



ISSN 2790 – 5985

eISSN 2790 – 5993

Agriculture College – Wasit University

.....
Dijlah Journal of
Agricultural Sciences
.....

Dijlah J. Agric. Sci. 2(3):146-159, 2024

The effect of organic matter, potassium fertilizer levels, and irrigation water salinity on some thermodynamic parameters during the growth stages of yellow corn.

Elham Bidallah Jabr Al-Quraishi, Abdulkarim Hassan Adhafa, Laith Salim Salman Al-Shahmani

Department of Soil and Water Science, College of Agriculture, University of Wasit, Iraq

Corresponding author : alham.abed.alla@uowasit.edu.iq

Abstract:

A field experiment was conducted in a sandy loam soil at one of the fields of the College of Agriculture, Wasit University, in Al-Kut District, Wasit Governorate, during the autumn season of 2023. The experiment was a factorial experiment using a split-plot arrangement and a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The experiment included three factors: the first factor was two levels of irrigation water salinity (1.26 and 4 dS/m⁻¹), designated S1 and S2 respectively; the second factor was the application of potassium fertilizer (potassium sulfate) at three application levels (0, 50, and 100 kg ha⁻¹), designated K0, K1, and K2 respectively; and the third factor was the application of organic fertilizer (sheep manure) at three application levels (0, 10, and 20 tons ha⁻¹), designated M0, M1, and M2 respectively. Yellow corn seeds of the Baghdad-3 variety were planted on 1/8/2023. Plant samples were taken during the crop growth stages at three planting dates, i.e., after 40, 80 and 120 days from planting. The results showed that the S1M2K2 combination achieved the highest values for all thermodynamic parameters of potassium, ionic strength, ionic activity, activity coefficient and free energy, compared to the S2M0K0 combination, which gave the lowest values for all thermodynamic parameters. By estimating the thermodynamic parameters, the availability of potassium to the soil was determined, as it was moderately available for potassium during the 40 and 80 days from planting dates to soils suffering from a deficiency in potassium availability during the crop maturation stages, i.e., after 120 days from planting. Thus, the thermodynamic criteria were distinguished by very high accuracy and efficiency in their results compared to the results of the traditional chemical criterion, and were more accurate in describing the availability of potassium in the study samples in the short and long term.

Keywords: *organic matter, potassium fertilizer, irrigation water, thermodynamic, yellow corn*

Received:6/10/2024

Accepted:6/11/2022

Published:26/11/2024

أثير إضافة المادة العضوية ومستويات إضافة السماد البوتاسي وملوحة مياه الري في بعض المعايير الثرموديناميكية خلال مراحل نمو نبات الذرة الصفراء

الهام بيدالله جبر القرشي، عبدالكريم حسن عذافة و ليث سليم سلمان الشحماني

قسم علوم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة، جامعة واسط، العراق

الخلاصة

أجريت تجربة حقلية في تربة ذات نسجة مزيجة رملية في أحد حقول كلية الزراعة / جامعة واسط -قضاء الكوت في محافظة واسط خلال الموسم الخريفي 2023، نفذت تجربة عاملية وفقاً لترتيب الألوام المنشفة - المنشفة وتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وبثلاث مكررات. تضمنت التجربة ثلاث عوامل، العامل الأول مستويين لملوحة مياه الري (1.26 و 4 ديسيمنز م⁻¹) ورمز لها S1 و S2 على التتابع والعامل الثاني هو إضافة السماد البوتاسي المتمثل بكبريتات البوتاسيوم بثلاث مستويات إضافة هي (0 ، 50 ، 100 كغم ه⁻¹) ورمز لها K0 و K1 و K2 على التتابع ، أما العامل الثالث فقد تضمن إضافة السماد العضوي (مخلفات الاغنام) بثلاث مستويات إضافة هي (0 ، 10 ، 20 طن ه⁻¹) ورمز لها بالرمز (M0 و M1 و M2) على التتابع. تمت زراعة بذور الذرة الصفراء صنف بغداد -3- بتاريخ 2023/8/1 ، اخذت عينات نباتية خلال مراحل نمو المحصول لثلاث مواعيد من الزراعة اي بعد مرور 40 يوم و80 يوم و 120 يوم من الزراعة وتم تقدير كل من ايون الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم الذائب بالتربة خلال هذه المواعيد لحساب المعايير الثرموديناميكية للبوتاسيوم والمتمثلة بالقوة الايونية والفعالية الايونية ومعامل الفعالية والطاقة الحرة، بينت النتائج ان التوليفة S1M2K2 حققت اعلى قيم لكافة المعايير الثرموديناميكية للبوتاسيوم والمتمثلة بالقوة الايونية والفعالية الايونية ومعامل الفعالية والطاقة الحرة مقارنة مع توليفة S2M0K0 التي اعطت اقل قيم لكافة المعايير الثرموديناميكية حيث من خلال تقدير المعايير الثرموديناميكية تم معرفة جاهزية البوتاسيوم للتربة حيث كانت متوسطة التجهيز للبوتاسيوم خلال موعد 40 و 80 يوم من الزراعة الى ترب تعاني نقص في التجهيز للبوتاسيوم خلال مراحل نضج المحصول اي بعد مرور 120 يوم من الزراعة ، وبهذا فقد امتازت المعايير الثرموديناميكية بدقة وكفاءة عالية جدا في نتائجها مقارنة بنتائج المعيار الكيميائي التقليدي وكانت اكثر دقة في وصف جاهزية البوتاسيوم في عينات الدراسة أنيا وعلى المدى البعيد.

الكلمات المفتاحية: المادة العضوية، سماد البوتاسيوم، مياه الري، الديناميكا الحرارية، الذرة الصفراء

المقدمة:

ان نوعية مياه الري لها دور مهم واساسي في تحديد نوعية التربة وانتاجيتها فالترب الجيدة ذات الإنتاجية العالية تتحول بمرور الوقت الى ترب غير جيدة وقد تصبح في وقت ما غير منتجة بسبب تراكم الاملاح المنقولة مع مياه الري وبالتالي يؤثر هذا المحتوى من الاملاح على صفات التربة الفيزيائية والكيميائية وجاهزية العناصر الغذائية والنشاط الحيوي للأحياء، وان مدى تأثير المحاصيل بالملوحة يختلف حسب نوع المحصول ومن أجل وضع الحلول المناسبة لمشكلة ملوحة مياه الري وتأثيراتها غير المباشرة في الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة وبالتالي تأثيرها في جاهزية وامتصاص العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات فلا بد من استخدام بعض التقنيات التي تقلل من الاجهاد الملحي لهذه المياه على التربة مثل استخدام اسمدة عضوية او اسمدة حيوية (Ait-El-Mokhtar وآخرون، 2019).

ويعد عنصر البوتاسيوم من العناصر الاساسية لنمو النباتات وتطورها وهو الايون الموجب الأكثر وفرة في النباتات، ويشكل حوالي 3-5% من اجمالي وزن النبات الجاف وله دور مهم واساسي في تغذية النبات (Marschner , 1995). بين Reetz وآخرون (2005) أن صور وحالات البوتاسيوم في التربة، لذا فان طرائق القياس التقليدية للبوتاسيوم في التربة تعد مقياًساً غير دقيق للتعبير عن جاهزية البوتاسيوم والتنبؤ عن قوة تجهيز وجود البوتاسيوم في التربة مما أدى بالباحثين إلى اعتماد معايير أخرى وهي المعايير الثرموديناميكية والحركية في دراسة قدرة التربة على التجهيز للبوتاسيوم باستعمال معايير

القوة الأيونية ومعامل الفعالية ومعايير السعة والشدة والسعة التنظيمية وفعالية البوتاسيوم وهذا يتطلب إجراء القياسات الترموديناميكية للحصول على النتائج التي تصف حالة البوتاسيوم بشكل أكثر دقة .

تعد الأسمدة العضوية ومستخلصاتها المائية ومكوناتها مؤثرة حيويًا وكيميائيًا في النبات، إذ تساعد النبات على زيادة نشاطه ونموه لاحتوائها على الأحماض الأمينية والهرمونات النباتية والعناصر الغذائية فضلًا عن دورها في زيادة الجهد الأزموزي للنبات ومقاومة الاجهاد المائي والملحي (Pettit, 2003). إن إضافة المخلفات العضوية يعد من الأمور الإيجابية والفعالة في تقليل ضرر ملوحة ماء الري وزيادة تحمل النبات من خلال تحسين توزيع مسامات التربة التي تزيد بدورها من قابلية مسك الماء والتهوية وتزيد من إفرازات الجذور مثل بعض الحوامض العضوية التي تنظم pH التربة وتقلل من التأثير الضار للأملاح في محلول التربة (El-Dardiry, 2007). كذلك للمخلفات العضوية دورًا في سرعة غسل أيون الصوديوم وخفض نسبة أيون الصوديوم المتبادل والإيصالية الكهربائية وكذلك تعمل على تعديل التوازن الغذائي في التربة التي يختل بوجود زيادة من أيونات معينة على حساب عناصر غذائية ضرورية وتحسين ظروف التهوية وحركة الأوكسجين لأحياء التربة فيزداد النشاط الحيوي وجاهزية العناصر الغذائية (Walker and Bernal, 2008 ; Lakhdar وآخرون, 2010).

ومن أجل الحصول على أفضل مردود اقتصادي يجب أن يتم اختيار محصول ملائم لظروف المنطقة والتربة وبنفس الوقت ذو أهمية اقتصادية وغذائية و يعد محصول الذرة الصفراء *Zea mays L.* من أهم محاصيل الحبوب إذ تأتي بالمرتبة الثالثة بعد الحنطة والرز وقد أخذت أهميتها تزداد بسبب استنباط الهجن والأصناف التركيبية الغزيرة الإنتاج وتستعمل في عدة مجالات مثلًا كغذاء للإنسان وفي الوقود الحيوي وكعلف للحيوان ولا سيما في تغذية الأبقار والدواجن وفي صناعات أخرى إلا أنه المساحات المزروعة متدنية لعدة أسباب منها عدم اتباع أساليب زراعية مناسبة والإضافات غير المدروسة للأسمدة والإصابة بالأمراض التي تؤثر على الحبوب والحاصل البيولوجي (FAO, 2012). وهدفت هذه الدراسة إلى معرفة مدى تأثير إضافة الأسمدة العضوية وسماد كبريتات البوتاسيوم والري بمياه مالحة وتداخلتهما في دراسة مقدار القوة التجهيزية للتربة من أيون البوتاسيوم باتباع الطريقة الترموديناميكية.

المواد وطرائق العمل:

نفذت التجربة الحقلية في أحد حقول كلية الزراعة / جامعة واسط - مركز قضاء الكوت في محافظة واسط على خط طول 45.842733 شمالاً وخط عرض 32.497105 شرقاً. والمصنفة تربتها إلى مستوى تحت المجاميع العظمى *Vertric Torrifluvents* حسب البديري (2022)، حيث زرعت بذور الذرة الصفراء التي تم الحصول عليها من محطة أبحاث الصويرة - واسط - العراق، في العروة الخريفية 2023. وتمت تهيئة الحقل قبل الزراعة وذلك بإجراء عمليات الحرث بواسطة المحراث الثلاثي القلاب ونعمت باستخدام المحراث القرصي، وقسم الحقل إلى ثلاثة قطاعات تركت مسافة قدرها 2 م بين قطاع وآخر، وقسم القطاع الواحد إلى ثلاث قطع وهذه القطع قسمت إلى 9 وحدات تجريبية تركت مسافة بين قطعة وأخرى مسافة 2 م وبين وحدة تجريبية وأخرى ضمن القطعة الواحدة مسافة 0.50 م وذلك لسهولة خدمة المحصول ومنع التداخل لجبهات الترطيب والتداخل بين المعاملات المختلفة. وقد تمت زراعة بذور الذرة الصفراء *Zea mays L.* صنف بغداد -3- في العروة الخريفية بتاريخ 2023/8/1، إذ قسمت الوحدات التجريبية إلى ثلاثة خطوط المسافة بين خط وآخر 75 سم، وبين نبات وآخر 25 سم وتم اتباع الكثافة النباتية 53333 نبات هـ¹ إذ تم وضع ثلاث بذور في كل جورة وبعد حصول الإنبات خفت إلى نبات واحد في كل جورة.

وبعد اكتمال نمو المحصول وظهور علامات النضج تم الحصاد بتاريخ 2023/12/4. وقد تم تنفيذ تجربة عاملية وفقاً لترتيب الألواح المنشقة - المنشقة Split-Split Plot وبتصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD وبثلاث مكررات وتضمنت عوامل التجربة ثلاث عوامل هي :-

العامل الأول (ملوحة مياه الري): تم استخدام نوعين من مياه الري وبمستويين ملحيين مختلفين هما (1.26) ديسيسمنزم¹ ويرمز له بالرمز S1 والأخر (4) ديسيسمنزم¹ ويرمز له بالرمز S2، إذ تم جمع المياه المالحة من إحدى المبالز الحقلية للأراضي الزراعية الواقعة غرب ناحية واسط في منطقة الدجيلي وكانت ملوحة ماء المبرز حوالي 48 ديسيسمنزم¹ وقد تم

تخزين كمية كافية في خزانات في موقع اجراء التجربة، تم تحضير مياه ذات ملوحة 4 ديسيمنزم¹ من خلال خلط مياه الميزل مع مياه نهر دجلة ذو ملوحة 1.26 ديسيمنزم¹.

العامل الثاني (مستويات البوتاسيوم المضافة) حيث تم إضافة البوتاسيوم على هيئة سماد كبريتات البوتاسيوم (K₂SO₄) التي تكون نسبة البوتاسيوم فيه (50%) بثلاث مستويات (بدون إضافة، إضافة بواقع 50 كغم K⁻¹، إضافة بواقع 100 كغم K⁻¹) والتي رمز لها بالرمز (K₂, K₁, K₀) على التتابع. حيث تمت الإضافة الى التربة قبل الزراعة بأسبوع وخلطت مع الطبقة السطحية للتربة.

العامل الثالث (السماد العضوي) استخدم سماد مخلفات الأغنام بعد تخميرها وبثلاث مستويات 0 (معاملة المقارنة)، 10 ميكا غرام سماد عضوي ه⁻¹، 20 ميكا غرام سماد عضوي ه⁻¹ ورمز لها بالرمز (M₂, M₁, M₀) بالتتابع، واضيفت خطأ مع التربة قبل الزراعة.

تم تسميد جميع الوحدات التجريبية بعنصر النتروجين بواقع 175 كغم ه⁻¹ بسماد اليوريا (N%46) بواقع دفعتين الأولى بعد الخف (بعد شهر من الزراعة) والدفعة الثانية عند الأزهار (بعد شهرين من الزراعة)، وعنصر الفسفور بواقع 109 كغم ه⁻¹ بسماد الداب (فوسفات ثنائي الامونيوم) (N%18، P%46) وبدفعة واحدة عند الزراعة.

تحليل الأيونات الذائبة

ايون الصوديوم والبوتاسيوم الذائبين

تم تقديرهما باستعمال جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) في راشح تربة: ماء بنسبة (1:1) كما جاء في Page لا وآخرون (1982).

ايون الكالسيوم والمغنيسيوم

تم تقديرهما حسب طريقة Richards (1954). والتي تتضمن التسحيح مع الفرسنيث (Na₂ EDTA 0.01N) وباستخدام دليل الميروكسايد لتقدير ايون الكالسيوم واستخدام دليل E.B.T عند تقدير ايون الكالسيوم والمغنيسيوم معاً لتوضيح نقطة نهاية التفاعل.

المعايير الترموديناميكية

القوة الايونية (I) Ionic strength :

تم حساب القوة الايونية من قيم الايصالية الكهربائية للمستخلصات المائية وحسب العلاقة المقترحة من قبل Griffin and Jurinak الاتية.

$$I = 0.013 \times EC \text{ ----- (1)}$$

اذ ان:

$$I = \text{القوة الايونية (مول لتر}^{-1}\text{)}$$

$$EC = \text{الايصالية الكهربائية للمستخلص (ديسيمنزم م}^{-1}\text{)}$$

الفعالية ومعامل الفعالية (a and f) Activity and Activity Coefficient :

تم حساب الفعالية الايونية (a) للبوتاسيوم والايونات الاخرى من قيم التركيز وحسب العلاقة:

$$a_i = f_i \times C_i \text{ ----- (2)}$$

اذ ان :

$$C_i = \text{التركيز المولاري (مول لتر}^{-1}\text{)}$$

معامل الفعالية للأيون = f_i

اما بالنسبة لمعامل الفعالية (f_i) للأيون المنفرد فقد تم حسابه باستعمال معادلة Debye-Huckel الواردة في Lindsay (1979):

$$-\log f_i = (A Z_i^2 \sqrt{I} / (1+B d_i \sqrt{I})) \text{-----} (3)$$

اذ ان :

Z_i : شحنة الايون Valence

A و B : ثوابت المعادلة (A =0.509 ، B = 0.303)

d_i : الحجم المؤثر effective size (the mean diameter) للايون في المحلول

وهذه القيمة تختلف باختلاف الايون وكالاتي: ($d_i K = 3$, $d_i Ca = 6$, $d_i Mg = 8$).

Activity Ratio (ARK) نسبة نشاط او فعالية الايونات

حسبت نسبة النشاط للبيوتاسيوم (ARK) في الرواشح من قيم الفعالية الايونية لكل من البيوتاسيوم، الكالسيوم والمغنيسيوم

(a_{Ca} ، a_{Mg} ، a_k) وحسب المعادلة :

$$ARK = a_k / \sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}} \text{-----} (4)$$

ويعبر عن فعالية الايون بالمول لتر⁻¹.

Free energy (-ΔF) الطاقة الحرة للاستبدال

تم حساب قيم الطاقة الحرة للاستبدال حسب المعادلة المقترحة من قبل (Woodruff, 1955)

$$\Delta F = -2.303 RT \text{Log} (a_k / \sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}}) \text{-----} (5)$$

اذ ان :

ΔF = الطاقة الحرة للاستبدال بين البيوتاسيوم والكالسيوم + المغنيسيوم مقاسة بالسعرة مول⁻¹

R = ثابت الغازات = 1.987 سعرة درجة⁻¹ مول⁻¹.

T = درجة الحرارة المطلقة = 298 عند درجة حرارة 25 م⁰.

لذلك اصيحت المعادلة بالشكل الاتي:

$$\Delta F = -1.364 \times \text{Log} ARK \text{-----}(6)$$

النتائج والمناقشة : القوة الايونية (مول لتر⁻¹)

يلاحظ من الجدول (1) تأثير اضافة المادة العضوية ومستويات السماد البوتاسي والري بمياه مالحة والتداخل بينهما في قيم القوة الايونية للبتواسيوم خلال مراحل نمو المحصول وفيه يتضح انخفاض في قيم القوة الايونية خلال مراحل نمو المحصول حيث تراوحت بين (0.0286 - 0.0446) مول لتر⁻¹ في الموعد الأول (بعد مرور 40 يوم من الزراعة) وبين (0.0364 - 0.0248) مول لتر⁻¹ في الموعد الثاني (بعد مرور 80 يوم من الزراعة) وبين (0.0181 - 0.0299) مول لتر⁻¹ في الموعد الثالث (بعد مرور 120 يوم من الزراعة) ويعزى سبب انخفاض قيم القوة الايونية للبتواسيوم خلال مراحل نمو المحصول إلى حصول حالة استنزاف للبتواسيوم خلال مراحل نضج المحصول أكثر مما في مرحلة النمو الخضري ومن ثم انخفاض محتوى البوتاسيوم ، حيث اظهرت النتائج تأثيراً معنوياً للقوة الايونية في تركيز ايون البوتاسيوم في المجموع الخضري للنبات.

ان زيادة تراكيز الايونات الناتجة عن تملح التربة في وسط النمو تسبب فقدان النباتات لقابليتها الاختيارية في امتصاص العناصر المغذية وخاصة ايون البوتاسيوم بوجود ايون الصوديوم وذلك لان التنافس بين ايوني الصوديوم والبوتاسيوم يكون على حامل ايوني مشترك مما يقلل من امتصاص ايون البوتاسيوم بسبب زيادة تركيز الصوديوم في التربة وهذا يتفق مع ما توصل اليه AL-Rekaby (2010) و اذيبب واخرون (2013). كما تبين انخفاض معدل قيم القوة الايونية مع الزمن ويعزى ذلك الى دور المادة العضوية المضافة في مسك الايونات ذات التأثير الملحي المتمثلة بالكالسيوم والمغنسيوم ومن ثم خفض قيم الايصالية الكهربائية مع الزمن، وبشكل عام وضمن نفس المرحلة يلاحظ ان قيم القوة الايونية كانت اعلى بقليل او لم تختلف معنوياً بالنسبة للمعاملات التي لم يضاف لها المادة العضوية ، ويعزى سبب ذلك الى دور المادة العضوية في رفع قيم التوصيل الكهربائي بسبب تحرير ايون الهيدرونيوم H3O الناتج من تحلل المادة العضوية والذي يمتاز بالتوصيل النوعي العالي وهذا يتفق مع ما توصل اليه عبد الرسول واخرون (2009).

(2011) الذين وجدوا ارتفاعاً في معدل قيم القوة الايونية للمعاملات التي تحتوي على مواد عضوية قياساً بالمعاملات التي لم يتم إضافة المادة العضوية لها وهذا قد يتفق مع نتائج Asgari واخرون (2012) وعبود وعباس (2013) الذين بينوا ان زيادة القوة الايونية في التربة تعمل على انخفاض تركيز ايون البوتاسيوم في الوزن الجاف للنبات والحبوب. كما يلاحظ ان انخفاض تركيز ايون البوتاسيوم يكون طردياً مع زيادة القوة الايونية لمحلول التربة ويعزى ذلك الى الاملاح الموجودة في التربة وهذا يتوافق مع ماتوصل اليه العزاوي (2018) .

وقد أعطت معاملة ذات توليفة S1M2K2 أفضل قيم للقوة الايونية خلال مراحل النمو أي بإضافة المادة العضوية وخاصة لمستوى الاضافة M2 واطافة السماد البوتاسي المتمثل بـ (كبريتات البوتاسيوم) عند مستوى K2 مع اقل مستوى لملوحة مياه الري S1 حيث تراوحت بين (0.0286 - 0.0248 - 0.0181) مول لتر⁻¹ بالتتابع بالمقارنة مع معاملة S2M0K0 حيث اعطت اعلى قيم للقوة الايونية خلال مراحل نمو المحصول التي تراوحت بين (0.0446 - 0.0364 - 0.0299) مول لتر⁻¹ بالتتابع وهذا يتفق مع ما توصلت إليه مجيد (2020).

فعالية ومعامل فعالية البوتاسيوم (مول لتر⁻¹)

تشير النتائج الموجودة في جدول (1) الى قيم فعالية البوتاسيوم التي تراوحت بين (4⁻ 10 × 5.227 - 4⁻ 10 × 9.574) مول لتر⁻¹ في الموعد الاول ، وبين (4⁻ 10 × 8.935 - 4⁻ 10 × 3.526) مول لتر⁻¹ في الموعد الثاني وبين (7.183 × 10⁻⁴ - 1.986 × 10⁻⁴) مول لتر⁻¹ في الموعد الثالث حيث أعطت اعلى قيمة لفعالية البوتاسيوم معاملة ذات توليفة S1M2K2 و اقل قيمة اعطتها معاملة ذات توليفة S2M0K0، إذ أن الفعالية الايونية هي مقياس لنشاط الايون والذي يمتصه النبات بشكل اساسي من الجزء الذائب في محلول التربة كذلك يلاحظ أن قيم الفعالية الايونية شهدت انخفاضاً خلال مراحل النمو لكن الإضافات السمادية أدت إلى زيادة الفعالية الايونية للبتواسيوم وخاصة إضافة السماد البوتاسي وعند مستوى K2 ، وهذا يؤكد ما توصل إليه حيث يؤكد ان هناك علاقة خطية معنوية بين فعالية ايون البوتاسيوم والإضافات السمادية البوتاسية وهذا يتوافق مع ما توصل اليه عبد الرسول (2007) و Sposito (2008) .

و يظهر ان الانخفاض في قيم معامل الفعالية للبتاسيوم مرتبط بتغير القوة الايونية وكذلك ال EC وطبيعة الايونات المنافسة لأيون البوتاسيوم الموجود في معقد التربة وقد يعزى ذلك الى زيادة تحلل المادة العضوية مع الزمن الامر الذي يسهم في تحرر كمية اكبر من البوتاسيوم في وسط التوازن وانخفاض في فعالية الايونات الثنائية التكافؤ كالكالسيوم والمغنسيوم بسبب تعرضها الى عملية الامتزاز على اسطح الغرويات العضوية حيث ان إضافة المادة العضوية قد تسهم وبشدة في زيادة فعالية البوتاسيوم في وسط التوازن للتربة كما ان نواتج تحلل المادة العضوية لها دور في زيادة تحرر البوتاسيوم من مواقع التثبيت في الهيكل البلوري لمعادن الطين ومن ثم تحرر السليكون والبوتاسيوم ومن ثم زيادة فعالية ايون الهيدروجين في التربة ويزداد تحرر البوتاسيوم من الهيكل البلوري لمعادن الطين مع زيادة وجود ايون الهيدروجين في وسط التوازن وهذا ما اكده الجبوري وآخرون (2011) والعبدي (2013).

وبصورة عامة قد يلاحظ انخفاض في قيم الفعالية الايونية للبتاسيوم عند مرحلة نضج المحصول ويعزى سبب ذلك الى الاستنزاف البيولوجي العالي للبتاسيوم من قبل النبات في هذه المرحلة، إذ التركيز حسب المعيار التقليدي يوجد تركيز عالي للبتاسيوم لكن من ناحية المفهوم الثرموديناميكي يكون هذا ايون البوتاسيوم غير جاهز انيا لكن يعتبر خزين جيد للتربة في المستقبل يعتمد على الظروف البيئية والجيوكيميائية المحيطة به التي تعمل على زيادة التجهيز للتربة وهذه تعتبر مهمه من الناحية التجهيزية للبتاسيوم بالنسبة للنبات انيا وعلى المدى البعيد وهذا يتفق مع ما توصل اليه محمود (2018)، وهذا الكلام ينطبق مع معامل الفعالية كذلك حيث يلاحظ تفوق معاملة التداخل الثلاثي بالنسبة لمعامل فعالية البوتاسيوم SIM2K2 الذي بلغت (0.8422 – 0.8509 – 0.8689) مول لتر⁻¹ بالتتابع على معاملة S2MOK0 الذي بلغت (0.8124 – 0.8264 – 0.8393) مول لتر⁻¹ بالتتابع خلال مراحل نمو المحصول (اي بعد مرور 40 و80 و120 يوم من الزراعة) نتيجة الإضافات السمادية ونوعية المياه المستخدمة فقد اعطت معاملة (S1) افضل نتائج من معاملة (S2) حيث كان تأثير الانخفاض لمعاملات (S2) تأثير معنوي لانخفاض قيم معامل الفعالية الايونية للبتاسيوم قياسا بمعاملات ال (S1) خلال مراحل نمو المحصول كذلك يلاحظ أن زيادة مستوى السماد البوتاسي المضاف لاسيما (K2) يؤدي الى زيادة في قيم معامل الفعالية الايونية للبتاسيوم قياسا بعدم الاضافة (K0) الذي خفض من قيم هذا المعيار، وقد حصلت زيادة لقيم معامل فعالية ايون البوتاسيوم كذلك عند مقارنة مستويات اضافة السماد العضوي (M1, M2) قياسا مع معاملة المقارنة (M0) ، ويعزى ذلك الى دور المادة العضوية في تحرر البوتاسيوم في وسط التوازن بسبب محتوى المادة العضوية من البوتاسيوم فضلا عن دور المادة العضوية في جذب الايونات ذات التكافؤ العالي المتمثل بالكالسيوم والمغنسيوم وتقليل فعاليتها في وسط التوازن هذا من جانب ومن جانب اخر فان نواتج تحلل المادة العضوية والمتمثلة بالمجاميع الكربوكسيلية والفينولية ، التي تحرر ايونات الهيدروجين الامر الذي يسهم في زيادة تحرر جزء من البوتاسيوم من مواقع التثبيت وهذا ما أكده عيسى (2022).

نشاط البوتاسيوم ARK (مول لتر⁻¹)

يعبر ARK عن نسبة نشاط البوتاسيوم الى نشاط الكالسيوم + نشاط المغنسيوم في تربة الدراسة حيث يعبر عن التركيز الكيميائي للبتاسيوم المتحرك الى التركيز لايونات الكالسيوم والمغنسيوم الموجودة في التربة والذي يعبر عنه بعامل الشدة حيث تراوحت نسبة نشاط البوتاسيوم (ARK) لتربة الدراسة بين (0.0129 - 0.0071) مول لتر⁻¹ بعد مرور 40 يوم من الزراعة وبين (0.0144- 0.0088) مول لتر⁻¹ بعد مرور 80 يوم من الزراعة وبين (0.0168-0.0101) مول لتر⁻¹ بعد مرور 120 يوم من الزراعة، حيث تشير النتائج التي تم التوصل اليها الى انخفاض هذا المؤشر في المعاملات التي لا يوجد فيها إضافة للمادة العضوية للمراحل الثلاث وكذلك في المعاملات التي لم يضاف لها السماد المعدني أي السماد البوتاسي عند الري بالمياه المالحة او العذبة لكن عند إضافة السماد البوتاسي لاسيما بإضافة المستوى (K2) قد أدى الى زيادة قيم هذا المؤشر قياسا بعدم الاضافة (K0) اذ يلاحظ هذا التفوق للتسميد البوتاسي عند جميع مستويات اضافة السماد العضوي (M1, M2) (M0) وكذلك كافة معاملات الري (S1, S2) خلال مراحل نمو المحصول وهذا يؤكد دور المستويات العالية من اضافة السماد البوتاسي في رفع قيمة فعالية ايون البوتاسيوم لكونه المؤشر المسؤول عن تغذية النبات وهذا يتفق مع ما وجدته Biswas وآخرون (1989). اما بالنسبة لمستويات اضافة السماد العضوي فيلاحظ ان هناك دورا ايجابيا لمستويات الاضافة (M1, M2) بالمقارنة مع حالة عدم الاضافة (M0) في زيادة نسبة نشاط البوتاسيوم (ARK) من خلال دورها في زيادة جاهزية

العناصر المغذية الكبرى والصغرى وبالتالي أهميتها في المحافظة على المستوى الخصوبي للتربة والذي ينعكس على هذا المؤشر وهذا يتفق مع ما توصل إليه عبد الرسول (2007).

وان انخفاض قيم نسبة نشاط البوتاسيوم (ARK) في مراحل نمو المحصول قد يعكس الدور البيولوجي في خفض قيم هذا المعيار مع استمرار ظروف الزراعة وهذا يتفق مع ما وجدته السعدي (2007). وكذلك يعزى هذا الانخفاض الى امتصاص ايون البوتاسيوم من قبل النبات خلال مراحل نموه المبكرة .

يلاحظ كذلك من الجدول(1) دور اضافة مستويات من السماد المعدني والسماد العضوي والري بمياه مالحة وعذبة والتداخل بينهما في قيم نسبة نشاط البوتاسيوم(ARK) خلال مراحل نمو المحصول وقد اعطت معاملة الري بمياه عذبة(S1) أفضل مستوى في المحافظة على قيم هذا المؤشر وخلال زراعة محصول الذرة الصفراء بالمقارنة مع معاملة الري بمياه مالحة (S2) وبالتالي قد يعكس هذا المعيار دور معاملات الري (S1 و S2) في المحافظة على مستويات انتشار الرطوبة لتربة الجذور والمستوى الذي يحافظ على انتظام توزيع الأسمدة العضوية والمعدنية ضمن نطاق المجموع الجذري وتجهيز المغذيات الأساسية للنبات ويتفق هذا مع ما وجدته رشيد واخرون (2013). ولهذا نلاحظ تفوق معاملة SIM2K2 على معاملة S2MOKO خلال مراحل النمو. كما يلاحظ انخفاض قيم نشاط البوتاسيوم (ARK) خلال مراحل نمو النبات بالنسبة للمعاملات التي لم يضاف لها السماد العضوي بالمقارنة مع مستويات السماد العضوي المضاف لكن إضافة المادة العضوية او السماد العضوي وخاصة عند مستوى (M2) الذي يمتاز بارتفاع قيم نشاط ايون البوتاسيوم خلال مراحل نمو النبات وقد يعزى ذلك الى حالة التداخل بين الغرويات العضوية والمعدنية في تقليل تأثير فاعلية المغنسيوم والكالسيوم في وسط التوازن عن طريق عمليتي الامتزاز والترسيب لكلا الايونين , ومن ثم زيادة نشاط ايون البوتاسيوم في وسط التوازن , فضلا عن تعرض المادة العضوية الى التحلل مع الزمن , الامر الذي يسهم وبشدة في زيادة كمية البوتاسيوم النشط في وسط التوازن وهذا ما اكده التميمي (2017) .

كما لوحظ ان زيادة نشاط ايون البوتاسيوم بزيادة مستويات إضافة الاسمدة البوتاسية وخصوصا في المراحل المبكرة ويعزى سبب ذلك الى تعرض جزء من ايون البوتاسيوم الى الامتزاز ومن ثم إعادة تخزينه في وسط التوازن أما في المراحل المتقدمة فقد أظهرت النتائج ان هناك حالة تداخل بين الغرويات العضوية المعدنية في تقليل المغنسيوم والكالسيوم في وسط التوازن و زيادة نشاط ايونات البوتاسيوم في وسط التوازن لامتزاز وترسيب ايونات الكالسيوم والمغنسيوم بدرجة أساسية ويعزى السبب هنا لخصائص العينات المعتمدة في البحث من حيث نسجة التربة والايصالية الكهربائية للتربة وطبيعة الايونات الموجبة والسالبة الموجودة في محلول التربة وايضا السعة التبادلية الكاتيونية للتربة وهذا بحسب ما توصل اليه العزاوي (2018) .

الطاقة الحرة (سعرة مول⁻¹)

يمكن ايضا التداخل بين فعالية الايونات الاخرى مع فعالية ايون البوتاسيوم في محلول التربة من خلال ما يوضحه معيار الطاقة الحرة ($-\Delta F$) والمحسوبة بالمعادلة المقترحة من قبل Wood ruff (1955) معبرا عن ذلك بوحدة سعرة مول⁻¹ الذي قسم الترب الى :-

ترب تعاني من نقص في تجهيز البوتاسيوم (3000-4000) سعرة مول⁻¹

ترب متوسطة التجهيز للبوتاسيوم (3000-2000) سعرة مول⁻¹

ترب عالية التجهيز للبوتاسيوم (اقل من 2000 -) سعرة مول⁻¹ وحسب هذا التصنيف المقترح يتم تصنيف تربة الدراسة حيث كانت ضمن تصنيف ترب المتوسطة التجهيز للبوتاسيوم بعد مرور 40 يوم من الزراعة حيث تراوحت بين (2501.14 _ -2799.52) سعرة مول⁻¹ وكذلك بعد مرور 80 يوم من الزراعة تعتبر ضمن ترب المتوسطة التجهيز للبوتاسيوم حيث كانت قيمتها بين (2622.56 _ -2869.97) سعرة مول⁻¹ أما بعد مرور 120 يوم من الزراعة فأنها تقع ضمن تصنيف الترب التي تعاني من نقص في تجهيز ايون البوتاسيوم والتي تراوحت بين (2920.32 _

3399.24 (-) سعرة مول⁻¹ , لقد استخدمت قيمة ΔF - من خلال معادلة Wood ruff وطبقت بنجاح في تقييم حالة ايون البوتاسيوم وجاهزيته , واعتبر هذا المعيار الترموديناميكي معبرا عن حالة ايون البوتاسيوم في معقد التبادل, وهذا يعني ان الترب التي اضيف اليها البوتاسيوم معدني كانت تعاني من نقص تجهيز البوتاسيوم في المراحل المبكرة بعد الزراعة بسبب تعرض البوتاسيوم المضاف الى عملية الامتزاز والتثبيت اما في المراحل المتأخرة أي بعد مرور (120 يوما) من الزراعة فكان للبوتاسيوم المضاف له دور في تحسين تجهيز البوتاسيوم في التربة ويعزى ذلك الى دور جزء البوتاسيوم المعدني المضاف او المتحرر من تجربة معادن التربة وبسبب التجوية هو إضافة مياه الري مع الزمن وكذلك يعزى الى دور المادة العضوية في زيادة قيم الطاقة الحرة للبوتاسيوم وهذا قد يعود الى محتوى المادة العضوية من البوتاسيوم وتحرره مع الزمن بسبب عملية التحلل .

ولقد تزداد القيم السالبة للطاقة الحرة مع موسم النمو نتيجة الاستنزاف العالي من قبل النبات في مرحلة نضج المحصول، كما ان التغيرات النسبية في قيم الطاقة الحرة يرتبط بصورة مباشرة بتغير النسبة بين فعالية الايونات الثلاثة (الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم) التي تتغير بتغير محلول التربة وحالات الاتزان ونسبة المادة العضوية وهذا ما اكده الزبيدي والربيعي (2002).

اما بالنسبة لمعاملات نوعية مياه الري فقد حصلت فروقات واضحة في قيم الطاقة الحرة خلال مراحل نمو النبات ولمختلف هذه المعاملات حيث أعطت معاملة الـ (S1) افضل كقيم للطاقة الحرة مقارنة بمعاملة الـ (S2) حيث كانت هناك فروقات معنوية في المعاملات المستخدمة , كما يتضح أن هناك ارتفاعا تدريجيا في القيم السالبة للطاقة الحرة مع زيادة مستويات البوتاسيوم (K1 , K2) بالمقارنة مع معاملة السيطرة , ويمكن ان يشير إلى انخفاض القوة التجهيزية للبوتاسيوم للمعاملة (K0) مع موسم النمو وبشكل قليل لا يوازي القوة الاستنزافية للمحصول ويتفق هذا مع نتائج السعدي (2007) و السماك (2009) .

كما لوحظ أنه مع زيادة مستويات الإضافة للمادة العضوية (M1, M2) أدى إلى ارتفاع القيم السالبة للطاقة الحرة، ويزداد مع زيادة مستوى اضافة السماد العضوي ، وذلك لدور المادة العضوية في زيادة مواقع الامتزاز وهذا يتفق مع الزبيدي (2010) و الجبوري واخرون (2011) إذ حصلوا على زيادة معنوية لقيم السعة التبادلية للأيونات الموجبة نتيجة زيادة مواقع الامتزاز على سطوح المادة العضوية من نوع الذي يعرف بالمواقع السطحية (Planer Position) التي تمتاز بقوة ارتباط ضعيفة ولا تحتاج الى طاقة تحرر عالية , فضلا عن دور المادة العضوية في زيادة تحرر ايونات الهيدروجين التي تسهم في زيادة تحرر البوتاسيوم وإنتاج الاحماض الدبالية من تحلل المادة العضوية التي لها دور في عملية تحطم المعادن الحاوية على البوتاسيوم فضلا عن تأثير نواتج تحللها المتمثلة بالمجاميع الكربوكسيلية والفينولية التي تحرر ايون الهيدروجين الى وسط التوازن عند تحللها وهذا ما اكده عيسى (2022) .

ان الاختلاف في قيمة ΔF - في التربة المدروسة يرتبط بشكل مباشر بين فعالية البوتاسيوم الى فعالية (الكالسيوم + المغنسيوم) او ما يطلق عليها بـ ARK ، وهذه تتغير بدورها بتغير ظروف محلول التربة ومحتواها من الكاتيونات المذكورة وقيمة CEC وكذلك EC و pH ونسبة المادة العضوية فقد زادت أضافتها الى التربة من قيمة الطاقة الحرة للبوتاسيوم , وكان تصنيف تربة الدراسة خلال مراحل نمو المحصول بين متوسطة الى نقص في التجهيز للبوتاسيوم خلال موسم النمو والذي يعود لدور المادة العضوية في التربة قد زاد من ايون البوتاسيوم وزيادة تحرره مع الزمن ودور هذه المادة من خلال محتواها من الاحماض العضوية التي تحطم جزء من هذه المعادن بمرور الزمن وزيادة لتجهيز ايون البوتاسيوم بزيادة تحطم المعادن الحاوية عليه وهذا يتفق مع نتائج ما توصل اليه محمود (2018) و العزاوي (2018) .

من الجدول (1) يلاحظ بصورة عامة ان هناك ارتفاعا في القيم السالبة للطاقة الحرة خلال موسم النمو مع تقدم مراحل النمو للمعاملات المسمدة والغير مسمدة، وهذا قد يعود الى انخفاض القوة التجهيزية للبوتاسيوم مع تقدم مراحل النمو بشكل قليل لا يوازي القوة الاستنزافية للمحصول وهذا يدل على ضعف قدرة التربة على تعويض النقص الحاصل في ايون البوتاسيوم الجاهز للنبات وهذا يتفق مع ما توصلت اليه مجيد(2020) حيث تزداد القيمة السالبة للطاقة الحرة مع تقدم موسم النمو .

Conclusions 5-الاستنتاجات

اوضحت المعايير الترموديناميكية سلوكية ايون البوتاسيوم في التربة وتأثيره على امتصاصه من قبل النبات خلال مراحل النمو في ضوء التسميد البوتاسي والمعدني التي أشارت إلى ارتفاع قيم معيار الفعالية الايونية بارتفاع مستويات اضافة الاسمدة مما يشير للاستنزاف البيولوجي نتيجة زراعة المحصول , كما حصل انخفاض للقيم السالبة للطاقة الحرة للمعاملات التسميد الملائمة K2M2 قياسا مع معاملة المقارنة ، بينما كان هناك ارتفاعا لهذه القيم السالبة عند فترة نمو المحصول بعد مرور 40 ، 80 يوم من الزراعة بالمقارنة مع فترة نموه بعد 120 يوم من الزراعة , كذلك حصل انخفاض لقيم معيار الفعالية الايونية للبوتاسيوم مع خفض مستويات اسمدة ايون البوتاسيوم والاسمدة العضوية المضافة.

جدول (1) تأثير المادة العضوية ومستويات إضافة السماد البوتاسي وملوحة مياه الري في المعايير الثرموديناميكية للبوتاسيوم

بعد مرور 120 يوم من الزراعة					بعد مرور 80 يوم من الزراعة					بعد مرور 40 يوم من الزراعة					المعاملات		
الطاقة الحرة Gol\ mol	نشاط البوتاسيوم 3×10^3 Mol\l	فعالية الـ K 4×10^4	معامل فعالية البوتاسيوم	القوة الأيونية Mol\l	الطاقة الحرة Gol\ mol	نشاط البوتاسيوم 3×10^3 Mol\l	فعالية الـ K 4×10^4	معامل فعالية البوتاسيوم	القوة الأيونية Mol\l	الطاقة الحرة Gol\ mol	نشاط البوتاسيوم 3×10^3 Mol\l	فعالية الـ K 4×10^4	معامل فعالية البوتاسيوم	القوة الأيونية Mol\l	كمية السماد العضوي	كمية السماد البوتاسي	ملوحة مياه الري
-3152.59	11.5	4.028	0.8510	0.0247	-2853.42	9.4	5.698	0.8421	0.0286	-2782.15	8.9	7.285	0.8310	0.0340	M0	K0	S1
-3119.42	11.8	4.516	0.8521	0.0243	-2822.11	10.1	6.123	0.8426	0.0284	-2758.11	9.9	7.720	0.8331	0.0329	M1		
-3102.32	12.1	4.791	0.8556	0.0229	-2818.39	10.6	6.550	0.8434	0.0280	-2739.42	10.3	8.362	0.8362	0.0314	M2		
-3095.26	12.5	5.176	0.8579	0.0220	-2811.32	10.9	6.864	0.8439	0.0278	-2723.48	9.5	8.183	0.8349	0.0320	M0		
-3037.17	13.5	5.595	0.8608	0.0209	-2784.52	11.3	7.209	0.8449	0.0274	-2715.16	10.5	8.528	0.8388	0.0302	M1		
-3015.22	13.6	6.562	0.8635	0.0200	-2752.24	11.9	8.093	0.8459	0.0269	-2692.63	10.9	9.009	0.8393	0.0299	M2		
-2989.11	14.9	6.031	0.8657	0.0192	-2723.35	12.1	7.990	0.8470	0.0264	-2667.91	9.9	8.488	0.8404	0.0294	M0		
-2949.22	15.0	6.446	0.8672	0.0187	-2713.92	12.8	8.516	0.8488	0.0257	-2654.24	10.7	9.231	0.8418	0.0288	M1		
-2920.32	16.8	7.183	0.8689	0.0181	-2622.56	14.4	8.935	0.8509	0.0248	-2501.14	12.9	9.574	0.8422	0.0286	M2		
-3399.24	10.1	1.986	0.8393	0.0299	-2869.97	8.8	3.526	0.8264	0.0364	-2799.52	7.1	5.227	0.8124	0.0446	M0	K0	S2
-3362.33	11.5	2.799	0.8398	0.0297	-2837.94	9.1	4.551	0.8274	0.0359	-2796.49	7.8	5.829	0.8134	0.0440	M1		
-3312.01	11.9	3.896	0.8409	0.0292	-2826.79	9.9	5.590	0.8302	0.0345	-2794.84	8.1	7.139	0.8143	0.0435	M2		
-3220.21	12.6	3.902	0.8422	0.0286	-2818.38	9.9	4.156	0.8313	0.0339	-2785.48	8.9	7.039	0.8154	0.0428	M0		
-3192.62	13.1	4.609	0.8432	0.0281	-2814.72	10.3	6.272	0.8325	0.0332	-2757.16	9.7	7.947	0.8165	0.0421	M1		
-3151.33	13.9	5.688	0.8448	0.0274	-2797.39	11.1	6.782	0.8338	0.0326	-2725.24	10.7	8.311	0.8175	0.0415	M2		
-2992.07	14.1	5.778	0.8455	0.0271	-2761.35	12.1	7.347	0.8349	0.0320	-2683.63	9.1	8.126	0.8180	0.0412	M0		
-2958.01	14.5	6.358	0.8477	0.0261	-2723.96	13.5	8.071	0.8349	0.0320	-2667.65	9.4	8.712	0.8193	0.0405	M1		
-2939.63	15.2	6.607	0.8506	0.0249	-2653.51	13.9	8.364	0.8364	0.0313	-2514.01	10.5	9.103	0.8201	0.0400	M2		

المصادر العربية

- أذبيب، أحسان جالي وفلاح حسن راضي واحمد حميد سعودي ومحمد جاسم محمد. (2013). تأثير الاجهاد الملحي بأستخدام تراكيز مختلفة من ملح كلوريد ايون الصوديوم في صفات النمو الخضري وحاصل الباقلاء *Vicia faba* مجلة علوم ذي قار. 3(4):49 – 56 .
- البديري، علي حسين عباس. (2022). تصنيف بعض ترب محافظة واسط وتقييم ملائمتها للأغراض الزراعية بالاستعانة بالتقانات الجيومكانية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة البصرة.
- التميمي ، رعد عبد الكريم .(2017). حالة صور البوتاسيوم في بعض الترب الصحراوية الرسوبية الحديثة الجافة واثر الزراعة فيهما، مجلة العلوم الزراعية العراقية. 48(2): 598 – 607 .
- الجبوري ، جسام سالم جاسم وباسم شاكر عبيد العبيدي وعلاء حسن فهمي العامري . (2011). تأثير محتوى التربة من الجبس ونوع المادة العضوية في حالة وسلوكية ايون البوتاسيوم. رسالة ماجستير. كلية الزراعة- جامعة تكريت.
- رشيد ، ابتسام مجيد وايمان عبد المهدي الجنابي وعلي محمد سعد الله.(2013) .تأثير نوعية مياه الري والمحتوى الرطوبي في القوة التجهيزية للبوتاسيوم تحت ظروف الزراعة المحمية .مجلة ديالى للعلوم الزراعية . 5 (2): 246-256.
- الزبيدي ، احمد حيدر وشذى ماجد الربيعي .(2002) . ثرموديناميكية ايون البوتاسيوم في الترب العراقية. جرش للبحوث والدراسات . المجلد 7 العدد الاول : 23-32.
- الزبيدي، بشار مزهر جادر .(2010). تأثير التسميد العضوي والبوتاسي في جاهزية ايون البوتاسيوم وفي نمو وحاصل الذرة الصفراء .رسالة ماجستير. قسم علوم التربة والموارد المائية .كلية الزراعة - جامعة بغداد .
- السعدي، أيمن صاحب سلمان .(2007). تقييم حالة وسلوكية ايون البوتاسيوم المضاف من مصدرين سماردين تحت انظمة ري مختلفة في نمو وحاصل الطماطة والذرة الصفراء .اطروحة دكتوراه - كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- السماك، قيس حسين .(2009). سلوكية بعض الأسمدة البوتاسية في تربة صحراوية مستغلة زراعياً تحت أنظمة ري مختلفة. اطروحة دكتوراه - كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- عبد الرسول، قحطان جمال وكامل سعيد جواد وحسن يوسف الدليمي .(2009). تأثير التسميد العضوي والمعدني في نمو وحاصل البطاطا وتركيز مغذيات K,P,N في اوراق النباتات في مراحل مختلفة في النمو. مجلة العلوم الزراعية العراقية .40(1):56-68.
- عبد الرسول، قحطان جمال. (2007). تقييم تأثير التسميد العضوي والمعدني(K ,N) في حالة تحرر وامتصاص ايون البوتاسيوم . أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- العبدلي، رنا سعد الله عزيز. (2013). استخدام علاقات الشدة والسعة في جاهزية البوتاسيوم للترب المعاملة بمخلفات عضوية مختلفة، مجلة تكريت للعلوم الزراعية .13(4): 113-122.
- عيود، محمد رضا عبد الامير وأحمد كريم عباس. (2013). استخدام بعض المعاملات في تخفيف الاجهاد الملحي في نمو وانتاج الحنطة صنف شام *Triticum aestivum L.* مجلة الفرات للعلوم الزراعية. المجلد 5 (3):245 – 259.
- العزاوي، اشرف محمد شريف.(2018). تأثير القوة الأيونية ونسجه التربة في الفسفور الجاهز والمستخلص بطريقتي أولسن وحمض الفورميك في نمو وإنتاج الحنطة *Triticum aestivum L.* اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- عيسى ، سلمان خلف .(2022). معادن التربة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة.
- مجيد، دعاء عباس .(2020) . تأثير أضافة مستويات ايون البوتاسيوم والمادة العضوية والري الناقص في صور ايون البوتاسيوم لمحصول الذرة الصفراء .رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة واسط .
- محمود، محمد احمد . (2018) .تقييم جاهزية ايون البوتاسيوم في الترب الملحية باعتماد معاملات التبادل الايوني والمعايير الثرموديناميكية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.

- Ait-El-Mokhtar, M., Laouane, R. B., Anli, M., Boutasknit, A., Wahbi, S., & Meddich, A. (2019). Use of mycorrhizal fungi in improving tolerance of the date

- palm (*Phoenix dactylifera* L.) seedlings to salt stress. *Scientia Horticulturae*, 253, 429-438.
- Al-Rekaby, L.S. (2010). Effect of Salinity and Biofertilizer (Agrispoon) on growth of (*Catharanthus roseus* L.)G. Don and production alkaloids Vincristine and Vinblastine. Master in Biology (Botany). University of Al-Qadisiya. College of Sciences.
 - Asgari, H.R.; W. Cornelis. and P. Van Damme. (2012). Salt stress effect on wheat (*Triticum aestivum* L.) growth and leaf ion concentrations. *International Journal of Plant Production*. 6(2): 195-208.
 - Biswas, P.P.; O.P. Joshi, and M.S. Rajput. (1989). Q/I relationships of potassium in soil as influenced by long term fertilization in Mango orchard. *J. Indian soc. Soil Sci.* 37:264-267.
 - EL- Dardiry, E. I. (2007). Effect of Soil and water salinity on barley grains germination under some amendments. *wrld J. Agric. Sci.* 3: 329-338.
 - FAO. (2012). [http www.fao.org/site/567/ default. ancor](http://www.fao.org/site/567/default.ancor). Mahdi, S. S., G.I. Hassan, S.A. Samoon, H.A. Rather, S.A. Dar and B .Zehra (2010). Bio- fertilizers organie agriculture. *Journal of phytology*.(2) (10), 42-54.
 - Lakhdar , A., R.Scelza ; R. Scotti , M . A. Rao , N. Jedidi , L .Gianfredaand C . Abdelly . (2010) .The effect of compost and sewage sludge on soil biologic activities in salt affected soil . 10 : 1413 – 1421.
 - Lindsay, W.L. (1979). *Chemical Equilibrium in Soil*. John Wiley and Sons. Ins. New York.
 - Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic press. San Diego. NY.
 - Page, A. L.; R. H. Miller and D. R. Kenney. (1982). *Method of soil analysis part 2*. 2nd ed. *Agronomy 9. Am. Sco. Agron.* Madison Wisconsin .
 - Pettit,R . E .(2003) . Organic matter Humus, Humates, Humic Acid, Fulvic Acid and Humin, Their importance in soil fertility and plant health. *Plant Nutrition and Fertilizer Sci.* 9 :406 – 410 .
 - Reetz, H. F.; r. c. Schroeder, and R. K. Stewart. (2005). Potassium management training Kit/IIIinois Fertilizer Conference Proceeding. Jan. 24-26.
 - Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (Vol. 78, No. 2, p. 154). LWW.
 - Sposito, G. (2008). *The chemistry of soils*.Oxford University Press.
 - Walker , D. J .and M . P. Bernal .(2008).The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil . *Biores , Technol .*, 99: 396 – 403 .
 - Woodruff, C.M. (1955). Ionic equilibria between clay and dilute salt solution . *Soil Sci. Soc.Am. Proc.* 19:36-40.