جامعة الموصل
كلية الزراعة والغابات

تأثيرُ القوةِ الأَيونيَّةِ لمياهِ الريِّ في تحررِ الأَيونات القاعديَّةِ الموجبةِ والتركيبِ المعدني لبعضِ التُرَبِ شمالي العراقِ

هلمت عوني صالح رحمن

أطروحة دكتوراه
علوم التربة والموارد المائية

بإشراف

د. عبدالقادرعبش سباك الحديدي
أستاذ مساعد

1447هـ
2025م

الخلاصة

تضمنت الدراسة خمسة وعشرين مواقعاً مختلفاً مختلفة شمالي العراق،اذ جمعت نماذج التربة من الطبقة السطحية فضلًاعن جمع أعمدة تربة غيرمستثارة لعمق 30 سم لدراسة تحرر الأيونات الموجبة القاعدية (الكالسيوم،المغنيسيوم،الصوديوم والبوتاسيوم) بأستخدام المدخل الحركي بطريقة الغسل المتقطع ولخمس عشرة حجم مسامي مدة الدورة الواحدة عشرة أيام ، أستخدمت في عمليات الغسل ثلاث نوعيات مياه مختلفة القوة الأيونية هي ماء نهر دجلة (0.0078) مول لتر$^{-1}$و ماء بئر(0.0455) مول لتر$^{-1}$ وماء بئر (0.1365) مول لتر$^{-1}$، وعند كل حجم مسامي تم جمع رواشح الغسل ويقدر فيها قيم درجة التفاعل والإيصالية الكهربائية فضلًا عن قيم الأيونات الذائبة الموجبة والسالبة، وبعد أنتهاء عمليات الغسل تم فصل الترب عن الأعمدة و تجفيفها هوائيا وطحنها وتهيئتها للتحاليل الكيميائية والمعدنية لمعرفة التغيرات والتحولات التي قد تطرأ على التركيب المعدني لهذه الترب باستخدام تقنية الأشعَّة السينية (XRD) والأشعَّة السينية الوميضية(XRF) لتحديد النسب المئوية للعناصر ، النسب المئوية لأكاسيد العناصر و النسب الجزيئية بين الأكاسيد الَّتي تعد معيار لحدوث التجوية والتحول للمعادن في التربة وذلك من خلال مقارنتها مع عينات ترب غير مغسولة لنفس المواقع ، وفي هذه الدراسة حصلنا على النتائج الآتية:

- بيَّنت النتائج أنَّ قيم صيغ الأيونات الموجبة القاعدية (الذائب والمتبادل وغير المتبادل والكلي) بلغت للكالسيوم (0.16–0.35) و(2.3–4.0) و (170.20 –213.3) و(147.40–215.80) سنتيمول كغم$^{-1}$ ، والمغنيسيوم (0.13–0.24) و (0.80 –2.3) و (66.70–123.20) و(69.20– 124.80) ، والصوديوم (0.02 –0.45) و(0.14 – 0.28) و (12.7 –40.4) و (13.0–40.7) سنتيمول كغم$^{-1}$ ، بينما بلغت للبوتاسيوم (0.001–0.03) و (0.10 – 0.25) و (20.5–41.) و(20.8 – 42.1) سنتيمول كغم$^{-1}$ على التوالي.

- اظهرت النتائج أنَّ قيم الأيونات الموجبة القاعدية الذائبة لترب مواقع الدراسة بحالتها الطبيعية قبل معاملتها بالمياه بلغت (1.60–3.50) ، (1.35–2.40) ، (0.26–4.52) ،(0.05–0.15) مليمول شحنة لتر$^{-1}$ للكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم على التوالي . وأن قيم الأيونات الموجبة

المتحررة من الترب المعاملة بماء نهر دجلة ذات قوة أيونية (0.0078) مول لتر$^{-1}$كانت (1.50–5.00) ، (8.00–12.00) ، (0.34–0.52) ، (0.07–0.2) مليمول شحنة لتر$^{-1}$، وعند استخدام ماء بئر ذات قوة أيونية (0.0455) مول لتر$^{-1}$ تراوحت القيم بين (22.50 –27.50) ، (14.00–18.00) ، (0.90–1.80) ،(0.10–0.30) مليمول شحنة لتر$^{-1}$، وعند استخدام ماء بئر ذات قوة أيونية (0.1365) مول لتر$^{-1}$ تراوحت القيم بين (21.50–24.00) ، (13.50–22.00) ، (29.50–13.40) ، (0.10–0.30) مليمول شحنة لتر$^{-1}$ للكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم على التوالي .

– اشارت النتائج أنَّ قيم مقاييس التشتت SAR وMCAR وCROSS للأيونات الموجبة الذائبة في ترب الدراسة بحالتها الطبيعية قبل غسلها بالمياه تراوحت بين (0.21–2.70)، (2.79– 0.25) ، (2.98–0.26) مليمول شحنة لتر$^{-1}$على التوالي .وعند استخدم ماء نهر ذات قوة أيونية (0.0078) مول لتر$^{-1}$ تراوحت قيم مقاييس التشتت بين (0.13–0.18) ، (0.16 –0.26)، (0.17–0 .27) مليمول شحنة لتر$^{-1}$، عند استخدم ماء بئر ذات قوة أيونية (0.0455) مول لتر$^{-1}$ بلغت قيم مقاييس التشتت (0.40 _0.20) ، (0.21–0.43) ، (0.46 –0.22) مليمول شحنة لتر$^{-}$، وعند استخدم ماء بئر ذات قوة أيونية (0.1365) مول لتر$^{-1}$ أدَّى ذلك الى زيادة كبيرة في قيم مقاييس التشتت، إذ بلغت (3.05–6.86) ، (3.09–6.89) ، (3.38–7.39) مليمول شحنة لتر$^{-1}$على التوالي.

– بيَّنت النتائج أنَّ قيم الأيونات الموجبة القاعدية المتبادلة بحالتها الطبيعية قبل معاملتها بالمياه تراوحت بين (11.75–20.35) ، (3.40–11.50) ،(0.05–2.25) ، (1.40–2.38) سنتيمول كغم$^{-1}$، وعند معاملة الترب بمياه نهر ذات قوة أيونية (0.0078) مول لتر$^{-1}$ بلغت القيم بين (17.80– 40.70) ،(8.40–18.4) ، (2.60– 4.30) ، (0.20– 0.43) سنتيمول كغم$^{-1}$، وعند استخدام ماء بئر ذات قوة أيونية (0.0455) مول لتر$^{-1}$ بلغت القيم بين (29.5–46.0) ،(14.2–22.4) ، (6.9–10.4) ، (0.15–0.48) سنتيمول كغم$^{-1}$، وعند استخدام ماء بئر ذات قوة أيونية (0.1365) مول لتر$^{-1}$ تراوحت القيم بين(25.6–40.5) ، (11.9–33.1) ، (23.5–95.0) ،(0.15–0.46) سنتيمول كغم$^{-1}$ للكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم على التوالي.

الخلاصة

– بيَّنت النتائج أَنَّ قيم مقاييس التشتت SAR وMCAR و CROSS للأَيونات الموجبة المتبادلة في ترب الدراسة بحالتها الطبيعية قبل غسلها بالمياه تراوحت بين (0.29–0.51) ، (0.32–0.57) ، (0.33–0.58) مليمول شحنة لتر$^{-1}$ ، عند استخدم ماء نهر ذات قوة أَيونية (0.0078) مول لتر$^{-1}$ تراوحت بين (0.56–1.15) ، (0.61–1.20) ، (0.65–1.27) مليمول شحنة لتر$^{-1}$ ، وعند استخدم ماء بئر ذات قوة أَيونية (0.0455) مول لتر$^{-1}$ تراوحت بين (1.32–2.10) ، (1.37–2.14) ،(1.47–2.31) مليمول شحنة لتر$^{-1}$، وعند استخدم ماء بئر ذات قوة أَيونية (0.1365) مول لتر$^{-1}$ تراوحت بين (5.02–16.99) ، (5.05–17.03) ، (5.52–18.43) مليمول شحنة لتر$^{-1}$ على التوالي.

– أظهرت النتائج أَنَّ معادلة دالة القوى (الأُسيَّة) كانت أفضل المعادلات الحركية المطبقة في وصف عملية تحرر الأَيونات الموجبة القاعدية من ترب مواقع الدراسة، إذ أَعطت أَعلى معامل تحديد (R^2) وأقل خطأ قياسي (SE) .

– أظهرت النتائج أَنَّ قيم معامل سرعة التحرر للأَيونات الموجبة القاعديَّة حسب معادلة دالة القوى بلغت لأَيـــــون الكالســـــيوم(594.20×10^{-3}–927.80×10^{-3})،(714.30×10^{-3}–851.60×10^{-3}) ،(653.10×10^{-3} –1778.40×10^{-3})، ولأَيـون المغنيسـيوم (124.15×10^{-3}– 1251.0×10^{-3}) ، (599.10×10^{-3}–986.20×10^{-3})، (509.20×10^{-3}–809.60 ×10^{-3}) ، والصـــــــــــوديوم (665.30×10^{-3} –1675.0×10^{-3})،(716.70×10^{-3}–816.90 ×10^{-4})،(993.70×10^{-3}–1285.40 ×10^{-3}) ، والبوتاســـــــــيوم (556.80–788.60 ×10^{-3})، (593.40–786.7×10^{-3})،(603.80×10^{-3}–803.30×10^{-3}) سنتيمول كغم$^{-1}$ دقيقة$^{-1}$ المعاملة بماء نهر وماء بئر ذات قوة أَيونية (0.0455) مول لتر$^{-1}$وماء بئر ذي قوة أَيونية (0.1365) مول لتر$^{-1}$على التوالي.

– أظهرت النتائج أَنَّ قيم كفاءة الغسل للأَيونات الموجبة القاعدية بطريقة الغسل المتقطع عند استخدام ماء نهر ذات قوة أَيونية (0.0078) مول لتر$^{-1}$ تراوحت بين (0.42–7.10) ، (3.80–8.88) ، (0.08–1.65) ، (0.66–2.00) سنتيمول كغم$^{-1}$ ، وعند غسل ترب الدراسة بماء بئر ذي قوة أَيونية(0.0455) مول لتر$^{-1}$ تراوحت القيم بين (6.42–17.18) و(6.60–12.41) و(0.30–5.29) و (1.00–3.00) سنتيمول كغم$^{-1}$، وعند الغسل بماء بئر ذي قوة أَيونية (0.1365) مول لتر$^{-1}$ تراوحت القيم بين (6.14–

14.06) و (15.17-7.5) و(98.00-2.90) و (3.00-1.00) سنتيمول كغم$^{-1}$ للكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم على التوالي.

- أظهرت نتائج حيود الأَشعَّة السينية (XRD) لمفصول الطين تشخيص معادن الكلورايت والسمكتايت والفيرميكيولايت والالأيت والكاؤولينايت والباليكروسكايت لكافة المواقع قبل وبعد عمليات الغسل.

- أظهرت نتائج الأَشعَّة السينية (XRF) أَنَّ النسب المئوية للأَيونات الموجبة القاعديَّة (الكالسيوم والمغنيسيوم الصوديوم والبوتاسيوم) تراوحت بين (14.0- 17.2%) و (15.4- 17.3%) ، (1.6- 2.5%) و(1.9- 3.3%) ، (0.30- 0.77%) و (0.57 - 0.97%) ، (0.81 - 1.64%) و (0.96 -1.74%) قبل وبعد عمليات الغسل على التوالي.

- أظهرت نتائج النسب المئوية للأكاسيد أن قيم CaO% تراوحت بين (19.54-23.00%) و(21.50-24.17%) وMgO% تراوحت بين (3.00- 4.75%) و(3.21-5.45%) و Na_2O% تراوحت بين (0.40 - 1.04%) و (0.78 - 1.31%) و K_2O% تراوحت بين(0.97 - 1.33%) و (1.17-1.98%) و Fe_2O_3% تراوحت بين (3.68-5.68%) و (4.04-6.97%) و Al_2O_3% تراوحت (8.03-9.50%) و(8.72-10.13%) وSiO_2% تراوحت (43.36-36.85%) و (38.18 -43.00%) قبل وبعد عمليات الغسل.

- أشارت نتائج النسب الجزيئية بين الأكاسيد ان النسبة بين CaO / MgO تراوحت بين (4.68-7.07) و (4.23 -7.13) وبلغت النسبة بين SiO_2 /Al_2O_3 (4.10-4.59) و (3.60- 4.63) بينما بلغت النسبة بين SiO_2/ Al_2O_3 +Fe_2O_3 (2.59-3.14) و (2.51- 2.89) وبلغت النسبة بين Al_2O_3 +Fe_2O_3 /SiO_2+ CaO+MgO+K_2O (0.45-0.55) و (0.49 -0.55) قبل وبعد عمليات الغسل.

Summary

Twenty five soil samples were collected from different sites in northern Iraq. Undisturbed soil cores to a depth of 30 cm were collected to study the exchangeable cation (calcium, magnesium, sodium, and potassium) using a kinetic approach through the batch leaching method to pass over fifteen pore volumes with lasting ten days of each cycle. Three types of water with different ionic strengths were utilised in the leaching process such as Tigris River water (0.0078 mol L^{-1}), well water (0.0455 mol L^{-1}), and another well water (0.1365 mol L^{-1}). After each pore volume, the leachate was collected and analysed for pH, electrical conductivity, and the concentrations of dissolved cations and anions. Upon completion of the leaching cycles, the soils were removed from the columns, air-dried, ground, and prepared for chemical and mineralogical analyses to identify any changes or transformations in the mineral composition. This was performed using X-ray diffraction (XRD) and X-ray fluorescence (XRF) techniques to determine the percentage of element, the percentage of elemental oxides, and the molecular weight between the oxides which serve as indicators of weathering and mineral transformation in the soil. These findings were compared with untreated soil samples from the same locations. The following results were obtained from this study:

- The results demonstrated that the values of cation forms (soluble, exchangeable, non-exchangeable, and total cations) ranged as follows with Calcium: (0.16–0.35), (2.3–4.0), (170.20–213.3), and (147.40–215.80) Cmol kg^{-1}, respectively, Magnesium: (0.13–0.24), (0.80–2.3), (66.70–123.20), and (69.20–124.80) Cmol kg^{-1}, Sodium: (0.02–0.45), (0.14–0.28), (12.7–40.4), and (13.0–40.7) Cmol kg^{-1}, and Potassium: (0.001–0.03), (0.10–0.25), (20.5–41.0), and (20.8–42.1) Cmol kg^{-1}, respectively.

- The results also indicated that the soluble cations values of untreated soils at the study sites were (1.60–3.50), (1.35–2.40), (0.26–4.52), (0.05–0.15) $mmol_c\ L^{-1}$, for Calcium, Magnesium, Sodium and Potassium, respectively. Upon treatment with Tigris River water (ionic strength = 0.0078 mol L^{-1}), the exchangeable cation values ranged between (1.5–5.00), (8.00–12.00), (0.34–0.52), (0.07–0.20) $mmol_c\ L^{-1}$, when utilising well water with an ionic strength of 0.0455 mol L^{-1}, the values ranged between (22.50–27.50), (14.00–18.00), (0.90–1.80), (0.10–0.30) mmolc L^{-1} , and with using well water of higher ionic strength (0.1365 mol L^{-1}), the values were (21.50–24.00), (13.50–22.00), (13.40–29.50) (0.10–0.30) $mmol_c\ L^{-1}$ for Calcium, Magnesium, Sodium and Potassium, respectively.
- The results showed that the values of the dispersion indices SAR, MCAR, and CROSS for exchangeable cations for soils under their natural conditions, prior to leaching with water, ranged between (0.29–0.51), (0.32–0.57), and (0.33–0.58) $mmol_c\ L^{-1}$, respectively. When applying Tigris River water with an ionic strength of 0.0078 mol L^{-1}, the values ranged between (0.56–1.15), (0.61–1.20), and (0.65–1.27) mmol L^{-1}, respectively. When utilising well water with an ionic strength of 0.0455 mol L^{-1}, the values ranged between (1.32–2.10), (1.37–2.14), and (1.47–2.31) $mmol_c\ L^{-1}$, respectively. While with well water of higher ionic strength (0.1365 mol L^{-1}), the values ranged between (5.02–16.99), (5.05–17.03), and (5.52–18.43) $mmol_C\ L^{-1}$ for SAR, MCAR, and CROSS, respectively.
- The results also indicated that the cumulative values of exchangeable cations (calcium, magnesium, sodium, and potassium) during the leaching with water through the soil columns up to the fifteenth pore volume, and when treated with Tigris River water of ionic strength 0.0078 mol L^{-1},

ranged between (0.25–0.05), (3.31–5.41), (1.02–8.86), and (0.09–0.58) Cmol kg^{-1}, respectively. When using well water of ionic strength 0.0455 mol L^{-1}, the values ranged between (17.28–28.90), (10.66–14.26), (12.94–16.02), and (0.25–1.01) Cmol kg^{-1}, respectively. While when using well water with higher ionic strength (0.1365 mol L^{-1}), the values ranged between (55.33–72.18), (16.80–33.97), (67.17–116.64), and (0.31–0.94) Cmol kg^{-1} for calcium, magnesium, sodium, and potassium, respectively.

- The results also exhibited that the power function equation (exponential model) was the most appropriate kinetic model for describing the release of cations from the soils at the study sites, as it provided the highest coefficient of determination (R^2) and the lowest standard error (*SE*).
- The findings showed that the cation release rate, according to the power function equation, for Calcium: (594.20–927.80 $\times 10^{-3}$), (714.30–851.60 $\times 10^{-4}$), and (653.10–1778.40$\times 10^{-3}$), for Magnesium: (124.15–1251.00 $\times 10^{-3}$), (599.10–986.20 $\times 10^{-3}$), and (509.20–809.60$\times 10^{-3}$), for Sodium: (665.30–1675.00), (716.70–816.90), and (993.70–1285.40) and for Potassium: (556.80–788.60), (593.40–786.70), and (603.80–803.30) $cmol_c$ kg^{-1} min^{-1} for the soils treated with Tigris River water, well water with ionic strength of 0.0455 mol L^{-1}, and well water with ionic strength of 0.1365 mol L^{-1}, respectively.
- The results exhibited that the leaching efficiency values for cations using the batch method with Tigris River water of ionic strength 0.0078 mol L^{-1} ranged between (0.42–7.10), (3.80–8.88), (0.08–1.65), and (0.66–2.00) Cmol kg^{-1}, when leaching the study soils with well water of ionic strength 0.0455 mol L^{-1}, the values ranged between (6.42–17.18), (6.60–12.41), (0.30–5.29), and (1.00–3.00) Cmol kg^{-1}, when leaching with well water of

ionic strength 0.1365 mol L^{-1}, the values ranged between (6.14–14.06), (7.50–15.17), (2.90–98.00), and (1.00–3.00) Cmol kg^{-1} for calcium, magnesium, sodium, and potassium, respectively.

- The X-ray diffraction (XRD) results of the clay fraction identified the presence of chlorite, smectite, vermiculite, illite, kaolinite, and palygorskite minerals across all sites, both before and after the leaching processes.
- The X-ray fluorescence (XRF) results showed that the percentages of cations (calcium, magnesium, sodium and potassium) ranged between (14.0–17.2%) and (15.4–17.3%), (1.6–2.5%) and (1.9–3.3%), (0.30–0.77%) and (0.57–0.97%), and (0.81–1.64%) and (0.96–1.74%) before and after the leaching processes, respectively.
- The oxide percentage results indicated that CaO% ranged between (19.54–23.00%) and (21.50–24.17%), MgO% between (3.00–4.75%) and (3.21–5.45%), Na_2O% between (0.40–1.04%) and (0.78–1.31%), K_2O% between (0.97–1.33%) and (1.17–1.98%), Fe_2O_3% between (3.68–5.68%) and (4.04–6.97%), Al_2O_3% between (8.03–9.50%) and (8.72–10.13%), and SiO_2% between (36.85–43.36%) and (38.18–43.00%), before and after the leaching processes, respectively.
- The molecular ratios between oxides indicated that the MgO/CaO ratio ranged between (4.68–7.07) and (4.23–7.13), the Al_2O_3/SiO_2 ratio ranged between (4.10–4.59) and (3.60–4.63), and the $(Al_2O_3 + Fe_2O_3)/SiO_2$ ratio ranged between (2.59–3.14) and (2.51–2.89). Meanwhile, the ratio of $(Al_2O_3 + Fe_2O_3 + SiO_2)/ (CaO + MgO + K_2O)$ ranged between (0.45–0.55) and (0.49–0.55), before and after the leaching processes, respectively.

Mosul University

College of Agriculture and

Forestry

Effect of The ionic Strength of Irrigation Water on The Release of Alkaline Cations and Mineral Composition of Some Soils in Northern Iraq

Halmat Awni Saleh Rahman

Ph.D. Thesis
Soil Science and Water Resources

Supervised by

Dr. Abdulqader Abash Sabak Alhadede

Assistant Professor

2025 A.D. **1447 A.H.**