895	95.266	.416	2.119	.088
	CaCO ₃	6.684	2.209	.594	3.026	.029

a. Dependent Variable: q_{max}

ويعبر عن ذلك بالمعادلة الآتية:

$$q_{max} = -1329.6420 + 0.088(pH) + 0.029(CaCO_3).....(9)$$

يُلاحظ

من جدول البارامترات بأن قيم المعنوية الإحصائية Sig لكل من المتغير المستقل الـ pH والثابت أكبر من مستوى الدلال (0.05)، مما يدل على أن المعادلة لا يمكن اعتمادها للتنبؤ بالتغيرات كون البارامترات غير معنوية. يمكن أن يعال ذلك بأن قيم معامل الارتباط بين المتغيرات كبيرة مما يسبب مشكلة في التنبؤ بعملية الامتزاز، ولحل المشكلة يُطبق اختبار الانحدار المتعدد Regression بطريقة Stepwise وفق ما هو موضح الجدول (6).

جدول (6) مصفوفة الانحدار حسب Stepwise

Coefficients						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.179	59.102		.037	.032
	CaCO ₃	10.720	1.408	.952	7.614	.0001

a. Dependent Variable: q_{max}

ويعبر عن ذلك بالمعادلة الآتية:

$$q_{max} = 2.179 + 10.720(CaCO_3).....(10)$$

يُلاحظ من جدول البارامترات بأن قيم المعنوية الإحصائية Sig لكل من الثابت والمتغير المستقل (pH) أقل من مستوى الدلالة (0.05)، مما يدل على أن المعادلة جيدة التمثيل ويمكن اعتمادها للتنبؤ بالتغيرات الحاصلة في امتزاز أيون الفوسفات كون البارامترات معنوية.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

1. تميزت ترب منطقة الدراسة بأنها ذات حموضة معتدلة تميل قليلاً للقلوية، و محتوى عالي من كربونات الكالسيوم ومن المادة العضوية. وتميزت الترب بأنها ترب طينية بنسبة عالية، ثم لومية طينية، ونسبة أقل الترب اللومية.

2. كانت قيم السعة الامتزازية العظمى q_{max} لأيون الفوسفات ضمن المجال (239–621) mg/Kg. ووفقاً لقيم السعة الامتزازية العظمى، أخذت ترب المواقع الترتيب التالي: جيبول < الراهبية < بيت العلوني < القطيلبية < بسطوبر < قرفيص < بيت عانا < نبع الواحة. وتشير قيم $(0.87-0.99)$ المعدلة إلى أن isotherm فروندليش يوفر نموذجاً جيداً لامتزاز أيون الفوسفات.
3. بينت النمذجة الرياضية لامتزاز أيون الفوسفات في مواقع الدراسة، بأن متغير السعة الامتزازية العظمى q_{max} ، كمؤشر على الامتزاز الأعظمي لأيون الفوسفات، يرتبط مع المتغيرات الآتية: الأس الهيدروجيني الـ pH، و كربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

التوصيات

- 1- الاهتمام بالتسميد العضوي لدوره في زيادة السعة الامتزازية، مما يسهم في خفض انغسال أيون الفوسفات وبالتالي انعكاسه إيجاباً على المياه الجوفية.
- 2- دراسة تأثير المعطيات المناخية بشكل منفصل على انغسال أيونات الفوسفات من التربة إلى المياه الجوفية والمسطحات المائية.

References:

- The General Authority of Remote Sensing and the General Authority of Water Resources 2008. Sensing Study- Hydrology to protect al-Sin Spring from Pollution. Damascus, Syria.
- Nest, T. V., Ruyschaert, G., Vandecasteele, B., Houot, S., Baken, S., Smolders, E., ... & Merckx, R. The long term use of farmyard manure and compost: effects on P availability, orthophosphate sorption strength and P leaching. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2016, 216, 23-33.
- Alovisei, A. M. T., Cassol, C. J., Nascimento, J. S., Soares, N. B., da Silva Junior, I. R., da Silva, R. S., & da Silva, J. A. M. Soil factors affecting phosphorus adsorption in soils of the Cerrado, Brazil. *Geoderma Regional*, 2020, 22, e00298.
- Amarh, F., Voegborlo, R. B., Essuman, E. K., Agorku, E. S., Tettey, C. O., & Kortei, N. K. Effects of soil depth and characteristics on phosphorus adsorption isotherms of different land utilization types: Phosphorus adsorption isotherms of soil. *Soil and Tillage Research*, 2021, 213, 105139.
- Borggaard, O. K. (1990). Dissolution and adsorption properties of soil iron oxides [D. Sc thesis]. *Copenhagen Denmark: Royal Veterinary and Agricultural University*.
- Bortoluzzi, E. C., Pérez, C. A., Ardisson, J. D., Tiecher, T., & Caner, L. Occurrence of iron and aluminum sesquioxides and their implications for the P sorption in subtropical soils. *Applied Clay Science*, 2015, 104, 196-204.
- Brenner, J., Porter, W., Phillips, J. R., Childs, J., Yang, X., & Mayes, M. A. Phosphorus sorption on tropical soils with relevance to Earth system model needs. *Soil research*, 2018, 57(1), 17-27.
- Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (2008). *Soil sampling and methods of analysis*. CRC press
- Chen, Y., Huang, L., Zhang, R., Ma, J., Guo, Z., Zhao, J., ... & Li, Y. Retardation factors in controlling the transport of inorganic, organic, and particulate phosphorus in fluvo-aquic soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2023, 249, 114402.

- Dunne, K. S., Holden, N. M., & Karen, D. A. L. Y. Predicting phosphorus sorption isotherm parameters in soil using data of routine laboratory tests. *Pedosphere*, 2021,31(5), 694-704.
- Fan, T., Wang, M., Wang, X., Chen, Y., Wang, S., Zhan, H., ... & Zha, S. Experimental study of the adsorption of nitrogen and phosphorus by natural clay minerals. *Adsorption Science & Technology*, 2021, 1-14.
- Guedes, R. S., Melo, L. C. A., Vergütz, L., Rodríguez-Vila, A., Covelo, E. F., & Fernandes, A. R. Adsorption and desorption kinetics and phosphorus hysteresis in highly weathered soil by stirred flow chamber experiments. *Soil and Tillage Research*, 2016,162, 46-54.
- Gunary, D. A new adsorption isotherm for phosphate in soil. *Journal of Soil Science*, ,1970,21(1), 72-77.
- Gupta, B. K. (2007). *Soil, plant, water and fertilizer analysis*. Agrobios (India).
- Horta, C., Monteiro, F., Madeira, M., & Torrent, J. Phosphorus sorption and desorption properties of soils developed on basic rocks under a subhumid Mediterranean climate. *Soil Use and Management*, 2013,29, 15-23.
- Hossain, M. E., Sania, F. T. J., & Khan, M. H. R. Phosphate Sorption Capacities of Some Soils in Madhupur Tract of Bangladesh: Role of Aluminium, Iron and Clay Contents. *Natl. Univ. J. Sci*, 2018, 3(5), 1-18.
- Hua, H., Shi, Y., Wang, R., Hong, Z., & Jiang, J. Phosphorus adsorption, availability, and potential loss characteristics in an Ultisol-derived paddy soil chronosequence, using a stirred-flow chamber study. *Soil Science Society of America Journal*, 2023, 87(3), 485-497.
- Jackson, M. L. (2005). *Soil chemical analysis: advanced course: a manual of methods useful for instruction and research in soil chemistry, physical chemistry of soils, soil fertility, and soil genesis*. UW-Madison Libraries parallel press.
- Jones, J. B. (2001). *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. CRC press.
- Kedir, A. J., Nyiraneza, J., Hawboldt, K. A., McKenzie, D. B., & Unc, A. Phosphorus Sorption Capacity and Its Relationships With Soil Properties Under Podzolic Soils of Atlantic Canada. *Frontiers in Soil Science*,2022,2, 931266.
- Lulu, M., Lemma, B., & Melese, A. Phosphorous Sorption Characteristics of Soils in Smallholding Land Use in Southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2022.
- Ma, J., Ma, Y., Wei, R., Chen, Y., Weng, L., Ouyang, X., & Li, Y. Phosphorus transport in different soil types and the contribution of control factors to phosphorus retardation. *Chemosphere*, 2021, 276, 130012.
- Madeira, M., Gy Füleky, and E. Auxtero. "Phosphate sorption of European volcanic soils." *Soils of Volcanic Regions in Europe*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. 353-367.
- Marx, E. S., Hart, J. M., & Stevens, R. G. (1999). Soil test interpretation guide.
- Padilla, J. T., Gaston, L. A., & Selim, H. M.. A Freundlich-type multi-component approach for modeling the sorption of nickel and phosphate in soil. *Soil Science Society of America Journal*, 2022,86(3), 664-677.
- Wang, J., & Guo, X. Adsorption isotherm models: Classification, physical meaning, application and solving method. *Chemosphere*,2020,258, 127279.
- Zheng, X., Wu, J., Yan, X., Qin, G., Zhou, R., & Wei, Z. Biochar-induced soil phosphate sorption and availability depend on soil properties: a microcosm study. *Journal of Soils and Sediments*, 2020,20, 3846-3856.

