تأثير الزيوليت في بعض الخصائص الكيميائية والخصوبية للتربة

أ.د. سمير شمشم د. ريم نصرا

قسم التربة واستصلاح الأراضي – كلية الزراعة – جامعة حمص

الملخص

الزيوليت مادة غير عضوية مستقرة توجد على شكل مكامن جيولوجية تكتسب شعبية كمُحسِّن للتربة لقدرته على التبادل الأيوني وسعة التبادل الكاتيوني العالية (CEC). الزيوليت عبارة عن معادن ألومينوسيليكات، لها شحنة سالبة متوازنة بالكاتيونات. يجب فهم طبيعة الزيوليت في التربة نظرًا لتأثيره على خصوبة التربة. هدف البحث الى اختبار تأثير اضافة ثلاث مستويات من الزيوليت (Z1=0.2%, Z2=0.5%, Z3= 1%) على بعض الخصائص الكيميائية والخصوبية لتربة فاحل(منطقة تابعة لمدينة حمص) بعد ثلاثة أشهر من الإضافة، ولتحقيق هذا الهدف، أُجريت التجربة في أصص في قسم علوم التربة في كلية الزراعة بجامعة حمص. استخدم في تصميم التجربة التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design مع ثلاث مكررات

لوحظ أن تأثير معاملات الزيوليت على المادة العضوية والازوت الكلي كان غير معنوي، إلا أن pH التربة وسعة التبادل الكاتيوني CEC ازداد بشكل معنوي في جميع معاملات الزيوليت، بينما انخفضت الملوحة EC بشكل تدريجي مع زيادة مستويات الزيوليت المضافة، . كما لوحظ ارتفاع معنوي و بشكل تدريجي لكل من الفوسفور الكلي والبوتاسيوم الكلي والفوسفور المتاح والبوتاسيوم الذائب والمتبادل والكالسيوم والمغنزيوم المتبادلين مع زيادة مستويات الزيوليت المضافة مقارنة مع الشاهد

الكلمات المفتاحية: الزيوليت، سعة التبادل الكاتيوني، الفوسفور المتاح، البوتاسيوم المتبادل

أولاً: المقدمة

تعد الخصائص الكيميائية والخصوبية للتربة ذات أهمية كبيرة في تحسين إنتاجيتها، وقد أجرت العديد من الدراسات اختبارات على بعض مُحسِّنات التربة لتطوير هذه الخصائص.

وقد اقتُرحت مؤخرًا مجموعة من مُحسِّنات التربة الجديدة الصديقة للبيئة، بما في ذلك استخدام الصخور والمعادن، لتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الزراعية (Campisi et al, 2016; Galli and Passaglia, 2011). ويعد الزيوليت من أكثر مُحسِّنات التربة الطبيعية غير العضوية استخدامًا لتحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية. وتشمل هذه الخصائص قدرتها على الاحتفاظ بالماء، وقدرتها على تبادل الكاتيونات (Enamorado-Horrutiner et al, 2016; Inglezakis et al, 2015).

يتميز الزيوليت (سيليكات الألمنيوم المائية المتبلورة للمعادن القلوية والقلوية الترابية) بمساحة سطحية عالية (Réhaková et al, 2004). وبفضل خصائصه الفيزيائية والكيميائية المميزة، فهو قادر على إطلاق العناصر الغذائية تدريجيًا لفترات زمنية طويلة، مما يُعزز كفاءة الأسمدة ويُقلل من خسائر الرشح (Réhaková et al, 2004; Campisi et al, 2016). ويعود الإطلاق المنظم للعناصر الغذائية باستخدام الزيوليت إلى قدرته العالية على امتصاص absorption/ desorption العديد من الكاتيونات (Garau et al, 2007). وعلى وجه الخصوص، فقد ثبت بالفعل أن الزيوليت يتمتع بألفة عالية لـ $NH4^+$، مما يُعزز بقائها بالتربة (Torma et al, 2014). كما أنها تُقلل من مدى النترتة، مما يُقلل من خطر تسرب النترات إلى المياه الجوفية (Colombani et al, 2015; Torma et al, 2014). ويبدو أيضًا أن الاحتفاظ العالي بكاتيونات الأمونيوم والبوتاسيوم في التربة المعاملة بالزيوليت، مقارنةً بالتربة غير المعاملة، يحدث بغض النظر عن نوع التربة وقوامها (Campisi et al, 2016; Colombani et al, 2015).

أُفيد بأن السعة التبادلية العالية جدًا للكاتيونات في الزيوليت توفر إمدادًا ثابتًا ومستمرًا بالمغذيات للنباتات لعدة مواسم نباتية (Puschenreiter and Horak, 2003)، مما يجعلها قيّمة بشكل خاص عند تطبيقها على التربة الرملية (Polat et al, 2004). يمكن إطلاق الكاتيونات التي تحتفظ بها الزيوليتات في التربة عند منطقة الجذر، عند الحاجة إليها من قِبل النباتات، من خلال إطلاق جذور النبات لإفرازات الأحماض العضوية التي تُشكل مُركّبات قابلة للذوبان مع الكاتيونات.

يُمكن للزيوليت، بمساميته العالية ومساحته السطحية النوعية الكبيرة، أن يوفر بيئة مستقرة لنمو البكتيريا الملتصقة به وحفظها (Wei et al, 2013). بالإضافة إلى ذلك، يتميز الزيوليت بقدرته العالية على الاحتفاظ بالماء الحر بكمية كبيرة داخل قنواته الهيكلية، والتي يمكن فقدها واكتسابها بشكل عكسي (Gholamhosseini et al, 2013) مما يساعد على تحسين كفاءة استخدام المياه (Bernardi et al, 2013).

في ضوء ذلك، كان الهدف من هذا العمل دراسة الاستجابة الكيميائية والخصوبية لتربة فاحل من محافظة حمص لإضافة الزيوليت بمعدلات مختلفة (0.2 و0.5 و1%) مقارنةً بتربة المقارنة.

ثانياً: مواد وطرق العمل

2-1 مكان جمع عينة التربة:

تم جمع عينة التربة من منطقة فاحل (34 50' 36" N, 36 22' 41" E) في محافظة حمص يبلغ ارتفاع المنطقة عن سطح البحر 800 م، يبلغ معدل الهطول المطري فيها 1200 مم/ سنة.

2-2 التربة المستخدمة

تم جمع عينة التربة من العمق 0-25 سم، وكانت التربة مزروعة بأشجار الزيتون. والتربة كانت ذات قوام لومي (29.73% رمل، 43.85% سلت، 26.42% طين).تم نقل العينة الى المخبر وجرى تجفيفها هوائيا وتنقيتها من الحصى والجذور

العالقة. بعد جفاف العينة تم توزيعها على اصص حيث وضع 100 غرام من التربة في كل اصيص.

2-3 الزيوليت المستخدم

تم جمع الزيوليت المستخدم من منطقة جبل السيس في محافظة دمشق والجدول (1) يوضح أهم تحليلاته.

جدول (1) يبين أهم خصائص الزيوليت المستخدم

نوع	المستخلص	التركيز	الواحدة
pH	5/1	8.1	–
EC	5/1	1600	µS/cm
K	5/1	4250	mg/kg
Na	5/1	2000	mg/kg
CEC	–	215	meq/100

يلاحظ من الجدول (1) أن الزيوليت خفيف القاعدية ومرتفع الملوحة، كما أنه كان غنياً جداً بكل من الصوديوم والبوتاسيوم القابلين للتبادل، وكان ذو سعة تبادلية عالية.

2-4 المعاملات المستخدمة

استخدم في التجربة أربعة معاملات وهي: شاهد ، لم يضف للتربة أي زيوليت (control)، تربة مضاف لها 0.2% زيوليت كمستوى أول (Z1)، تربة مضاف لها 0.5% زيوليت كمستوى ثان (Z2)، تربة مضاف لها 1% زيوليت كمستوى ثالث (Z3). من بعد اكمال الاضافة تم مزج العينات جيدامع الزيوليت، ثم تم ري المعاملات جميعها كل 2-3 أيام وبنفس الكمية وذلك لمدة ثلاثة أشهر، وبعد ذلك تم تكسير الكتل الكبيرة وطحنها، ثم تم نخلها في منخل أقطار ثقوبه 2 مم.

2-5 تصميم التجربة

تم استخدام نوع واحد من التربة وثلاث مستويات من الزيوليت، بالاضافة الى الشاهد، ضمن ثلاث مكررات، وكان العدد الكلي للوحدات التجريبية مساو لـ (4

معاملات×3 مكررات= 12 وحدة تجريبية)، ولقد استخدم في تصميم التجربة التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design .

2-6 التحليل الاحصائي

جرى تحليل النتائج المتحصل عليها إحصائياً باستخدام برنامج Costat ، وتقدير قيمة أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 0.01.

2-7 التحاليل المخبرية

تم إجراء بعض التحاليل الكيميائية والخصوبية والفيزيائية على عينات التربة المدروسة :

- قياس الموصلية الكهربائية(EC): تم تقديرها في مستخلص مائي للتربة (5:1)، بواسطة جهاز الموصلية الكهربائية Conductivity- meter (Richards, 1954).
- تقدير pH التربة: تم قياسه في معلَّق تربة: ماء 2.5:1 باستخدام جهاز قياس الـ pH meter (McKeague, 1978 ; McLean, 1992).
- تقدير الكربونات الكلية: أجري القياس بطريقة الكالسيميتر (عودة وشمشم، 2007).
- تقدير المادة العضوية :بطريقة الأكسدة الرطبة بديكرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة (Walkley and Black , 1934).
- تقدير النتروجين الكلي بطريقة كلداهل (Bremner and Mulvaney, 1982).
- تقدير الفوسفور والبوتاسيوم الكلي: بطريقة هضم العينات بحمض الازوت وحمض البيروكلوريك ومن ثم القياس على جهاز Spectrophotometer للفوسفور، وجهاز اللهب لعنصر البوتاسيوم.
- تقدير الفوسفور القابل للإفادة بطريقة أولسن (Olsen et al, 1954).
- تقدير البوتاسيوم الذائب والمتبادل: بطريقة التحليل باللهب (Richards, 1954).

• تقدير الكالسيوم والمغنزيوم المتبادلين: عن طريق المعايرة بالـ EDTA (Richards, 1954).

• تقدير سعة التبادل الكاتيوني (CEC): تم قياسها بطريقة كلور الكالسيوم (عودة وشمشم، 2007).

• التحليل الميكانيكي وتحديد قوام التربة: وفق طريقة الهيدرومتر (Day, 1965).

ثالثاً: النتائج والمناقشة

3-1 تأثير الزيوليت (0.2 و0.5 و1%)على الخصائص الكيميائية للتربة

يبين الجدول (2) تأثير إضافة الزيوليت على الخصائص الكيميائية للتربة المدروسة

جدول (2): تأثير الزيوليت (0.2 و0.5 و1%) على الخصائص الكيميائية للتربة

المعاملات	pH	Ec µs/ cm	كربونات الكالسيوم %	المادة العضوية %	CEC meq/100g
Control	7.33c	117.70a	2.96d	1.22	20.70d
Z1	7.55b	110.43b	3.12c	1.21	21.70c
Z2	7.82a	100.41c	3.34b	1.24	23.07b
Z3	7.97a	94.52 d	3.61a	1.2	24.97a
LSD 0.01	0.152	4.88	0.155	ns	0.337

إن اشتراك أي متوسطين بأي حرف ضمن العمود الواحد يدل على عدم وجود فرق معنوي بينهما ،

ns: لا توجد فروق معنوية

تشير نتائج الجدول (2) الى وجود تأثير معنوي للمعاملات المستخدمة في pH التربة المدروسة ، فقد ارتفع pH التربة معنوياً تحت تأثير المعاملات المستخدمة من الزيوليت جميعها بالمقارنة مع الشاهد ولوحظ أكبر ارتفاع لـ pH التربة في

المعاملات Z2 وZ3 التي أضيف لها الزيوليت بنسبة 0.5 و 1% حيث ارتفع ال pH من 7.33 في معاملة الشاهد الى ليصل الى 7.82 و7.97 في المعاملات التي أضيف لها الزيوليت بنسبة 0.5 و 1% على التوالي ، ولم تظهر الفروق المعنوية في حموضة التربة عند المقارنة بين مستويي الاضافة 0.5 و1%. وهذا يتوافق مع ما وجده Vinayak واخرون (2023). ويعزى ذلك على الأرجح إلى مكونات الزيوليت القلوية القابلة للذوبان، والتي تنعكس في رفع قيم حموضة التربة (Pratt et al, 2025).

أدى اضافة المعاملات المستخدمة من الزيوليت جميعها الى خفض معنوي في قيم ملوحة التربة (Ec) بالمقارنة مع الشاهد جدول (2) ولوحظ أقل قيمة لل Ec في المعاملة Z3 حيث انخفضت قيمة الملوحة بنسبة 19.69% مقارنة مع الشاهد وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات حول تأثير الزيوليت على خصائص التربة (Chan et al, 2016; Yousefian et al, 2018; Doni et al, 2021)، ويعزى ذلك الى قدرة الزيوليت العالية على تبادل الكاتيونات (CEC)، مما يُمكّنه من تبادل الأيونات مع بيئته (Hedström, 2001)، فيؤدي ذلك إلى انخفاض التوصيل الكهربائي للتربة.

يتضح من الجدول (2) ازدياد محتوى التربة من كربونات الكالسيوم بازدياد مستوى الزيوليت المضاف الى التربة، وكانت هذه الزيادة معنوية عند المستويات الثلاث للاضافة مقارنة مع الشاهد، وقد تفوق المستوى الثالث لاضافة الزيوليت1% معنوياً على باقي مستويات المعاملات حيث ارتفعت قيمة كربونات الكالسيوم بالتربة بنسبة 21.96% مقارنة مع الشاهد وذلك بسبب إطلاق أيونات الكالسيوم الحرة بواسطة الزيوليت في المحلول مما أدى إلى تفاعلات الترسيب وتكوين كربونات الكالسيوم. وهذا يتوافق مع ماوجده Vinayak واخرون (2023).

تبين نتائج الجدول (2) أن مستويات الزيوليت الثلاثة المضافة الى التربة قد أدت الى زيادة معنوية في سعة التبادل الكاتيوني للتربة CEC اذ تفوقت معاملة Z1 و

Z2 وZ3 على المعاملة control بنسب زيادة مقدارها 4.83 و11.45 و20.63 % بالتتابع.

تُعد سعة تبادل الكاتيون مؤشرًا مفيدًا لخصوبة التربة، إذ تُظهر قدرتها على توفير العناصر الغذائية المهمة للنبات (البوتاسيوم، والمغنيسيوم، والكالسيوم). في هذه الدراسة، ازدادت سعة التبادل الكاتيوني في التربة مع زيادة استخدام الزيوليت. وتُعزى هذه الزيادة إلى دور الزيوليت كموقع لتبادل الأيونات (Fudlel et al, 2019). ويعزى أيضاً الى السعة التبادلية العالية للزيوليت جدول (1) بسبب بنيته الهيكلية السيليكاتية المميزة والتي تمنحه تجاويف مفتوحة على شكل قنوات مشغولة بجزيئات الماء وكاتيونات مثل البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم وغيرها وتكون هذه الكاتيونات على الأغلب قابلة للتبادل (Kalló and Sherry, 1988)، وهذا يتوافق مع ما وجده Vinayak واخرون (2023) ، كما أظهر Ozbahce واخرون (2018) في تجربة على الكلينوبتيلوليت كمُحسِّن للتربة أن قيمة CEC ارتفعت مع زيادة جرعات الكلينوبتيلوليت وزيادة مستويات الري.

الزيوليت، كما هو مستخدم في تجربتنا، يُعدّ مبادلات كاتيونية طبيعية فعّالة، وتتراوح قيمة CEC فيه عادةً بين 100 و300 سمول/كجم (الجدول 1) (Inglezakis et al, 2015).

بينت النتائج في الجدول (2) عدم وجود أي تأثير معنوي لإضافة الزيوليت في محتوى التربة من المادة العضوية

3-2 تأثير الزيوليت (0.2 و0.5 و1%) على الخصائص الخصوبية للتربة

يبين الجدول (3) تأثير إضافة الزيوليت على الخصائص الخصوبية للتربة المدروسة

جدول (3): تأثير الزيوليت (0.2 و0.5 و1%) على الخصائص الخصوبية للتربة

المعاملات	%			ppm		
	TN	TP	TK	P av	K soluble	K ex
Control	0.05	150.26d	2154.47d	2.97d	27.16d	277.99d
Z1	0.04	153.24c	2205.69c	3.34c	28.12c	300.56c
Z2	0.04	156.00b	2273.83b	4.09b	30.3b	393.23b
Z3	0.05	160.70a	2404.88a	5.16a	34.20a	521.80a
LSD 0.01	ns	2.05	34.288	0.362	0.428	6.184

إن اشتراك أي متوسطين بأي حرف ضمن العمود الواحد يدل على عدم وجود فرق معنوي بينهما ،

ns: لا توجد فروق معنوية

3-2-1 الازوت الكلي % (TN)

بينت النتائج في الجدول (3) عدم وجود أي تأثير معنوي لإضافة الزيوليت في محتوى التربة من الازوت الكلي وبالمثل، أفاد Yousefian وآخرون (2018) و Doni واخرون (2021) أن النيتروجين الكلي في الترب لم يتأثر بإضافة مستويات مختلفة من الزيوليت ،

3-2-2 الفوسفور الكلي % (TP)

تبين نتائج الجدول (3) أن مستويات الزيوليت الثلاثة المضافة الى التربة قد أدت الى زيادة معنوية في محتوى التربة من الفوسفور الكلي اذ تفوقت معاملة Z1 و Z2 وZ3 على المعاملة control بنسب زيادة مقدارها 1.98 و3.82 و6.95% بالتتابع

على الرغم من أن ادمصاص $PO4^{---}$ على شبكات الزيوليت المعدنية غير مُلائم بسبب الشحنات السالبة على بنية إطار الزيوليت، فإنه، وبالتوافق مع نتائجنا،

سُجِّل سابقًا ارتفاع في محتوى الفوسفور في التربة مع زيادة مستويات الزيوليت (Ozbahce et al, 2018; Stylianou et al, 2004; Ramesh et al, 2010). ومع ذلك، قد تُعزى الزيادة في إجمالي الفوسفور إلى ادمصاص أيونات الفوسفات المشحونة سلبًا على الزيوليت الطبيعي من خلال قوى الجذب الكهروستاتيكي مع الكاتيونات الممتزة مع الزيوليت (Mg^{+2}, Na^{+}, Ca^{+2}, K^{+}).

3-2-3 البوتاسيوم الكلي % (TK)

تبين نتائج الجدول (3) أن مستويات الزيوليت الثلاثة المضافة الى التربة قد أدت الى زيادة معنوية في محتوى التربة من البوتاسيوم الكلي اذ تفوقت معاملة Z1 و Z2 وZ3 على المعاملة control بنسب زيادة مقدارها 2.38 و5.54 و11.62% بالتتابع. ويعزى ذلك الى المحتوى العالي من البوتاسيوم في الزيوليت، علاوة على ذلك، فقد ثبت أن البوتاسيوم الموجود في الزيوليت يمكن أن يتسرب إلى التربة (El-Hady and Wanas, 2006).

3-2-4 الفوسفور المتاح ppm (P av)

تشير نتائج الجدول (3) أن مستويات الزيوليت الثلاثة المضافة الى التربة قد أدت الى زيادة معنوية في محتوى التربة من الفوسفور المتاح اذ تفوقت معاملة Z1 و Z2 وZ3 على المعاملة control بنسب زيادة مقدارها 12.46 و37.71 و73.74%بالتتابع.

كان لمعدن الزيوليت خاصية مهمة في رفع توافر الفوسفور في التربة، من خلال الاحتفاظ به دون تثبيت وربما يعود ذلك لارتفاع المحتوى الرطوبي في التربة عند زيادة إضافة الزيوليت (Gholamhosseini et al, 2013)، وبالتالي تحسن الظروف الملائمة لازدياد نشاط الكائنات الدقيقة الأمر الذي سبب ارتفاع محتوى الفوسفور المتاح، وهذا يتوافق مع ما وجده غايرلي واخرون (2015) و Hussein (2019) وAl-Dhalimi و Al-Barakat (2021).

3-2-5 البوتاسيوم الذائب ppm (K soluble)

يتضح من نتائج الجدول (3) أن مستويات الزيوليت الثلاثة المضافة الى التربة قد أدت الى زيادة معنوية في محتوى التربة من البوتاسيوم الذائب اذ تفوقت معاملة Z1 وZ2 وZ3 على المعاملة control بنسب زيادة مقدارها 3.53 و11.56 و25.92% بالتتابع، وهذا يتوافق مع ماوجده Najafi-Ghiri (2014)، بينما أشار Rezaei وMovahedi Naeini (2009) إلى أن تطبيق الزيوليت على التربة قلل من البوتاسيوم الذائب، ولكنه كان له تأثيرٌ إيجابي على البوتاسيوم المتاح.

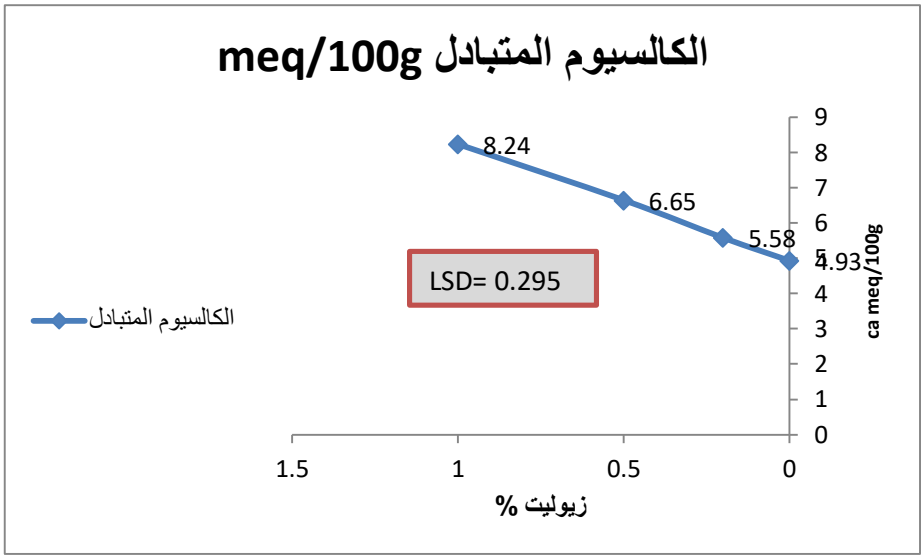
3-2-6 البوتاسيوم المتبادل ppm (K ex)

تبين نتائج الجدول (3) أن مستويات الزيوليت الثلاثة المضافة الى التربة قد أدت الى زيادة معنوية في محتوى التربة من البوتاسيوم المتبادل اذ تفوقت معاملة Z1 وZ2 وZ3 على المعاملة control بنسب زيادة مقدارها 8.21 و41.54 و87.70% بالتتابع، وهذا يبين دور الزيوليت ذو المحتوى العالي من البوتاسيوم المتاح في زيادة محتوى التربة من البوتاسيوم وكذلك تميزه بسعة تبادل كاتيوني عالية

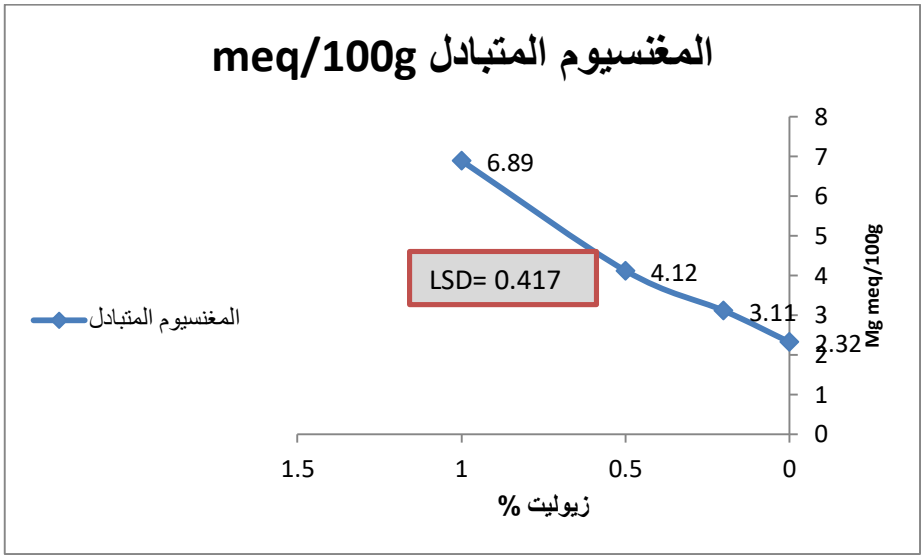
بالتوافق مع نتائجنا، أظهرت الأبحاث السابقة أن جودة التربة تحسّنت باستخدام الزيوليت نظرًا لزيادة احتباس العناصر، مثل البوتاسيوم والفوسفور (Polat et al, 2004).

علاوة على ذلك، في دراستنا، أدت زيادة CEC إلى زيادة احتباس العناصر الغذائية في التربة المضاف لها الزيوليت مقارنةً بتربة الشاهد. من المعروف أن الزيوليت يُشكل مصيدة مثالية للكاتيونات الموجبة مثل الأمونيوم والبوتاسيوم، والتي تُطلق عند الحاجة إليها من قِبل النباتات (Noori et al, 2006).

كما خلص Filcheva وTsadilas (2002) وNajafi-Ghiri (2014) إلى أن تطبيق الزيوليت على التربة زاد من البوتاسيوم القابل للتبادل. تتوافق هذه النتائج مع نتائج Ahmed واخرون (2015) التي وجدت زيادة في البوتاسيوم التبادلي في التربة المُعدلة بالزيوليت.



شكل (1): تأثير مستويات الزيوليت على الكالسيوم المتبادل في التربة



شكل (2): تأثير مستويات الزيوليت على المغنسيوم المتبادل في التربة

3-2-7 الكالسيوم المتبادل meq/100g (Ca ex)

يتضح من الشكل (1) ازدياد محتوى التربة من الكالسيوم المتبادل بازدياد مستوى الزيوليت المضاف الى التربة، وكانت هذه الزيادة معنوية عند المستويات

الثلاث للاضافة مقارنة مع الشاهد، وقد تفوق المستوى الثالث لاضافة الزيوليت1% معنوياً على باقي مستويات المعاملات حيث ارتفعت قيمة الكالسيوم المتبادل بالتربة بنسبة 67.41% مقارنة مع الشاهد. وهذا يتوافق مع ماوجده Supapron واخرون (2002) وSindesi واخرون (2022).

3-2-8 المغنسيوم المتبادل (Mg ex) meq/100g

تشير نتائج الشكل (2) الى وجود تأثير معنوي للمعاملات المستخدمة في متوسط محتوى التربة المدروسة من المغنسيوم المتبادل ، فقد ارتفع محتواها من المغنسيوم المتبادل معنوياً تحت تأثير المعاملات المستخدمة من الزيوليت جميعها بالمقارنة مع الشاهد ولوحظ أكبر ارتفاع للمغنسيوم المتبادل في التربة في المعاملة Z3 التي أضيف لها الزيوليت بنسبة 1% حيث ارتفع من 2.32 meq/100g في معاملة الشاهد الى ليصل الى.6.89 meq/100g في المعاملة Z3 التي أضيف لها الزيوليت بنسبة 1% . . وهذا يتوافق مع ماوجده Supapron واخرون (2002) وSindesi واخرون (2022)، كما أفاد Ozbahce وآخرون (2015) بزيادة توافر الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم المتبادل في الترب المُعدلة بالزيوليت.

وتعود زيادة الكاتيونات القاعدية التبادلية في التربة المدروسة المضاف لها مستويات مختلفة من الزيوليت إلى وجود هذه الكاتيونات في الزيوليت المُستخدم (Ozbahce et al, 2015; Lahori et al, 2020)، حيث توازن هذه الكاتيونات القاعدية الشحنة السالبة للزيوليت الناتجة عن استبدال Si^{4+} بـ Al^{3+} في بنية الزيوليت (Pabalan and Bertetti, 2001). حيث تُستبدل الكاتيونات القاعدية بالمعادن الثقيلة الموجودة في التربة عند إضافة الزيوليت لها، مما يقلل من توافرها في محاليل التربة مع زيادة توافر الكاتيونات القاعدية في محاليل التربة (Fudlel et al, 2019).

رابعاً: الاستنتاجات

أظهرت النتائج أن جميع مستويات الزيوليت المضافة قد أدت الى رفع درجة حموضة التربة وخفض ملوحتها بشكل معنوي، كما أدى اضافة الزيوليت الى التربة،

وخاصةً بأعلى معدل (1%)، إلى زيادة معنوية في سعة التبادل الكاتيوني في تربة فاحل ، مما أثر على ازدياد الفوسفور المتاح والبوتاسيوم المتبادل في التربة وكانت الزيادة تدريجية مع زيادة إضافة الزيوليت. كما أدى اضافة المعاملات المستخدمة من الزيوليت جميعها الى ارتفاع محتوى التربة من الكالسيوم والمغنسيوم المتبادلين.

هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات حول تأثير الزيوليت ومعدلات اضافته في نظام تربة نبات. ولإثبات تأثير إضافة الزيوليت على خصوبة التربة وإنتاجيتها، من الضروري إجراء تجارب ميدانية طويلة الأمد باستخدام أنواع مختلفة من الترب.

خامساً: المراجع العربية والأجنبية

1-**عودة** محمود وشمشم سمير، 2007- **خصوبة التربة وتغذية النبات**. الجزء العملي، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث، 290 صفحة.

2-**غايرلي** هلال وسامر بريغلة ومحمد منهل الزعبي ويحيى رمضان وخالد شبلي وأميرة الحافظ وميادة فطوم، 2015- **تأثير خام الزيوليت الطبيعي السوري على إتاحة بعض العناصر المغذية في التربة وعلى إنتاجية محصولي القمح والقطن في الأراضي الجبسية**. المجلة السورية للبحوث الزراعية، المجلد (2)، العدد (2).

AHMED, O.H.; Azrumi, N.A.B.; Jalloh, M.B. ; Jol, H., 2015- **Using clinoptilolite zeolite for enhancing potassium retention in tropical peat soil**. In Advances in Tropical Soil Science (Vol. 3, pp. 112-127). Universiti Putra Malaysia Press

AL-DHALIMI, G. R. H.; Al-Barakat, H. N. K., 2021- **The Effect Of Levels of Zeolite, Phosphorous And Sulfur on Availability And Release of Phosphorous In Soil.** *College of Agriculture, Al-Muthanna University, Iraq. Plant Archives*, *21*, 1527-1537.

BERNARDI, A. C.; Oliviera, P. P. A.; De Melo, M. M. B.; Souza- Barros, F., 2013- **Brazilian sedimentary zeolite use in agriculture.** *Microporous and Mesoporous Materials*, 167, 16–21.

BREMNER, J.M.; Mulvaney, C.S., 1982- Nitrogen-total. Methods of soil analysis: part 2. *chemical and microbiological properties*, 9, 595-624.

CAMPISI, T.; Abbondanzi, F.; Faccini, B.; Di Giuseppe, D.; Malferrari, D.; Coltorti, M.; Laurora, A.; Passaglia, E., 2016-

Ammoniumcharged zeolitite effects on crop growth and nutrient leaching: Greenhouse experiments on maize (Zea mays). *Catena*, *140*, 66–76.

CHAN, M. T.; Selvam, A.; Wong, J. W. C., 2016- **Reducing nitrogen loss and salinity during 'struvite' food waste composting by zeolite amendment**. *Bioresource Technology*, *200*, 838–844.

COLOMBANI, N.; Mastrocicco, M.; Di Giuseppe, D.; Faccini, B.; Coltorti, M., 2015- **Batch and column experiments on nutrient leaching in soils amended with Italian natural zeolitites.** *Catena*, *127*, 64–71. https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.12.022

DAY, P.R., 1965- **Particle fractionation and particle size analysis.** In: C.A.black(ed). method of soil analysis, Agron., No. 9, Part I: physical and mineralogical properities. Am. Soc. Agron., Madison,,WI, USA, pp 546-566.

DONI, S.; Gispert, M.; Peruzzi, E.; Macci, C.; Mattii, G. B.; Manzi, D.; Grazia, M., 2021- **Impact of natural zeolite on chemical and biochemical properties of vineyard soils**. *Soil Use and Management*, *37*(4), 832-842.

EL-HADY, O. A.; Wanas, S.H.A., 2006- **Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acrylamide hydrogels**. *Journal of Applied Science Research*, 2,1293–1297.

ENAMORADO-HORRUTINER, Y.; Villanueva-Tagle, M.; Behar, M.; Rodriguez- Fuentes, G.; Dias, J. F.; Pomares-Alfonso, M., 2016- **Cuban zeolite for lead sorption: Application for water decontamination and metal quantification in water using nondestructive techniques**. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *13*(5), 1245–1256. https://doi.org/10.1007/s1376 2-016-0956-9

FILCHEVA, E.G.; Tsadilas, C.D., 2002- **Influence of clinoptilolite and compost on soil properties.** *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **33**, 595–607.

FUDLEL, A. Y.; Minardi, S.; Hartati, S.; Syamsiyah, J., 2019- **Studying the residual effect of zeolite and manure on alfisols cation exchange capacity and green bean yield.** *SAINS TANAH-Journal of Soil Science and Agroclimatology*, *16*(2), 181-190.

GALLI, E.; Passaglia, E., 2011- **Natural zeolites in environmental engineering**. In: H. Holzapfel (Eds.). Zeolites in chemical engineering, Process Eng Engineering GmbH, pp 392–416.

GARAU, G.; Castaldi, P.; Santona, L.; Deiana, P.; Melis, P., 2007- **Influence of red mud, zeolite and lime on heavy metal immobilization, culturable heterotophic microbial populations and enzyme activities in a contaminated soil.** *Geoderma*, *142*, 47–57.

GHOLAMHOSSEINI, M.; Aghaalikhani, M.; Dolatabadian, A.; Khodaei- Joghan, A.; Zakikhani, H., 2012- **Decreasing nitrogen leaching and increasing canola forage yield in a sandy soil by application of natural zeolite**. *Agronomy Journal*, 104(5), 1467–1475.

HEDSTROM, A., 2001- **Ion exchange of ammonium in zeolites.** A literature review. *Journal of Environmental Engineering*, *127*(8), 673–681. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2001)127:8(673)

HUSSEIN, N.A., 2019- **The effect of fine and coarse zeolites on soil properties, growth and yield of wheat**. Master thesis, Faculty of Agriculture, Al-Muthanna University, Iraq.

INGLEZAKIS, V.; Stylianou, M.; Loizidou, M.; Zorpas, A., 2015- **Experimental studies and modeling of clinoptilolite and vermiculite fixed beds for Mn2+, Zn2+, and Cr3+ removal.** *Desalination and Water Treatment*, *57*(25), 11610–11622.

KALLÓ D.; Sherry, H.S., 1988- **Occurrence, Properties and utilization of Natural Zeolites**. AkadémiaiKiadó, Budapest, 865p.

LAHORI, A. H.; Mierzwa-Hersztek, M.; Demiraj, E.; Sajjad, R. U.; Ali, I.; Shehnaz, H.; Zhang, Z., 2020- **Direct and residual impacts of zeolite on the remediation of harmful elements in multiple contaminated soils using cabbage in rotation with corn.** *Chemosphere*, *250*, 126317.

MCKEAGUE J.A., 1978- **Manual on Soil Sampling and Methods of Analysis**. 2nd edition., Canadian Society of Soil Science, pp. 189-204.

MCLEAN, J.E.; Bledsoe, B.E., 1992- **Behaviour of metals in soils**. EPA Ground Water Issue, Environmental Protection Agency, Washington. EPA 540-S-92-018, 25p.

NAJAFI-GHIRI, M., 2014- **Effects of zeolite and vermicompost applications on potassium release from calcareous soils**. *Soil & Water Res*, 9, 31–37.

NOORI, M.; Zendehdel, M.; Ahmadi, A., 2006- **Using natural zeolite for the improvement of soil salinity and crop yield.** *Toxicological & Environmental Chemistry*, 88, 77–84.

OLSEN, S.R.; Cole, C.V.; Watanabe, F.S.; Dean, L.A., 1954- **Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate.** USDA Circular No. 939, US Government Printing Office, Washington DC, pp 1-19.

OZBAHCE, A.; Tari, A. F.; Gonulal, E.; Simsekli, N., 2018- **Zeolite for enhancing yield and quality of potatoes cultivated under water- deficit conditions**. *Potato Research*, 61(3), 247–259. https://doi. org/10.1007/s1154 0-018-9372-5

OZBAHCE, A.; Tari, A. F.; Gönülal, E.; Simsekli, N.; Padem, H., 2014- **The effect of zeolite applications on yield components and nutrient uptake of common bean under water stress.** *Archives of Agronomy and Soil Science*, *61*(5), 615–626. https://doi.org/10.1080/03650340.2014.946021

PABALAN, R. T.; Bertetti, F. P., 2001- **Cation-exchange properties of natural zeolites.** *Reviews in mineralogy and geochemistry*, *45*(1), 453-518.

POLAT, E.; Karaca, M.; Demir, H.; Naci-Onus, A., 2004- **Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture.** *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12, 183–189.

PRATT, C.; Mahdi, Z.; Chen, C.; El Hanandeh, A.; Vogrin, J.; Zardo, P., 2025- **Manufactured zeolite application to soil can rapidly increase pH and enhance inorganic carbon sequestration.** *Soil and Tillage Research*, *254*, 106736.

PUSCHENREITER, M.; Horak, O., 2003- Slow-release zeolite-bound zinc and copper fertilizers affect cadmium concentration in wheat and spinach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34, 31–40.

RAMESH, K.; Biswas, A. K.; Somasundaram, J.; Rao, A. S., 2010- **Nanoporous zeolites in farming: Current status and issues ahead.** *Current Science*, 99(6), 760–765.

REHAKOVA, M.; Čuvanova, S.; Dzivak, M.; Rimar, J.; Gaval'ova, Z., 2004- **Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type.** *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, *8*(6), 397–404. https://doi.org/10.1016/j. cossms.2005.04.004

REZAEI, M.; Movahedi Naeini, S.A.R., 2009- **Kinetics of potassium desorption from the loess soil, soil mixed with zeolite and the clinoptilolite zeolite as influenced by calcium and ammonium.** *Journal of Applied Sciences*, **9**, 3335–3342.

RICHARDS, L.A.(ed), 1954- **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils .** US Department of Agriculture. Agricultural Handbook No. 60, Washington D.C, 7-53.

SINDESI, O. A.; Lewu, M. N.; Ncube, B.; Mulidzi, A.; Lewu, F. B., 2022- **Residual effect of zeolite on soil exchangeable cations and cation exchange capacity in sandy soil cultivated with Swiss Chard.** in Proc. 35th International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering (ICCBEE-22), Johannesburg, South Africa, Nov. 28-29, 2023, pp. 36-39.

STYLIANOU, M. A.; Inglezakis, V. J.; Loizidou, M. D., 2004- **Effects of zeolite addition on soil chemistry-open field experiments. Protection.** *Protection and Restoration of the Environment VII, Mykonos*, 5-11.

SUPAPRON, J.U.; Pitayakon, L.I.; Kamalapa, W.A.; Touchamon, P.A., 2002- **Effect of zeolite and chemical fertilizer on the change of phycical and chemical properties on Lat Ya soil series for sugar cane.** 17th WCSS, 14-21 august 2002. Thailand. Symposium no. 57. Paper co. 1897.

TORMA, S.; Vilcek, J.; Adamisin, P.; Huttmanova, E.; Hronec, O., 2014- **Influence of natural zeolite on nitrogen dynamics in soil.** Turkish Journal *of Agricultural and Forestry*, *38*, 739–744.

VINAYAK, K. P.; Tekale, R. T.; Amolic, U. V.; Ahire, S. G., 2023- **Effect of zeolite application on soil properties and primary nutrient uptake of green gram (Vigna radiata) on inceptisol.** *The Pharma Innovation Journal* ,12(12), 573-575

WALKLEY, A.; Black, I. A., 1934- **An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method**. *Soil Sci*, 37, 29-37.

WEI, D.; Xue, X. D.; Chen, S. W.; Zhang, Y. F.; Yan, L. G.; Wei, Q.; Du, B., 2013- **Enhanced aerobic granulation and nitrogen removal by the addition of zeolite powder in a sequencing batch reactor.** *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(20), 9235–9243.

YOUSEFIAN, M.; Jafari, M.; Tavili, A.; Arzani, H.; Jafarian, Z., 2018- **The effects of superabsorbent polymer on Atriplex lentiformis growth and soil characteristics under drought stress** (case study: Desert research Station, Semnan, Iran). *Journal of Rangeland Science*, *8*(1), 65–76.

The Effect of zeolites on some soil chemical and fertility characteristics

Dr. Samir Shamsham Dr. Reem Nasra
Department of Soil and Land Reclamation - Faculty of Agriculture - University of Homs

Abstract

Zeolite is a stable inorganic material that is gaining popularity as a soil conditioner for its ion exchange capacity and high cation exchange capacity (CEC). Zeolites are aluminosilicate minerals, having a negative charge which is balanced by cations. The nature of zeolite in soil needs to be understood as it has a bearing on soil fertility. The aim of this research was to test the effect of adding three levels of zeolite (Z1=0.2%, Z2=0.5%, Z3=1%) on some chemical and fertility properties of Fahal soil after three months of addition. To achieve this goal, the experiment was conducted in pots in the Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Homs. The experiment design used a completely randomized design with three replicates.

It was observed that the effect of zeolite treatments on organic matter and total nitrogen was insignificant, but soil pH and cation exchange capacity (CEC) increased significantly in all zeolite treatments, while salinity (EC) decreased gradually with increasing levels of added zeolite. A significant and gradual increase was also observed for total phosphorus, total potassium, available phosphorus, soluble and exchangeable potassium, and exchangeable calcium and magnesium with increasing levels of added zeolite compared to the control.

Keywords: Zeolite, cation exchange capacity, available phosphorus, exchangeable potassium.