

يُعد محصول الحنطة (*Triticum aestivum* L.) احد اهم المحاصيل من الناحية الغذائية، ويأتي في المرتبة الأولى بين محاصيل الحبوب في العالم والعراق، من حيث الطلب والمساحة المزروعة والإنتاج. محصول الحنطة يُعد المصدر الأساسي لتغذية الإنسان والحيوان فهو مصدر للاحماض الأمينية والفيتامينات والمعادن والألياف الغذائية. يعاني محصول الحنطة في العراق من انخفاض وحدة الغلة الزراعية لأسباب تتعلق بالتربة ومياه الري وصنف المحصول وأساليب إدارة المحصول، وإلى ظروف عدم جاهزية الماء ، والمغذيات في مراحل نمو المحصول لأسباب تتعلق بالإدارة الزراعية ، وشحة المياه وتطاير الاسمدة النتروجينية ، وعدم جاهزية مغذيات اخرى تحت ظروف الترب الكلسية .

مؤشرات خصوبة التربة المادة العضوية فضلا عن دورها المهم في الحفاظ على العناصر الغذائية من التدهور والضياع ومساعدت التربة على الاحتفاظ بالماء اذا انها تساعد في مسك الماء وتحسين الصرف ، فضلا عن كونها مصدر لمعظم العناصر الاساسية الازمه لنمو النبات .

معدن الزيولايت الطبيعي والصناعي وهو عبارة عن سليكات الالمنيوم والصوديوم والبولتاسيوم استعمل في مجالات زراعية وصناعية وطبية وبيئية واسعة ، بسبب طبيعة بلوراته الصغيرة جداً والحاوية على قنوات وتجاويف ومسامية عالية إضافة إلى سعة التبادل التي تفوق ثلاث إلى أربع مرات المعادن الطينية المعروفة Tamer (2006) و Nozari وآخرون،(2013) وقُدِرتْه العالية على الإحتفاظ بالماء والمغذيات وإمداد النبات بها عند الحاجة وبصورة تدريجية ، مما شجع على إستخدام هذا المعدن في ظروف المناطق التي تعاني شحة المياه وإنخفاض جاهزية العناصر المغذية على طول موسم نمو المحصول، كما يتميز معدن الزيولايت في رفع جاهزية

عنصري الأمونيوم والبوتاسيوم في التربة وهما العنصران الأساسيان في نمو محصول الحنطة وإنتاجيته، وإستخدام معدن الزيولايت الذي يتميز بخصائص فيزيائية و كيميائية وميكانيكية فريدة وسعة تبادل كاتيوني عالية على نطاق واسع في السنوات الاخيرة من اجل تحسين الخصائص الفيزيائية للترب المختلفة وخصوصاً الرملية منها ، والحد من تطاير ورشح النتروجين، وزيادة قُدرة التربة على الإحتفاظ بالماء الجاهز للنبات ، كما استخدم في تنقية الترب من العناصر الثقيلة والمواد السامة والمخلفات الكاربوهيدراتية ومجالات عدّة في الطب ومعالجة المياه (غايرلي وآخرون , 2015).

تعاني الترب الرملية وبعض الترب الرسوبية في جنوب العراق من ضعف الخصائص الفيزيائية وإنخفاض الإنتاجية لتدهور المحتوى الخصوبي للتربة وشحة المياه خصوصاً في المنطقة الجنوبية من العراق ، وأضرارها الزراعية والبيئية ، ولذلك تهدف الدراسة إلى:

1-دراسة تأثير معدن الزيولايت الطبيعي والمادة العضوية في تحسين الخصائص الفيزيائية لترب خشنة ومتوسطة النسجة جنوب العراق.

2-دراسة تأثير المعدن المضاف مع المادة العضوية في تحسين السعة التبادلية و الصفات الخصوبية للتربة.

3-دراسة تأثير إضافة الزيولايت والمادة العضوية في نمو وحاصل نبات الحنطة المزروع في ترب رملية ومزيجة غرينية جنوب العراق.

2-مراجعة المصادر Literature review

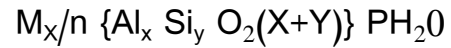
2-1-الزيولايت

الزيولايت معدن طبيعي (وصناعي) يتشكل عن طريق تغيير يحدث في الصخور البركانية الغنية بالزجاج بتفاعلها مع مياه البحر (Badillo-Almaraz وآخرون، 2003)، عند توفر الظروف القاعدية ودرجات الحرارة المناسبة. ويبيّن (Sartbeva وآخرون، 2006) وجود 167 نوع من معدن الزيولايت الصناعي و48 نوع طبيعي، تتشابه خصائص كلا النوعين من حيث الفعالية والهيكل البلوري والمسامية العالية، وتختلف من حيث حجم المسام والشوائب، إذ يملك الزيولايت الصناعي مسام أكبر من الزيولايت الطبيعي، ولمعدن الزيولايت كثافة منخفضة، لأن كل مادة يتكون منها الزيولايت تشكل نظام بلوري مليء بالفراغات، وإن السبب الرئيس لجعل المسام مفتوحة هو وجود تنافر كهربائي بين ذرات الأوكسجين المجاورة لوحدة التتراهيدرا (رباعية السطوح)، لذلك هو مادة فعّالة ومحفزة في عملية الإمتصاص، ويمتلك قدره عالية على التبادل الأيوني والإنتقائية العالية للأيونات والجزيئات والمواد الأخرى التي تخترق شبكة المسام.

بينّ Tamer (2006) إن معدن الزيولايت يتكون كيميائياً بتفاعل مواد بركانية زجاجية مع مياه البحر ذات درجة تفاعل بين (9-10) وحراره مثلى بين (27-55) درجة مئوية، وإن الزيولايت الطبيعي نادراً مايتواجد بشكل نقي بسبب تلوثة بالمعادن الأخرى، لذلك يستبعد في التطبيقات الصناعية التي تتطلب النقاوة العالية، ويستخدم الزيولايت الصناعي عالي النقاوة، إذ يشابه الزيولايت الصناعي خصائص الزيولايت الطبيعي من حيث التركيب البلوري والمسامية العالية، ويستخدم في الزراعة و التطبيقات المحفزة، و تنقية الغاز في العمليات الكيميائية والنفطية، وفي فصل الأوكسجين عن الهواء الجوي فضلاً عن فصل الأولفينات عن البارافينات.

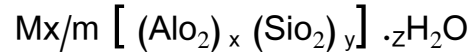
يتكون معدن الزيولايت من مواد الومينوسليكاتية متميئة تنشأ من ارتباط الالمنيوم والسيلكون والأوكسجين مع معادن إرضية وقلويات تشكل إطار للمعدن، وهو معدن يحوي على مسام مفتوحة بشكل تجاؤيف بداخلها قنوات تحتجز الماء والكاتيونات والجزيئات الصغيرة، وغالبا ماتسمى هذه المسامات بالمناخل الجزيئية ذات الحجم الثابت والمنتظم، تسمح للجزيئات الصغيرة والكاتيونات بالمرور من خلالها، إن معدن الزيولايت الومينوسليكاتي يجذب جزيئات الماء لأنه يحوي على نسبة من الالمنيوم وبعضه يجذب الجزيئات غير القطبية عندما يكون عالي السليكا Woodford (2009).

بيّن Milosevic و Milosevic (2009) الصيغة الكيميائية المثالية لمعدن الزيولايت :



إذ تمثل M الأيونات أحادية التكافؤ (K^+ , Na^+) أو ثنائية التكافؤ (Mg^{+2} , Ca^{+2} , Ba^{+2}) و n هو التكافؤ الآيوني، و Al, Si تدخل في تركيب معدن الزيولايت بالاشتراك مع جزيئة الأوكسجين.

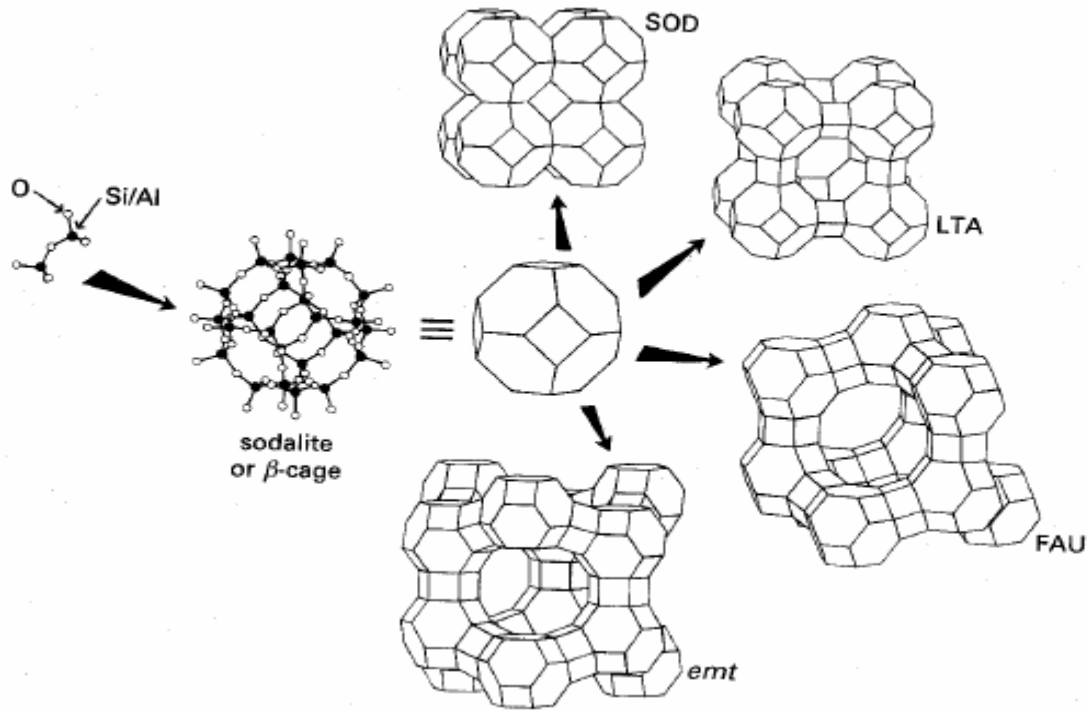
في حين ذكر Tamer (2006) إن الصيغة العامة لمعدن الزيولايت:



إذ M تمثل كاتيون المعدن و m الشحنة و Z عدد جزيئات الماء و y, X (الأعداد الصحيحة) تساوي أو أكبر من 1 تمثل الآنيونات الداخلة في تركيب المعدن.

ذكر Jakkula (2005) إن كل أنواع معدن الزيولايت ذات تركيب ثلاثي الابعاد في نظام رباعي الأسطح متناسق في ايونات (Si_4^+ , Al^{+3}) التي ترتبط بالاشتراك مع ذرات الأوكسجين. ويتكون الهيكل البلوري للمعدن نتيجة هذا الارتباط، تنشأ عنه شحنة سالبة في حالة إتران مع

الشحنة الموجبة للكاتيونات المتحركة داخل بلورات المعدن بحرية، وبين أن تركيب معدن الزيولايت يتكون أساساً من Sodalite أو B -cage تحدث في الصخور النارية القلوية و Fauemnt والصدع أو الشكل الشبيه بالقفص يأخذ الشكل الاتي:



شكل (1) معدن الزيولايت الشبيه بالقفص.

ينتمي معدن الزيولايت إلى فئة المعادن المعروفة باسم ثيكيتوسيليكاتس (Bourgeat-Lami وآخرون، 1992).

أشار Fedosov وآخرون (2011) إلى أن التركيب البنائي لمعدن الزيولايت ذو خصائص منها:

1- ذات مسام جزيئية مختلفة تسبب تباين في معدل نقل بعض الجزيئات.

2- بلورات المعدن لا تنتفخ.

3- بلورات المعدن مستقرة.

4- هيكل الزيولايت مستقر كيميائياً مما يسمح بفصل المذيبات القوية .

يوجد أكثر من 48 نوع من الزيولايت الطبيعي ، تصنف على أساس الخصائص المورفولوجية

أو التكوين الكيميائي للهيكل البلوري وقطر المسام ، ومنها:

1-زيولايت ذو مسام صغيره قطرها بين 0.3 - 0.45 نانومتر

2-زيولايت ذو مسام متوسطة قطرها بين 0.45 - 0.6 نانومتر

3-زيولايت ذو مسام كبيره قطره بين 0.6 - 0.8 نانومتر

4-زيولايت ذو مسام كبيره قطرها جداً المسام بين 0.8 - 1.0 نانومتر.

ويبين Milosevic و Milosevic (2009) إن حجم المسام يعتمد على عوامل عدّة منها

موقع الكاتيون في المعدن ، ومدى تقارب ذرات الأوكسجين، و نسبة Si/Al و درجة الحرارة،

وذكر Peskov (2015) إن الزيولايت عالي السيليكا يمتاز الجزيئات العضوية الاقل قطبية بقوة

في حين تفاعله ضعيف مع الجزيئات القطبية الأخرى، ويبن الباحث إن الإمتزاز يعتمد على حجم

وشكل المسام التي تتحكم في دخول الجزيئات داخل بلورات المعدن وإنتشارها خلال القنوات بسرعة

أكبر، وترك بعض الجزيئات عالقة خلفها ، ولذلك يمكن لهذا المعدن فصل الجزيئات على أساس

القطبية والحجم والشكل في عملية الإمتزاز الجزيئي .

صنف Cabanilla وآخرون (2016) معدن الزيولايت إلى ثلاث مجموعات وفقاً لنسبة Si/Al:

- زيولايت منخفض السيليكا نسبة Si/Al ~ 1 يُعد أفضل أنواع الزيولايت من حيث التكوين،

وهيكل القنوات وحجم المسامات فضلاً عن نسبة ألومنيوم العالية التي اكتشفها R.M

.Mitom

- زيولايت متوسط السيليكا نسبة Si/Al ~ 5 وهو مادة ماصة وهيدروكاربونية محفزه اكتشفه

أوائل الخمسينيات N.A Acara D.W Bred.

- زيولايت عالي السيليكا يتميز سطحه بانتقائية عالية للجزيئات القطبية والقابلة للاستقطاب

والماء ، يستخدم في مجالات عدّة وخاصة في التجفيف والتنقية.

ذكر Ramesh و Reddy (2011) إن إكتشاف معدن الزيولايت يرجع إلى العالم السويدي

اليكس فريدريك كرونستدت عام 1756 م، عندما سخّن مواد من احد المناجم في السويد على درجة

200 درجة مئوية ،كونت كمية كبيرة من بخار الماء امتزت من المعدن أطلق عليها اسم معدن

الزيولايت Zeolite، إذ إن (Zeo) تعني الغليان و (lite) تعني الحجر في اللغة اليونانية أي (حجر

الغليان)، ويبيّن الباحث نفسه إن المعدن يتكون من الصخور البركانية عند تواجد مياه جوفية قلوية

التفاعل تؤدي إلى تبلور المعدن ،وأشار إلى تواجد معدن الزيولايت قرب البراكين مع وجود مياه

بحرية مالحة وأكثرها شهرة (كلينوبتيلوليت، اريونيت ، تشابازيت ،هيولانديت ،موردنيت، ستيلبيت،

فيلبسييت، هيكليا).

يمتاز معدن الزيولايت بخفة وزنه وإنخفاض كثافته لكثرة التجاويف فيه التي ترفع من كفاءة

التبادل الأيوني للمعدن مع الكايتونات في التربة أو البيئة ، لذلك استخدم كمصلح للتربة ومواد

منقية لمياه الصرف الصحي فضلاً عن إستخدامه للسيطرة على المعادن الثقيلة والمواد النووية

والمواد السامة والمبيدات ومسببات الأمراض ، وكمادة مرشحة (Cabanilla وآخرون, 2016).
وبيّن (Pisarovic وآخرون, 2003) إن الصفات المميزة لهذا المعدن جعلته يدخل في إستخدامات متعددة منها زيادة مقاومة التربة للجفاف من خلال إمتزاز جزيئات الماء في التجاويف الداخلية للمعدن ، والمحافظة عليها ، وزيادة خزين المغذيات في التربة، وتقليل الحاجة إلى الاسمدة والمغذيات المعدنية، والقضاء على آثارها الضارة ، وتقليل سمية بعض الأيونات مثل الحديد والألمنيوم .

عند خلط معدن الزيولايت مع التربة يُحسّن من حالة التربة للحفاظ على المواد المغذية والرطوبة وبالتالي خفض تكاليف الاسمدة والمياه وعند خلطة مع أعلاف الماشية، والدواجن والخنازير يؤدي إلى زيادة الوزن، إذ يساعد في إمتصاص السموم المسببة لأمراض الحيوانات وخفض الهلاكات ويقلل من الإجهاد الهضمي والحاجة للمضادات الحيوية، وقابليته لإمتصاص السموم الناتجة من الطفيليات المجهرية كما يزيد من نسبة إمتصاص الاغذية من قبل الحيوانات polat وآخرون, (2004).

أشار Erdem وآخرون (2004) ان معدن الزيولايت أثر إيجابياً على البيئة من خلال تنقية مياه الصرف الصحي اعتماداً على عملية الإمتزاز المرتبطة بكثافة الشحنة وقطر الأيون المتأدّرت وفعالية الأيونات التي تأخذ الشكل الاتي من حيث تقليل سميتها وأضرارها المرضية في اجسام الكائنات الحية : $Pb < Co < Cu < Fe < Zn < Cr < Mn$.

أشار Jakkula (2005) إن معدن الزيولايت يدخل في تطبيقات عدّة منها إمتزاز الغازات وفصل الغاز الطبيعي، معالجة مياه الصرف الصحي ومياه الشرب، التحفيز، الزراعة ، شل حركة المعادن الضارة في التربة ، التبادل الأيوني، إمتصاص الرائحة الكريهة ، إزالة النظائر المشعة من

المياه السائلة في الزراعة وإزالة الأمونيوم من مياه الصرف الصحي ، وإضافة معدن الزيولايت إلى التربة الزراعية الملوثة بالمعادن الثقيلة (Cu,Cd,Pb) مع النظائر المشعة (Cs,90sr,137Cs) (134) خفض إمتصاص المعادن من قبل النباتات النامية في مثل هذه التربة ، فضلاً عن الحد من حركة المعادن وتأثيرها السام على النبات لخاصية التبادل الأيوني المميزة لهذا المعدن.

يوجد معدن الزيولايت في بلدان مختلفة مثل الولايات المتحدة الأمريكية، كوبا ، إيطاليا ، اليابان ، تركيا، روسيا ، جنوب افريقيا ، بلغاريا و المجر ، وبلغت الكمية المستخدمة من المعدن سنوياً (3.5) مليون طن منها 18% معدن طبيعي ، والمتبقي معدن صناعي، وفي تركيا تُقدّر الكمية الكلية بـ50 مليار طن ينتج منها سنوياً 25000 طن تستخدم محلياً ، ويصدر قسم منها إلى خارج البلد (Polat وآخرون,2004).

تم تصنيع الزيولايت من قشور الرز لاحتوائها نسبة عالية من السيليكا، ويمكن استخراج السيليكا بصورة سيليكات الصوديوم عند التحلل بدرجات حراره عالية لتكوين رماد قشور الرز، وفصل السيليكا من قشور الرز بواسطة المذيبات (Mohamed وآخرون, 2015).

2-2 تأثير معدن الزيولايت في الخصائص الفيزيائية للتربة:

بيّن Hernandez (2000) إن معدن الزيولايت مسامي يحوي على فراغات مختلفة الاحجام وتجاويف على شكل طبقات مجاورة لجدران البلورات ، ولذلك فإن المعدن عالي الإمتزاز للماء والمواد المغذية ، وحدد (Georgiev, 2009) سبب المسامية العالية لمعدن الزيولايت الذي يُعزى إلى التركيب ثلاثي الأبعاد لسلسلة من القنوات المترابطة تعطي الزيولايت وظيفة النخل الجزيئي، ويُحسّن الخصائص الفيزيائية للتربة الطينية بزيادة التهوية والإيصالية المائية للتربة ، وأشار (Kocakusak وآخرون, 2001) إلى إن معدن الزيولايت ذو قُدرة عالية على التبادل

الأيوني و الحد من الرشح في الترب الرملية ، وإزالة الروائح غير المرغوب بها، والمسامية العالية، وتنقية المياه، وإمتصاص الغازات . وإن الفراغات الواسعة لمعدن الزيولايت تساهم في مسك الماء مع المغذيات ، وقُدرة تبادل عالية مع الكاتيونات تساهم في تحسين خصائص التربة (Ok وآخرون 2003)، وإن حجم هذه الفراغات جعلت الزيولايت فعالاً في عمليات التنقية والفصل (Kamarudin وآخرون، 2003).

بيّن Bish و Ming (2001) إن معدن الزيولايت يُحسّن من الخصائص الفيزيائية للتربة ويرفع المسامية ، وصفاً التبادل مع الأيونات الموجبة ، وإن التركيب البنائي الهش لمعدن الزيولايت يساعد في تهوية التربة وتحسين قُدرتها للإحتفاظ بالماء والمغذيات عن طريق الإمتصاص والتبادل الأيوني ، وخرن الماء لمدة طويلة ، الذي يصل إلى 60% من وزن المعدن خلال فترات الجفاف ، ويُحسّن الإنتشار الأفقي للمياه في المنطقة الجذرية في أثناء الري، وعند فقد الماء من المعدن لا يؤثر على تركيبه البلوري (Xiubin و Zhanbin، 2001).

وبين He وآخرون(2002) إن خلط معدن الزيولايت مع التربة الرملية أدى إلى زيادة المساحة السطحية والسعة التبادلية الكاتيونية، وقلل فقد النتروجين والمواد المغذية بالرشح، وحسّن الخصائص الفيزيائية لهذه الترب ، ولذلك فللمعدن دور فعال في الترب الرملية، التي تتعرض المغذيات والماء فيها للرشح الشديد، لذلك عند إضافة المعدن لهذه الترب يزيد من قابلية التربة على الإحتفاظ بها ، وتحسين نمو النبات ab, Anonymous (2004) . واستخدم Abdi وآخرون (2006) معدن الزيولايت الطبيعي مع التربة الرملية لتحسين صفاتها الفيزيائية ، مما أدى إلى زيادة جاهزية وإستهلاك الماء ومنع فقد المغذيات.

في دراسة AL-Busaidi وآخرون (2008) عند إضافة معدن الزيولايت إلى التربة الرملية أدى إلى زيادة محتوى التربة من الماء ، وكذلك زيادة مسك العناصر في التربة.

Bansiwal وآخرون (2006) استخدموا معدن الزيولايت كمصلح للتربة ، ولزيادة السعة التبادلية الكاتيونية وإطلاق الأيونات بصورة بطيئة ، وتحسين كفاءة استخدام المياه و الترب المتدهوره التي تتطلب إمكانيات عالية لإستصلاحها. وأشار (Jakkula, 2005) إلى إن إضافة معدن الزيولايت للتربة ساهم بالحد من الإجهاد المائي لأن المعدن غني بالمسامات ذات الاحجام والاشكال المختلفة والقنوات الصغيره جدا التي تربط التجاويف الكبيره داخل بلورات المعدن، إذ إن لمعدن الزيولايت وحدات بناء ثانوية مختلفة من حيث اشكال فتحات المسام وانظمة القنوات المميزه لمعدن الزيولايت. وبيّن (Korkuna وآخرون, 2006) وجود عمليتين للإمتصاص في معدن الزيولايت :تمتص المسامات الصغيرة تحت شد منخفض ~0.01 بار، والثانية في المسامات الأكبر عند شد (0.1-0.01) بار ، وبهذا تمتلئ جميع المسامات والتجاويف بالماء.

وذكر Manolov وآخرون (2005) إن معدن الزيولايت يستخدم كمقوم أساس للترب الفقيرة لسعته التبادلية الكاتيونية العالية ، والإمتزاز المرتفع للعناصر الصغرى والكبرى جعلت المعدن ناجح عند تطبيقه في المجال الزراعي.

استخدم معدن الزيولايت لمعالجة الترب المتدهورة ورفع كفاءة استعمال المياه والمغذيات فيها (Sepaskhah و Yoesefi , 2007) وبيّن Ramesh و Reddy (2011) إن معدن الزيولايت يُعد معدن منظم للترب المتدهورة ، وإن تركيبه المسامي يساعد في تحسين تهوية ورطوبة التربة .

يُضاف معدن الزيولايت إلى التربة المعرضة للجفاف والإجهاد المائي لتحسين صفاتها الفيزيائية وجعلها أكثر احتفاظاً بالرطوبة والمواد المغذية ، مما يُحسّن من النشاط البيولوجي في التربة (Zahedi , وآخرون 2011) ، وأشار Sulakhudin و Sunarminto (2011) إن إضافة الزيولايت إلى ترب المناطق الجافة أدى إلى زيادة احتفاظ هذه الترب بالماء والمغذيات ، ووصلت قابلية إمتازة للماء إلى 100% مع بطئ في إطلاق المغذيات.

بيّن Brannvall (2007) إن استخدام معدن الزيولايت الطبيعي أدى إلى زيادة قدرة التربة للاحتفاظ بالماء الجاهز في المنطقة الجذرية ، وزيادة نمو واستدامة النبات ، وتحسين قدرة التربة على الاحتفاظ بالمغذيات والجزيئات الأخرى وتبادل الأيونات.

أشار Ghorbani و Bababei (2009) عند إضافة معدن الزيولايت إلى التربة ذات المحتوى العالي من الاملاح أدى إلى خفض ملوحة التربة وفسر ذلك بأن معدن الزيولايت يزيد من قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء ، وبالتالي خفض تركيز الاملاح في محلول التربة.

أشار Bernardi وآخرون (2009) إن معدن الزيولايت يُحسّن من كفاءة استخدام المياه عن طريق امتزاز الماء وزيادة قدرة التربة على الاحتفاظ به ، وتوفيره للنبات وخاصة في المنطقة الجذرية.

وذكر Islam وآخرون (2011) إن استخدام هذا المعدن في المناطق الجافة وشبه الجافة قلل من ظروف الإجهاد المائي عند معاملة التربة به لأنه مادة فائقة الإمتصاص للماء .

واستخدم Bozorgi وآخرون (2012) الزيولايت لتحسين الخصائص الفيزيائية للتربة ورفع قابليتها على مسك الماء ، وجعله بصورة جاهزة للنبات ، ومسك العناصر الغذائية ، وعدم تعرضها للرشح.

بيّن Ramesh وآخرون (2015) إن استخدام معدن الزيولايت في المناطق الجافة وشبه الجافة أدى إلى رفع قابلية التربة للاحتفاظ بالماء واحتباس الاسمدة NPK والحد من فقدها مع الرش واطلاقها بصورة بطيئة في التربة الرملية ، واستخدم المعدن مع الاسمدة ليوفر الرطوبة لفترة طويلة خلال فترات الجفاف ، ويعمل على تحسين التهوية.

أشار Mao وآخرون (2011) إن إضافة معدن الزيولايت لترب المناطق الجافة وشبه الجافة قلل من أضرار الإجهاد المائي المؤثر في عملية التركيب الضوئي بتحسين الظروف الرطوبة للتربة.

ذكر Demirbas (2009) في دراسة لترب المناطق الجافة وشبه الجافة ذات المحتوى المرتفع من المونتموريللونائيت ، وما يصاحبه من ظواهر التمدد والتقلص وتنشق الترب بسبب المعدن عند ظروف الرطوبة المنخفضة ، أشار الباحث إلى إن استخدام معدن الزيولايت لهذه الترب أدى إلى الحد من ظاهرة إنتفاخ التربة والتمدد والتقلص ، وكذلك الحد من الصفات البلاستيكية للتربة. يستخدم معدن الزيولايت في الترب الطينية ذات اللدانة والإنضغاطية العالية ومنخفضة النفاذية لتحسين هذه الخصائص في الترب (Yunus وآخرون, 2011). كما بيّن Abd Wahid (2012) إن معدن الزيولايت يُحسّن بناء التربة العضوية بسبب عدم إستقرارها إذ يتم ، تثبيتها وزيادة قوة بناءها بإستخدام معدن الزيولايت .

بيّن Nozari وآخرون (2013) إن إضافة الزيولايت إلى الطبقة السطحية للتربة ساهم في الحد من الجفاف والإجهاد المائي ، وخفض فشل الإنبات والتبخر ، إذ يعمل على خزن الماء

ومنع حدوث الجفاف ، وتحسين خصائص التربة الفيزيائية ، وأشار Rad وآخرون(2013) إن معدن الزيولايت يعمل على إمتصاص الماء وجعله جاهزاً للنبات عند الحاجة ، مما يؤدي إلى الحد من ضرر الإجهاد المائي.

أشار Ghazavi (2015) إلى إن إستخدام الزيولايت مع التربة الرملية في المناطق الجافة وشبه الجافة أدى إلى تحسّن في السعة التبادلية الكاتايونية وقُدرة التربة على الإحتفاظ بالرطوبة والحد من التبخر مع زيادة كبيرة في الإحتفاظ بالمواد المغذية خصوصاً البوتاسيوم والأمونيوم والكالسيوم فضلاً عن تحسين تجمعات التربة، مما أدى إلى زيادة كبيرة من الماء الجاهز في التربة.

بيّن Afrous و Goudarzi (2015) إن معاملة التربة بمعدن الزيولايت زادت من احتفاظه بالمواد المغذية ، وقلل فقد النترات بالرشح لأن المعدن يعمل على تحسين خصائص التربة الفيزيائية.

وذكر Di Giuseppe وآخرون (2015) إن استخدام الزيولايت في التربة الطينية أدى إلى تحسين تهوية التربة ، وزيادة النفاذية مما ساهم في زيادة نمو ونشاط الأحياء الدقيقة.

أشار Behzadfar وآخرون (2017) إلى إن معدن الزيولايت يعمل كمادة مصلحة للتربة فضلاً عن العديد من الخصائص الفيزيائية مثل تحسين الإيصالية المائية والتهوية وزيادة رطوبة التربة ، وكذلك مقاومة تاكل التربة الحاد الناتج عن الجريان السطحي ، حيث يعمل على تقليل سرعة الجريان والحد من فقدان التربة، بالإضافة إلى ذلك يُحسّن من أراضي المراعي المتهورة.

معدن الزيولايت يعمل على تنقية مياه الشرب من الزئبق وشل حركة العناصر السامة في التربة من خلال محاصرتها في شبكة من التجاويف التي تحتجز الأيونات بداخلها (Attari , 2015).

بيّن Polat وآخرون(2004) أن رش الزيولايت على سطح الماء يساعد في إمتصاص الغازات الملوثة مثل الامونيا وكبريتيد الهيدروجين من الماء دون الضرر بالبيئة والحياة المائية. في دراسة لـ Magnoux و Lemos (2012) أشار إلى إن الزيولايت يستخدم لإزالة المواد الكيميائية العضوية المتطايرة في الهواء، ويمكن للجزيئات أن تنتشر في إتجاه واحد أو إتجاهين أو ثلاث اعتماداً على حجم مسامات المعدن ، و يمكن للزيولايت ان يسمح أو يرفض دخول هذه الجزيئات، إن شكل وحجم المسام له أهمية كبيرة لأنها المسؤولة عن خصائص الغريال الجزيئي والانتقائية ، وحجم وقطر القنوات يمنع الجزيئات الضخمة من الدخول إلى داخل المسام وبالوقت نفسه يعيق الجزيئات الكبيرة التي تشكلت داخل المعدن من الإنتشار خارجه.

2-3 تأثير الزيولايت في الخصائص الكيميائية والخصوبة للتربة:

أشارت ابحاث ودراسات عدّة الى الدور الإيجابي للزيولايت في تحسين خصائص التربة الكيميائية والخصوبة.

فقد بيّن (Kavooosi و Rahimi , 2000) إن خلط معدن الزيولايت مع الاسمدة العضوية والاسمدة الكيماوية ساهم في تحسّن خصوبة التربة وزيادة قابليتها للإحتفاظ بالماء.

ذكر Leggo (2000) إن لمعدن الزيولايت تأثير كبير للإحتفاظ بالماء والنترجين في التربة ، وأدى ذلك إلى زيادة معدل نمو وإنتشار البكتريا المثبتة للنترجين في منطقة الرايزوسفير

ورفع قابلية التربة للإحتفاظ بالنترات والكالسيوم والمغنيسيوم ، وخفض فقد النتروجين إلى خارج المنطقة الجذرية بالغسل مع مياه الرش.

في دراسة لـ Supapron وآخرون (2002) خلط فيها معدن الزيولايت مع الاسمدة الكيميائية لاحظ إرتفاع جاهزية العناصر الغذائية في التربة مثل الفسفور، النتروجين، الكالسيوم، البوتاسيوم و المغنيسيوم في مدى زيادة (5.7- 18.7) ، (0.06- 0.14) ، (4.9 - 6.6) ، (127 - 150) ، (0.72 - 0.96) Cmol Kg^{-1} على التوالي، وبذلك فهو يعمل كمنظم ومثبت للاسمدة المعدنية وناقل ممتاز ومصدر للعناصر الغذائية (Bagdasarov وآخرون, 2004).

وذكر chuprova وآخرون (2004) إن خلط معدن الزيولايت مع الدبال له تأثير ممتاز على إنتاجية الذرة وتحسين خصائص التربة.

وبين Polat وآخرون (2004) إن إضافة معدن الزيولايت حسن من الخصائص الكيميائية للتربة ودرجة التفاعل ، وقابلية التبادل الأيوني للتربة ، ورفع خصوبة التربة لإحتفاظة بالرطوبة والمغذيات الذائبة فيها.

في دراسة لـ Rehakova وآخرون (2004) إن خلط الزيولايت مع مصدر للنتروجين يحسن من كفاءة إستخدام النتروجين وجعله أقل عرضة للفقد بالرشح أو بالغسل ، و تحسين كفاءة إمتصاصه من النبات ، وتقليل تكاليف الاسمدة بشكل كبير من خلال الإحتفاظ بالماء والمغذيات في المنطقة الجذرية لوقت طويل.

في دراسة قام بها Ahmed وآخرون (2006) بمعاملة التربة بكميات كبيرة من معدن الزيولايت أظهرت النتائج دوره الكبير في تحسين إحتفاظ التربة بالأمونيوم وتقليل عملية النتجة.

وذكر Hua وآخرون (2006) إن لمعدن الزيولايت إنتقائية عالية لعناصر الأمونيوم والبوتاسيوم وقُدِرته على إذابة الفسفور أدت إضافته للتربة إلى زيادة ونمو وانتاجية النباتات مع إرتفاع جاهزية هذه العناصر في التربة عند إضافة المعدن إليها.

وبين Milla'n وآخرون (2008) إن الزيولايت يزيد من كفاءة الاسمدة النتروجينية في محاصيل العلف ، ويقلل من المشاكل البيئية ، ويطلق النتروجين والمغذيات بصورة بطيئة من القنوات الداخلية للمعدن ، مما يسمح لإمتصاصها بصورة تدريجية من المحصول.

وأشار Wul و Liu (2008) إلى إن فقد النتروجين بنسب تتراوح بين 40-70 % والفسفور 80-90 % والبوتاسيوم 50-70 % في المناطق الجافة وشبه الجافة ، وبالتالي تسبب خسائر إقتصادية كبيرة، وإن إستخدام معدن الزيولايت في هذه المناطق أدى إلى زيادة قابلية التربة على الإحتفاظ بالمياه ، وخفض فقد العناصر المغذية عن طريق الإمتزاز والتبادل الأيوني وتحررها بصورة بطيئة.

وأشار Milosevic و Milosevic (2009) إلى إن خلط معدن الزيولايت مع سماد الماشية والاسمدة NPK أدى إلى تحسين النمو الخضري ، وزيادة إنتاج نبات التفاح ، وخفض حموضة التربة ، وزيادة جاهزية النتروجين والفسفور ، وتحسين خصائص التربة البيولوجية والكيميائية على المدى الطويل . وبين (Bernardi وآخرون, 2010) إن خلط الزيولايت مع اليوريا أدى إلى زيادة نسبة المادة الجافة للنبات ، إذ يقلل المعدن فقد اليوريا بالغسل لإحتجازها في فجوات المعدن وتحريرها ببطء ، مما يوفر النتروجين الجاهز للنبات بشكل مستمر ، وأدى ذلك إلى زيادة إنتاجية المحاصيل المزروعة في مثل هذه الترب ، وأشار الباحثون (Latifah وآخرون, 2011) ايضاً

إلى فاعليه الزيولايت في تقليل تطاير الامونيا بنسبة 22-41 % عند خلط اليوريا مع الزيولايت ، وتقليل النتجة المفرطة من قبل الأحياء المجهرية.

في المناطق ذات الحرارة المرتفعة تتحلل المادة العضوية بسرعة وتنخفض نسبتها في التربة، وعند إضافة معدن الزيولايت خفض معدل تحلل المادة العضوية وساهم بالأفراج البطيء للاسمدة والمياه وقلل كمية المياه والاسمدة الواجب إضافتها (Truc و Yoshida, 2011).

وأشار Ramesh و Reddy (2011) إلى إن الزيولايت يساهم في مسك النيتروجين في التربة وحفظه من التطاير، والغسل ، وزيادة ذوبانية الفوسفات في التربة ، ويحسن من كفاءة إمتصاصها ، وبين الباحثان أن الزيولايت يمكن إن يقلل عملية النتجة وغسل النترات في التربة من خلال حفظ الأمونيوم داخل مسام المعدن ، وإيقاف عملية النتجة ، كما بين Latip وآخرون(2011) أن تطاير الأمونيا من اليوريا يمكن إن يقل بخلط اليوريا مع الزيولايت.

وبين Rabai وآخرون(2013) إن خلط اليوريا مع الزيولايت يؤدي إلى تقليل فقد اليوريا وتحسين كفاءة النتروجين وزيادة تراكم ايون الأمونيوم في التربة، كما أشار الباحثان إلى إرتفاع الكاربون العضوي والمغنيسيوم في التربة المعاملة بمعدن الزيولايت ، وزيادة إرتفاع النبات وقطره وزيادة إنتاجيته. وبين (Torma وآخرون ، 2014) إن معدن الزيولايت يمنع فقد ايونات الأمونيوم الزائدة عن الحاجة ، ويطلقها إلى محلول التربة بصورة تدريجية ، وعند إضافة معدن الزيولايت إلى التربة يعمل على استقرار التبادل الأيوني سريعا ، ويبقى المعدن فعال في التربة لسنوات عدة . أشار Vilcek وآخرون (2013) إن معاملة التربة بمعدن الزيولايت ساهم في الحد من كثافة عملية النتجة قرب الجذور، لدخول ايون الأمونيوم داخل المعدن ، ورفع كفاءة التغذية النتروجينية بهذا

المعدن إذ إنخفضت النترات من 78% إلى 66% وإنخفض تركيزها في المياه الجوفية وظهرت زيادة في محتوى التربة من الأمونيوم من 24 إلى 59% بعد ثلاثة اشهر من إضافة المعدن للتربة ، وأشار (Babaei و Ghorbani 2009) إلى إن معدن الزيولايت يمتص الأمونيوم من بيئات مختلفة ، ويطلقه ببطء حسب حاجة النبات ، وهذه صفة مهمة لهذا المعدن.

في تجربة لـ Afrous و Goudarzi (2015) حول فاعليه معدن الزيولايت في تحسين معدل إمتصاص الأيونات من محلول التربة أشار الباحثان إلى ان زيادة في معدل إمتصاص المنغنيز والأمونيوم والالمنيوم والحديد والمغنيسيوم بنسبة 90% ، وإن الإمتصاص يكون سريع جداً للأمونيوم في الأشهر الثلاث الأولى ، وبعد 5 اشهر وصلت الكمية الممتصة بين 68.5-86.9 ملغم كغم⁻¹ تربة.

استخدم Palanivel وآخرون (2015) معدن الزيولايت في حقول الرز لخفض تطاير الامونيا عند إضافة اليوريا ورفع جاهزية الأمونيوم في التربة ، وتحسين خصائص التربة الكيميائية. وأشار Chander و Joergensen (2002) إلى ان زيادة الكتلة الحيوية للبكتريا عند إضافة معدن الزيولايت للتربة ، وهذا دليل على إنه غير سام للكائنات الحية.

وأشار Bernadi وآخرون (2008) إلى ان فعالية الزيولايت في زيادة وفرة الفسفور من الصخور الفوسفاتية ، ورفع كفاءة الاسمدة الفوسفاتية والنيتروجينية وتحسين نمو وحاصل النبات. معدن الزيولايت الطبيعي يعمل على تحسين كفاءة إستخدام الفسفور ومنع حدوث تلوث التربة بالفسفور نتيجة عمليات الإمتصاص والتبادل الأيوني للمعدن (Kulasekaran وآخرون ، 2010).

استنتج Di Giuseppe وآخرون (2015) إن معدن الزيولايت يعمل على زيادة ذوبانية العناصر المعدنية مثل الفوسفات ، وتوسيع نمو الأحياء المجهرية المفيدة مثل البكتريا المثبتة للنتروجين ، وكذلك توفير المحتوى الرطوبي في منطقة الرايزوسفير .

وأشار Khan وآخرون (2008) إلى أن زيادة إرتفاع النبات مع زيادة كمية المعدن المضاف بسبب الأفراج التدريجي للمواد المغذية من فجوات الزيولايت ، وفي دراسة لـ Ge وآخرون (2010) أشاروا إلى إن استخدام معدن الزيولايت الطبيعي والصناعي أدى إلى تحسين خصائص التربة المتدهورة ، ورفع قابلية إحتفاظها بالماء ، وتوازن المغذيات فيها ، ورفع كفاءة الاسمدة والنمو وإنتاجية المحاصيل الحقلية والبستانية ، بين (Bernardi وآخرون , 2011) عند خلط معدن الزيولايت مع التربة أدى إلى زيادة في نمو النبات و إنتاج البذور وزيادة المادة الجافة ، وذلك لتحسين كفاءة استخدام النتروجين وخواص التربة.

استخدم الزيولايت في الجانب الزراعي ليوفر فقد المواد الغذائية ، وتحسين كفاءة استخدام الاسمدة ، والتخلص من الأضرار الناتجة عنها ، وبالتالي تحسين النمو والإنتاج ، لدور المعدن في تحسين خصائص التربة الخصوبية (Azarpour وآخرون , 2011).

بين Ippolito وآخرون (2011) إن السعة التبادلية الكاتيونية لمعدن الزيولايت عالية جدا (100-200) Cmol Kg^{-1} ، وإن إضافته إلى التربة الرملية الخشنة رفع السعة التبادلية لها بمعدل اعلى من الترب الناعمة.

وبين Najafinezhad وآخرون (2014) إن التغيرات البايوكيميائية والمورفولوجية وإنخفاض محتوى البروتين في نباتات العلف نتيجة نقص رطوبة التربة والإجهاد المائي للنبات

أمكن معالجتها بإضافة معدن الزيولايت الذي أدى إلى رفع الرطوبة الجاهزة ، وتقليل الإجهاد المائي وزيادة معدل الأيونات المغذية الكبرى والصغرى في التربة.

وأشار Jakkula (2005) الى إن إضافة الزيولايت للتربة المزروعة بالذرة أدى إلى إنتاج نباتات خالية من الأمراض مع عدم وجود أعراض نقص في التغذية مقارنة مع التربة غير المعاملة بالمعدن، إذ حسن الزيولايت خصوبة التربة بشكل كبير أدى إلى زيادة العلة ، ورفع إستجابة النبات للنتروجين في التربة ، وتحفيز إمتصاص البوتاسيوم والفسفور بعملية التبادل الكاتيوني داخل وخارج بلورات المعدن و تحسين درجة التفاعل.

في دراسة لـ Nesterenko (2007) بيّن فيها إن لمعدن الزيولايت تطبيقات مختلفة في الزراعة خاصة في إدارة الترب ، فيستخدم أمّا لنقل المواد المغذية أو لتحريرها بصورة بطيئة ، وتحسين خصائص التربة الخصوبية ، ومعالجة التربة الملوثة بالمعادن الثقيلة ، و يعمل على تحسين إنتاجية التربة.

وذكر Anonymous (2004a) إن معدن الزيولايت يعمل على امتزاز المعادن كالرصاص والنحاس والحد من تراكمها داخل الأجزاء الصلبة للنباتات النامية في ترب ملوثة بهذه العناصر والسيطرة عليها ، وفي دراسته لـ (Kumar وآخرون , 2007) إن معدن الزيولايت سواء أكان طبيعي ام صناعي استخدم على نطاق واسع لعزل الملوثات والمعادن الثقيلة إذ يوفر مواقع لإمتصاص الجزيئات ، وبالتالي فهو قادر على الإحتفاظ بالمعادن الثقيلة ، وخفض ضررها، إذ إن إزالة المعادن الثقيلة في الترب الملوثة أمر صعب للغاية ،لأنها تستمر في التربة لفترات طويلة، عندما استخدم 20% من معدن الزيولايت و80% من التربة الملوثة بالمعادن الثقيلة فقد تم الحد من تلوث الترب بالمعادن الثقيلة (Cd,Pb,Cr,Zn,Cu).

قُدرة الزيولايت على الإمتزاز العالية استخدمت في الحضائر التي تتبعث منها الروائح الكريهه إذ يخلط مع الاسمدة العضوية الحيوانية المضافة للتربة لقُدرة العالية على الإمتزاز (Sharadqah و Al-Dwairi, 2010).

واستنتج Ajirloo وآخرون (2013) إن الإستخدام غير السليم للمبيدات الزراعية أدى إلى تلوث مفرط بالرصاص مع ازدياد المعادن الثقيلة بفعل الأنشطة البشرية ، وإن بعض هذه المعادن لا تتأثر بالنشاط البيولوجي ، ولا يتغير تركيزها في التربة لفترات طويلة ، لذلك يجب تطبيق أساليب منخفضة التكلفة مثل إضافة معدن الزيولايت الذي يؤدي إلى تثبيت الكاديوم والرصاص في التربة والحد من المشاكل الناجمة عن الإستخدام غير السليم للمبيدات ، وايضاً للحد من التلوث الإشعاعي في التربة.

إن معدن الزيولايت عالي الإمتزاز ، وأكثر ملائمة للبيئة لخفض التلوث الإشعاعي بالمعادن الثقيلة في التربة ، وكذلك يقلل من إمتصاصها من قبل النبات ، والسيطرة على التبادل الكتيوني (Vilcek وآخرون, 2013). وبين Stapleton (2013) إمكانية إستخدام الزيولايت لفترات طويلة وعلى نطاق واسع لأنه مادة فعّالة وغير مكلفة وماصة ذات قُدرة عالية على التبادل الأيوني لإرتفاع سعته التبادلية ، ويمكن إزالة المعادن الثقيلة في التربة أو في المياه مثل الزئبق والكوبلت بواسطته.

ذكر Ramesh و Reddy (2011) إن المسام والفراغات هي الخصائص الرئيسة لمعدن الزيولايت و مساحة السطح الداخلي لهذه القنوات مرتفع جداً لكل غم من الزيولايت ، مما يجعل عملية التبادل الأيوني فعّالة ، وإن نسبة Si/Al صفة مهمة إذ إنها تتناسب عكسياً مع محتوى الكاتيونات داخل بلورات المعدن ، و طردياً مع إرتفاع درجات الحرارة ، وإن سبب إرتفاع التبادل

الأيوني لمعدن الزيولايت، يُعزى لوجود الالمنيوم في بنية هيكل الزيولايت والذي يحدد خاصية التبادل .

ويبين Cabanilla وآخرون (2016) إن لمعدن الزيولايت أهمية كبيرة في التفاعلات الكيميائية فهو مادة محفزة للتفاعلات التي تحدث في التجاويف الداخلية لسببين:

الأول: الزيولايت مادة مسامية بلورية ثلاثية الابعاد تمتلك خصائص النخل الجزيئي للتحكم في سرعة التفاعل .

الثاني: عملية التبادل الكاتيوني العالية داخل مسام بلورات المعدن، كما إن معدن الزيولايت يخفض درجة تفاعل التربة والماء وإزالة النترات من المياه.

2-4 تأثير الزيولايت في تحسين نمو وإنتاجية المحاصيل :

يستخدم معدن الزيولايت في الزراعة بنجاح، إذ يستخدم في زراعة مجموعة واسعة من المحاصيل بما في ذلك محاصيل الحبوب (ab Anonymous , 2004). عند إضافة معدن الزيولايت مع المادة العضوية يعزز من نمو النباتات ، إذ يشجع نمو وتكاثر البكتريا المثبتة للنيتروجين، كما يخفض تأثير النفايات السامة على النبات لدوره في إمتصاص المواد السامة ومنع تراكمها داخل النبات (Leggo, 2000). ويبين (Supapron وآخرون، 2002) إن إضافة معدن الزيولايت مع الاسمدة المعدنية أعطى إنتاج عالٍ في نبات البنجر السكري ، مع زيادة في قطر وإرتفاع النبات والحصول على عائد أفضل بسبب الخصائص المميزة للمعدن (التبادل الأيوني، الإمتزاز) .

وأشار Wiedenfeld (2003) إلى حصول غلة عالية للقمح عند معاملة التربة بالزيولايت وذلك لأمتزازه المغذيات الكبرى مثل النتروجين والفسفور ذات الأثر الكبير في نمو وإنتاجية المحصول ، وعند خلط الزيولايت مع التربة ظهرت نتائج جيدة على نبات الفلفل والملفوف إذ أدى إلى زيادة حجم الإنتاج والنمو الجيد للخضار نتيجة تحسين الإحتفاظ بالمغذيات والرطوبة وتقليل الإصابة بالفطريات.

وفي دراسة لـ Manolov وآخرون (2005) وجدوا زيادة في وزن النبات، حجم الثمرة ، طول النبات، عدد الأوراق لنبات الطماطة والخيار المزروعة في اصص مضاف لها معدن الزيولايت.

أشار Abdi وآخرون (2006) إلى إن إضافة معدن الزيولايت لتربة مزروعة بالفراولة أدى إلى زيادة معدل التمثيل الضوئي نتيجة زيادة إمتصاص البوتاسيوم من قبل النبات ، وتحسين كفاءة الميزوفيل ، وزيادة ملحوظة للمساحة الورقية ، وطول السويقة ونمو الجذور وتوفير المياه طيلة موسم النمو لنبات ذو احتياجات مائية عالية وتجهيز الماء والمغذيات تدريجياً في المنطقة الجذرية.

وبين KaVoosi (2007) إن التربة المعاملة بمعدن الزيولايت أظهرت زيادة واضحة في نمو نبات الباقلاء والفاصوليا وبشكل أفضل من النامية التي نمت في ظروف تربة غير معاملة بالمعدن ، وخصوصاً إرتفاع النبات وعدد الأوراق التي تشكلت في النبات مع زيادة المساحة الورقية مما ساهم في زيادة الإنتاج ، ووجد Khan وآخرون (2008) حصول نمو مبكر وزيادة إنتاج نبات فول الصويا في تربة معاملة بمعدن الزيولايت ، وبين Falkon وآخرون (2009) إن إضافة الزيولايت إلى ترب تعاني من إنخفاض الإنتاج بنسبة 54% أدت إلى خفض هذا المعدل إلى 16% .

أشار Azarpour وآخرون (2011) إلى إن تخصيب التربة بمعدن الزيولايت الطبيعي ساهم في زيادة إنتاجية نبات اللوبيا وارتفاع النبات وعدد البذور فضلاً عن تقليل إضافة الاسمدة وساهم في تعزيز الإنتاجية لعدة سنوات . وعند إضافة معدن الزيولايت لتربة مزروعة بنبات الكانولا تحت ظروف الجفاف ظهر تحسّن في النمو وزيادة الغلّة، (Zahedi وآخرون , 2011).

معظم المزارعون اليابانيون ولسنوات طويلة استخدموا معدن الزيولايت في الزراعة لتحسين درجة حموضة الترب البركانية ، والسيطره على رطوبة التربة ، وتحرر المواد الغذائية بصورة بطيئة للنبات ، وزيادة إنتاج محصول الطماطة المزروع في تربة رملية ، وفي تخفيف ضرر الملح على المحصول عن طريق ترشيح CaCl_2 وإمتزاز ايون الصوديوم (Ramesh و Reddy , 2011).

ويبين Naseri وآخرون (2012) زيادة محصول الذرة البيضاء عند معاملة التربة بمعدن الزيولايت لدوره في جاهزية الماء والعناصر الغذائية.

ويبين الخضر (2012) إن إضافة الزيولايت بمعدل 20 – 30 طن هكتار⁻¹ حسّن معنوياً السعة التبادلية للتربة ، وأدى لزيادة إنتاجية الشعير والذرة معنوياً مقارنة بمعاملة المقارنة وإجمالاً أدى إلى تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية.

وفي تجربة لـ Torma وآخرون (2014) اضاف فيها معدن الزيولايت إلى تربة رديئة الخصائص الخصوبية أظهرت النتائج زيادة إنتاج الخيار وعدد الثمار وزيادة حجم الثمرة وطول النبات لدور المعدن في تحسين خصائص التربة بإضافة معدن الزيولايت.

عند خلط معدن الزيولايت مع مخلفات الماشية الصلبة ظهرت زيادة في نمو نبات فول الصويا تحت ظروف الإجهاد المائي ، وتحسين نسبة الإنبات ، وفسر الباحثون سبب النمو إلى

وفرة النتروجين بواسطة الزيولايت ، وزيادة الكلوروفيل في النبات (Nozari وآخرون, 2013).

ذكر Theofanoudis وآخرون (2015) إن خلط معدن الزيولايت مع الاسمدة العضوية أدى إلى زيادة الوزن الكلي للنبات وزيادة المساحة الورقية ، وزيادة عدد الأوراق في حين إضافة الزيولايت من دون المادة العضوية أدى إلى زيادة الوزن الجاف فقط . وبين (Di Giuseppe وآخرون, 2015) فعالية معدن الزيولايت العالية في ظروف نقص الريّ على المحاصيل الزراعية، بسبب قدرته العالية على امتزاز الماء والمغذيات.

وأشار Ramesh و Reddy (2011) إلى زيادة نمو وإنتاج درنات البطاطا الحلوة بنسبة 57% عند إضافة الزيولايت إلى ترب منخفضة الإنتاجية لدوره في تحسين رطوبة التربة والمغذيات الرئيسية وتجهيزها البطيء طيلة فترة نمو النبات.

ووجد غايرلي وآخرون (2015) التأثير المعنوي لإضافة الزيولايت في مجال إتاحة بعض العناصر المغذية في الترب الجبسية ، فقد زاد الزيولايت كل من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم الجاهز، وكانت إضافة 90 م³ زيولايت للهكتار قد أعطت زيادة معنوية في حاصل القمح والقطن.

3-المواد وطرائق العمل

Materials and Methods

3.1-موقع التجربة Experiment Location

نفذت التجربة في محطة كلية الزراعة جامعة المثنى ،والواقعة على خط طول 47.6 31 45 و دائرة عرض 20.5 12 31 ، خلال الموسم الزراعي الشتوي (2017/2016) وعلى تربتين ذات نسجة مزيجة غرينية Silty Loam ورملية Sandy والواقعة تحت صنف Torriorthents لدراسة تأثير معدن الزيولايت في تحسين الخصائص الفيزيائية لترب مختلفة النسجة ونمو نبات الحنطة صنف مكسيياك في تجربة عاملية بتصميم تام العشوائية CRD. تضمنت المعاملات ستة مستويات لمعدن الزيولايت (0% و 0.2% و 0.4% و 0.6% و 0.8% و 1%) وزنا مع إضافة سماد عضوية حيواني متحلل نسبة 0.2 و 0.4% وزنا وتربتين رملية S₁ ومزيجة غرينية S₂ وبثلاثة مكررات ، جُمعت التربة من موقعين في محافظة المثنى الموقع الاول للتربة الرملية اخذت من منطقة رسوبية قرب نهر الفرات في السماوة والموقع الثاني للتربة المزيجة الغرينية من منطقة قرب جامعة المثنى، وأخذ بنظر الاعتبار إن تلك المواقع تمثل حقول مستغلة سابقا وحاليا بزراعة محاصيل الحبوب بالدرجة الرئيسة ، ولاسيما الحنطة ولمدة طويلة ، ولم يستعمل فيها معدن الزيولايت أو الاسمدة العضوية خلال استغلالها الزراعي ، أخذت عينات تربة عشوائية لكل موقع ، ثم مزجت للحصول على عينة مركبة من عمق (0-30) سم، ونقلت إلى المختبر لإتمام فحص الخصائص الفيزيائية والكيميائية لكلا التربتين ، جففت الترب هوائيا ونُعمت باستخدام مطرقة بولي اثلين، ومررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم، ثم أخذت منها عينة مركبة لغرض تقدير بعض صفات التربة الفيزيائية والكيميائية.

3-2-2- الخصائص الفيزيائية للتربة Soil physical properties

3-2-1- توزيع حجوم الدقائق Particle Size Distribution

قُدرت بطريقة الماصة (Pipette Method) حَسَب طريقة (Day) الموصوفة في Black وآخرون (1965).

3-2-2- الكثافة الحقيقية (ρ_s) Particle Density

قُدرت الكثافة الحقيقية بإستخدام طريقة قنينة الكثافة (Pycnometer Method) التي وصفها Black الواردة في Black وآخرون (1965).

3-2-3- الكثافة الظاهرية (ρ_b) Bulk Density

قُدرت الكثافة الظاهرية بطريقة الاسطوانة Core Sample وفقا لما ذكر في Black وآخرون (1965).

3-2-4- المسامية الكلية (f) Total Porosity

حَسَبت المسامية الكلية من قيم الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية وفقا لطريقة Vomocil الواردة في Black وآخرون (1965). ومن العلاقة :

$$\text{المسامية الكلية} \% = (1 - \frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}}) * 100$$

3-3- الخصائص الكيميائية للتربة Soil Chemical Properties

قُدرت الخصائص الكيميائية لترب الدراسة قبل الزراعة وبعض الصفات المدروسة بعد الحصاد.

1-3-3-المادة العضوية Organic Matter

فُدرت المادة العضوية من خلال تقدير الكربون العضوي باستخدام طريقة Walkly

and Black والموصوفة في (Jackson, 1958).

2-3-3-السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) Cation Exchange Capacity

فُدرت بالتشبع بخلات الصوديوم (1 مولاري) والاستخلاص بخلات الأمونيوم (1 مولاري)

Black وآخرون (1965).



3-3-3-الكاتيونات والآنيونات الذائبة Soluble Cations and Anions

فُدرت الكاتيونات والآنيونات الذائبة، إذ فُدر الكالسيوم (Ca^{+2}) والمغنيسيوم (Mg^{+2})

بطريقة التسحيح مع الفرسينيت Na_2EDTA 0.01N حَسَب طريقة (Jackson, 1958)

، وقُدِّر البوتاسيوم (K^{+1}) والصوديوم (Na^{+1}) بإستخدام جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) وحَسَب ماوصفه (Jackson,1958)، وقُدِّرَت الكربونات (CO_3^{-2}) والبيكاربونات (HCO_3^{-1}) بطريقة التسحيح مع حامض الكبريتيك H_2SO_4 (0.01 عياري) بإستعمال كاشف المثيل البرتقالي ، كما ورد في (Richards (1954، وقُدِّرَت الكلوريدات (Cl^{-1}) بالتسحيح مع نترات الفضة $AgNO_3$ 0.05 N حَسَب طريقة (Jackson,1958)، وقُدِّرَت الكبريتات (SO_4^{-2}) بطريقة العكارة بإستخدام كلوريد الباريوم $BaCl_2.2H_2O$ وإستعمال جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) نوع Libra biochrom (S5)، وعلى طول موجي 470 nm.

3-3-4- درجة تفاعل التربة (pH)

تم قياس درجة تفاعل التربة في معلق 1:1 تربة:ماء بإستخدام جهاز pH- meter موديل (PTR 79) وفقا لـ (Jackson,1958).

3-3-5- الإيصالية الكهربائية (E.C) Electrical Conductivity

تم قياس التوصيل الكهربائي E_c في مستخلص 1:1 بإستعمال جهاز Conductivity bridge و الموضحة في Jackson، 1958.

3-3-6- الجبس :- قُدِّر بطريقة الترسيب بوساطة الاسيتون (Richards, 1954).

3-3-7-الكلس:- بطريقة التفاعل العكسي مع حامض $3 N HCl$ بجهاز Hesse . Calcimeter (1971).

3-3-8- النتروجين الجاهز

تم استخلاصه بمحلول كلوريد البوتاسيوم (2 عياري)، وقُدِّر بإستعمال جهاز المايكروكلدال حَسَب الطريقة الموضحة في Page وآخرون (1982).

3-3-9-الفسفور الجاهز

تم استخلاصه بمحلول بيكاربونات الصوديوم عند (pH=8.5) وتم تطوير اللون بإستعمال محلول موليبيدات الأمونيوم وحامض الاسكوربيك كعامل مختزل وقدر بواسطة جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer نوع (Libra S5) biochrom، وعلى طول موجي nm882، وحسب طريقة Watanabe و Olsen (1965).

3-3-10-البوتاسيوم الجاهز

تم استخلاصه بمحلول خلات الأمونيوم (1عيارى) وقُدر بإستعمال جهاز Flame photometer نوع (AFP100)، وفقا للطريقة الموصوفة في (Page وآخرون، 1982) .

3-3-11-المنغنيز

قُدر العنصر في التربة بالطريقة الموصوفة من قبل Lindsay and Norvell (1978) بإضافة 20 مل من محلول الاستخلاص DTPA (0.005 عيارى) ذي درجة تفاعل pH= 7.3 (إلى 10 غم تربة والرج لمدة ساعتين ثم ترشيح العينة، وقُدرت العناصر بإستعمال جهاز التحليل الطيفي بالإمتصاص الذري Atomic absorption Spectrophotometer نوع (PG 990).
3-3-12-الصوديوم : قُدر بجهاز اللهب الضوئي Flame photometer (Jackson، 1973).

3-3-13-البورون: قُدر للعينات المستخلص بالماء الساخن لعينة التربة ولعينات المياه باستعمال الطريقة اللونية Curcumin والموصوفة في Page (1982)

جدول (1) بعض الصفات الكيميائية و الفيزيائية لترب الدراسة قبل الزراعة

الوحدة	تربة مزيجة غرينية S ₂	تربة رملية S ₁	الصفة
—	7.10	7.12	درجة تفاعل التربة pH
dSm ⁻¹	3.80	3.47	الإيصالية الكهربائية E.C
سنتيمول كغم ⁻¹ تربة	9.32	2.3	السعة التبادلية الكاتيونية CEC
غم كغم ⁻¹	6	4	المادة العضوية
غم كغم ⁻¹	86.09	27.54	الجبس
غم كغم ⁻¹	340	300	الكلس
ملي مول لتر ⁻¹	6.33	5.27	البيكاربونات
ملي مول لتر ⁻¹	18.8	16.62	الكالسيوم
ملي مول لتر ⁻¹	5.70	4.61	المغنيسيوم
ملي مول لتر ⁻¹	8.10	3.7	الصوديوم
ملي مول لتر ⁻¹	8.73	7.50	الكلوريد
ملي مول لتر ⁻¹	10.1	8.22	الكبريتات
ملي مول لتر ⁻¹	0.28	0.32	البورون
ميكروغرامم ³	2.60	2.65	الكثافة الحقيقية
ميكروغرام م ³	1.3	1.6	الكثافة الظاهرية
%	50	39.62	المسامية

ملغم كغم ¹	0.003	0.002	النتروجين الجاهز	الأيونات الجاهزة
	19.12	16.12	الفسفور الجاهز	
	1.384	1.263	المنغنيز	
	30.2	14.3	البوتاسيوم الجاهز	
	220	40	الطين	
غم كغم ¹	670	30	الغرين	مفصولات التربة
	110	930	الرمل	
مزيجة غرينية		رملية	النسجة	



3-4- معدن الزيولايت الطبيعي

أخذت عينة من معدن الزيولايت الطبيعي ، وأجريت عليها التحليلات الفيزيائية والكيميائية
وكما موضحة في الجدول رقم(2).

جدول (2) بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لمعدن الزيولايت

الصفة	القيمة	الوحدة
درجة تفاعل المعدن pH	7.3	—
التوصيل الكهربائي E.C	0.01	dSm ⁻¹
الكثافة الظاهرية	0.09	ميكاغرام.م ⁻³
الكثافة الحقيقية	1.0	ميكاغرام.م ⁻³
المسامية %	91	%
السعة التبادلية الكاتيونية CEC	73.6	سنتيمول كغم ⁻¹ زيولايت



جدول (3) التوزيع الحجمي لدقائق الزيولايت الطبيعي.

النسبة المئوية للمعدن %	القطر (ميكرون)
14.44	أكبر من 4750
39.11	2360-4750
25.11	1000-2360
16.13	600-1000
0.65	300-600
3.23	125-300
1.12	75-125
0.21	أقل من 75

3-5- مياه الري

أخذت عينة من مياه الري المستخدمة (الأسالة) في ري المحصول ، وأجريت عليها التحليلات الكيميائية ويشير الجدول (4) لهذه الخصائص.

جدول (4) التحليل الكيميائي لعينات مياه الري

الوحدة	القيمة	الصفة
—	7.47	درجة تفاعل الماء pH
dSm ⁻¹	1.6	التوصيل الكهربائي EC
ملغم لتر ⁻¹	40.3	الصوديوم
ملغم لتر ⁻¹	0.8	البوتاسيوم
ملغم لتر ⁻¹	12.4	المغنيسيوم
ملغم لتر ⁻¹	80.61	الكالسيوم
ملغم لتر ⁻¹	369.06	البيكاربونات
ملغم لتر ⁻¹	243.96	الكلوريد
ملغم.لتر ⁻¹	0.19	البورون
ملغم لتر ⁻¹	341	الكبريتات

3-6-العمليات الزراعية:

لتحقيق الهدف من التجربة تم استعمال اصص بلاستيكية سعة (10) كغم بعمق (25) سم لمستويات المعدن (0,0% و 0.2%) زيولايت، واستعمل اصص بلاستيكية سعة (15) كغم بعمق (28) سم لمستويات المعدن (0.4% و 0.6%) زيولايت، واستعمل اصص بلاستيكية سعة (20) كغم بعمق (32) سم لمستويات المعدن (0.8% و 1%) زيولايت، ووضع في قاع الاصص 300 غم من الحصى الناعم (اقل من 4.0) ملم مع إضافة نسيج قطني لمنع تسرب التربة من الاصص، أضيفت التربة بوزن 10 كغم من الترتين لكل سندانة بعد خلطها مع مستوى معدن الزيولايت المضاف مع نسب المادة العضوية لكل معاملة ، وتم استعمال نبات الحنطة صنف مكسيكياك محصولا اقتصاديا وزرعت 10 بذور في كل سندانة بتاريخ 2016/11/15 ثم خفت البادرات إلى 4 بعد 10 ايام من الزراعة لكل سندانة. حفظ المحتوى الرطوبي قرب السعة الحقلية بالطريقة الوزنية ، وتم تعويض الفقد الرطوبي نتيجة التبخر- نتح ، وأجريت عمليات خدمة المحصول من تعشيب ومكافحة حتى نهاية التجربة.

3-7-الاسمدة Fertilizers

أضيفت المغذيات الكبرى:النتروجين بكمية 150 كغم N هكتار على دفعتين من سماد اليوريا (46% N)، واضيف السماد الفوسفاتي بالكمية 80 كغم هكتار الفسفور على شكل P من سماد السوبر فوسفاتي الثلاثي TSP (44% P_2O_5) بدفعة قبل الزراعة ، واضيف السماد البوتاسي 100 كغم K هكتار من سماد كبريتات البوتاسيوم (41.5% K) قبل الزراعة (علي واخرون، 2014)، وعند مرحلة النضج النهائي تم حصاد النبات في 2017/4/15.

3-8-المعاملات التجريبية Experimental Treatments

أولاً:معاملات معدن الزيولايت

أضيف معدن الزيولايت إلى التربة خلطاً (يرمز له بالرمز Z) وبست مستويات لكل نوع تربة محسوباً على أساس الوزن.

1-من دون إضافة المعدن 0% Z (عينة المقارنة)

2-إضافة المعدن بمستوى 0.2% وزناً ليعادل 8 طن هكتار¹

3-إضافة المعدن بمستوى 0.4% وزناً ليعادل 16 طن هكتار¹

4-إضافة المعدن بمستوى 0.6% وزناً ليعادل 24 طن هكتار¹

5-إضافة المعدن بمستوى 0.8% وزناً ليعادل 32 طن هكتار¹

6-إضافة المعدن بمستوى 1% وزناً ليعادل 40 طن هكتار¹

ثانياً:السماذ العضوي

أضيفت المخلفات العضوية الحيوانية على درجة عالية من التحلل إلى ترب السنادين والتي

يرمز لها بالرمز O.M وتضمنت المادة العضوية مستويين:

1-إضافة الاسمدة العضوية بمستوى 0.2% وزناً لكل معاملة بواقع 8 طن هكتار¹

2-إضافة الاسمدة العضوية بمستوى 0.4% وزناً لكل معاملة بواقع 16 طن هكتار¹

ثالثا: التربة

1-تربة رملية S_1

2-تربة مزيجة غرينية S_2

3-9 تصميم التجربة Experiment Design

نفذت تجربة عاملية في اصص $2 \times 2 \times 6$ بتصميم تام العشوائية Complet Random

Design(CRD) وبثلاثة مكررات لكل معاملة ، ووزعت بطريقة عشوائية.

3-10 صفات النمو الخضري

قيست صفات النمو الخضري لمتوسط أربعة نباتات لكل سدانة في مرحلة النضج التام

للنبات لوحدات التجربة كافة وشملت:

3-10-1-إرتفاع النبات (سم)

قيس كمعدل لإرتفاع أربع نباتات من كل وحدة تجريبية للسيقان الرئيسية من مستوى سطح

التربة إلى نهاية سنبلة الساق الرئيس من دون سفا بواسطة شريط مدرج (Wiersma

وآخرون، 1986).

3-10-2-طول جذور النباتات (م)

تم حساب طول جذور النباتات بعد حصاد المحصول بواسطة زجاجة مخططة إلى مربعات

ابعادها 1×1 سم ، نثرت الجذور عليها بعد غسلها بالماء وتجفيفها ، وإن تقاطع الجذور للمربعات

يمثل طول الجذر في مقطع الجذور ، وجمعت أطوال جميع المقاطع للحصول على الطول الكلي للجذور في النبات، كما سجل طول الجذر لأطول فرع (سم).

3-10-3-المساحة الورقية (سم²)

حُسِبَت من متوسط أربع أوراق علم للسيقان الرئيسة ، واختيرت بصورة عشوائية من كل وحدة تجريبية .



3-10-4- عدد التفرعات.نبات¹

تم حسابها حقليا كمتوسط لأربعة نباتات من كل مكرر في مرحلة النضج وسُجّلت كمتوسط.

3-10-5- عدد السنابل.نبات¹

حُسِبَت عدد السنابل كمتوسط من أربعة نباتات من كل مكرر.

3-11-صفات الحاصل:

3-11-1- عدد الحبوب بالسنبلة(حبة سنبلة⁻¹)

تم حساب عدد الحبوب لكل سنبلة من السنابل المحصودة بعد تقريطها يدويا وتجفيفها هوائيا وجمعت في اكياس في مرحلة النضج ، ثم جمعت وقُسمت وسُجّلت كمتوسط.

3-11-2- قطر النبات (سم)

تم قياس القطر لأربع نباتات بواسطة Verne وجمعت وقُسمت وأخذت كمتوسط للوحدة التجريبية الواحد.

3-11-3- وزن 1000 حبة (غم)

حُسِبَت من حاصل حبوب الوحدة التجريبية عشوائيا ثم وزنت كل عينة لكل وحدة تجريبية بالميزان الحساس (Briggs و Aytnfisu، 1980).

3-12- الخصائص الفيزيائية للتربة بعد الحصاد Soil Physical Proper

تم تقدير الخصائص الفيزيائية للتريتون بعد الحصاد للتربة المزروعة ولجميع المعاملات إذ فُدرت الكثافة الظاهرية والحقيقية والمسامية حَسَب الطرق المذكورة سابقا في تقدير الخصائص الفيزيائية الأولية للتربة.

3-12-1- التوصيل المائي المشبع Saturated Hydraulic Conductivity(Ks)

تم قياس التوصيل المائي المشبع لكل وحدة تجريبية في نهاية التجربة بإتباع طريقة عمود الماء الثابت الموصوفة في (Black 1965) ، وذلك ب تثبيت عمود من الماء إرتفاعه 5 سم فوق كل عمود تربة ، وحساب كمية الماء المار من خلال العمود لفترات زمنية محددة (بعد إستبعاد القياسات الأولية) وبعد ثبوت القيم مع الزمن تم حساب التوصيل المائي المشبع للتربة من تطبيق قانون دارسي .

إذ إن :

$$Ks=VL/At \Delta H$$

Ks/التوصيل المائي المشبع (سم.دقيقة⁻¹)

V/حجم الماء المار خلال عمود التربة (سم³)

L/طول عمود التربة (سم)

A/مساحة المقطع العرضي لعمود التربة سم²

t/ الزمن (دقيقة)

ΔH / طول عمود التربة + إرتفاع عمود الماء فوق عمود التربة (سم)

3-12-2-الإمتصاصية Absorption

قُيس إمتصاصية التربة للماء من سرعة ترطيب المجاميع وفق الطريقة المقترحة من قبل (Al-Ani و Dudas, 1988) والمطورة من قبل (الخطيب، 2000) وذلك بأخذ مجاميع تربة مجموع أوزانها (3 غم) وسُجِّل الزمن اللازم للإمتصاص 0.2 سم³ ماء وحَسِبَت الإمتصاصية من العلاقة التالية:

$$S=0.1211t^{-1/2}\rho_b^{2/3}$$

S / الإمتصاصية سم.دقيقة^{-1/2}

t / الزمن، دقيقة

ρ_b / الكثافة الظاهرية ميكأغرام.م⁻³.

3-12-3-معدل القطر الموزون (MWD) Mean Weight Diameter

قُدِّرَت ثباتية تجمعات التربة بالنَّخل الرطب بعد الزراعة بإستخدام جهاز طريقة النَّخل الرطب الموصوفة في داوود (1996) وذلك بأمرار نماذج التربة المجففة هوائيا المارة من منخل قطر فتحاته 8 ملم واستقبالها على منخل قطر فتحاته 4 ملم، أخذ وزن 25 غم من نموذج التربة ورطب بالخاصية الشعرية لمدة 6 دقائق ، ثم نقلت إلى مجموعة من المناخل التابعة لجهاز النخل الرطب ، والتي تتدرج اقطارها 4 ، 2 ، 1 ، 0.5 و 0.25 ملم ، بعد تشغيل الجهاز لمدة 6 دقائق

فصلت المناخل وجففت محتويات كل منخل بالفرن ثم حَسَب وزنها الجاف وعبر عن النتائج بمعدل القطر الموزون (MWD) بعد طرح وزن الرمل منها ، ويتطبيق المعادلة المقترحة من قبل Mc Guinness و Youker (1956) :

$$MWDe = \sum x_i \omega_i \dots\dots\dots (6)$$

$$MWD = 0.876 MWDe - 0.079 \dots\dots\dots (7)$$

إذ إن :

MWDe = معدل القطر الموزون التقديري (ملم)

x_i = معدل القطر لأي مدى حجمي للمجاميع المفصولة (ملم)

ω_i = وزن المجاميع المتبقية ضمن المدى الحجمي الواحد كنسبة إلى الوزن الجاف الكلي لنموذج التربة بعد طرح الرمل منها.

MWD = معدل القطر الموزون الحقيقي (ملم).

3-12-4-الماء الجاهز (A_w):

حَسَب محتوى الماء الجاهز (A_w) عن طريق الفرق بين المحتوى الرطوبي الحجمي عند جهد ماء 10 كيلو باسكال للتربة الرملية وجهد ماء 33 كيلو باسكال للتربة المزيجية الغرينية، والذي يمثل السعة الحقلية ، والمحتوى الرطوبي الحجمي لكلا التريتين عند جهد ماء 1500 كيلو باسكال والذي يمثل نقطة الذبول الدائم وفقا للمعادلة التالية:

$$A_w = \theta_{fc} - \theta_{wp}$$

3-13- التحليل الاحصائي Statistical Analysis : حللت النتائج إحصائياً بواسطة

تحليل التباين والاختبار t باستخدام البرنامج الإحصائي Statistical Package For Social

Science (SPSS) اصدار 14، والإختلافات بين المعاملات وتداخلاتها ، فقد حُسِبَت باستخدام

أقل فرق معنوي وفقاً لما أورده (الرأوي وخلف الله، 1980).

4-النتائج والمناقشة:

4-1-الصفات الفيزيائية:

4-1-1الكثافة الظاهرية :

أظهرت النتائج وجود فروق معنوية في قيم الكثافة الظاهرية عند معاملة الترتين بالزيولايت (جدول 5) ملحق (1) وعدم وجود فروق معنوية للتداخل بين العوامل الأخرى، إذ يظهر من الجدول إن ادنى متوسط للكثافة الظاهرية سجلت في التربة الرملية كانت عند معاملة 1% زيولايت وبلغت 0.75 ميكاغرام م⁻³ و 0.84 ميكاغرام م⁻³ ، عند معاملة 0.8% من المعدن و 0.70، 0.66 ميكاغرام م⁻³ للتربة المزيجية الغرينية للمعاملات نفسها وعلى التوالي. وهذا الاختلاف المعنوي في قيم الكثافة الظاهرية لكلا الترتين مقارنة مع التربة غير المعاملة بالزيولايت (1.53 ميكاغرام م⁻³ للتربة الرملية و 1.24 ميكاغرام م⁻³ للتربة المزيجية الغرينية) قد يُعزى بشكل رئيسي إلى دور المعدن (خفيف الوزن) الذي ساعد على تحسين صفات التربة من خلال ربط دقائقها وزيادة المسامية وبالتالي خفض الكثافة الظاهرية. إضافة الزيولايت بنسبة (0.2 إلى 0.4، 0.6، 0.8، 1%) للتربة الرملية أدى إلى حصول إنخفاض في الكثافة الظاهرية من (1.28 إلى 1.15 و 1.08 و 0.84 و 0.75) ميكاغرام م⁻³ و (1.12 و 0.92 و 0.87 و 0.70 و 0.66) ميكاغرام م⁻³ للتربة المزيجية الغرينية عند مستويات الإضافة نفسها للمعدن ، وقد يُعزى هذا الإنخفاض بشكل تدريجي مع زيادة نسبة الإضافة للمعدن إلى إن مسامية الكلية ، معدن الزيولايت والذي تتخلله فجوة وقنوات كثيرة وتأثيره على خصائص التربة الفيزيائية ولا سيما المسامية الكلية مما أدى إلى خفض قيم الكثافة الظاهرية وتتفق هذه النتيجة مع (Hassan و Mahmoud، 2013).

جدول (5) تأثير الزيولايت في الكثافة الظاهرية لتربتي التجربة ميكاغرام م⁻³.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجة غرينية	رملية		
% 0.2 1.02	1.39	1.43	1.27	1.59	0.2	0
		1.35	1.22	1.48	0.4	
% 0.4 0.99			1.24	1.53	المعدل	
	1.20	1.18	1.11	1.25	0.2	0.2
		1.23	1.14	1.32	0.4	
معدل نوع التربة			1.12	1.28	المعدل	
الرملية 1.08	1.03	1.00	0.92	1.09	0.2	0.4
		1.07	0.93	1.21	0.4	
المزيجية الغرينية 0.99			0.92	1.15	المعدل	
	0.97	0.96	0.87	1.05	0.2	0.6
		0.99	0.86	1.12	0.4	
			0.87	1.08	المعدل	
	0.77	0.77	0.70	0.84	0.2	0.8
		0.77	0.70	0.84	0.4	
			0.70	0.84	المعدل	
	0.70	0.70	0.65	0.75	0.2	1
		0.70	0.67	0.74	0.4	
			0.66	0.75	المعدل	
زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.0048	المادة العضوية N.S	الزيولايت 0.0083	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 0.0118			

سُجِلَت التربة الرملية قيم أعلى بلغت (1.08) ميكاجرام م⁻³ قياساً بالتربة المزيجية الغرينية التي سُجِلَت قيم أقل للكثافة (0.99) ميكاجرام م⁻³، وقد يُعزى ذلك إلى الاختلاف في طبيعة الشكل البنائي للتربة وأي زيادة في نعومة دقائق التربة تؤدي إلى زيادة المساحة السطحية النوعية للتربة ونسبة المسامات الدقيقة، مما يزيد من خفض الكثافة الظاهرية للتربة المزيجية الغرينية قياساً بالتربة الرملية ذات المسام الأقل.

الإنخفاض المعنوي في قيم الكثافة الظاهرية عند إضافة المعدن وبشكل متداخل مع التربة قد يكون ناتج عن خلط معدن الزيولايت القليل الكثافة 0.09 ميكاجرام م⁻³ مع التربة المعدنية الأكثر كثافة.

4-1-2-الكثافة الحقيقية:

أظهرت النتائج وجود تأثير معنوي للزيولايت ونسجة التربة في صفة الكثافة الحقيقية، وعدم وجود تأثير معنوي للتداخل بين العوامل الأخرى، إذ تنخفض قيم الكثافة الحقيقية مع زيادة مستوى الإضافة للمعدن لكلا الترتين الرملية والمزيجية، تبين نتائج (جدول 6 و ملحق 1) اختلاف قيم الكثافة الحقيقية للمعاملات، إذ أعطت المعاملة (0.8 و 1%) زيولايت متوسط أقل للتربة الرملية (2.07 و 2.17) ميكاجرام م⁻³ على التوالي وللتربة المزيجية (1.55 و 1.61) ميكاجرام م⁻³ على التوالي عند مستويات الإضافة نفسها، وإن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت كانت قيم الكثافة الحقيقية 2.51 ميكاجرام م⁻³ للتربة الرملية و 2.36 ميكاجرام م⁻³ للتربة المزيجية تظهر دور المعدن في إنخفاض هذه الصفة لكلا الترتين، إذ إنخفضت الكثافة الحقيقية في التربة الرملية من (2.51 إلى 2.41 و 2.31 و 2.30 و 2.17 و 2.07) ميكاجرام م⁻³ عند رفع مستوى المعدن من (0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1%) زيولايت على التوالي، كما يشير الجدول

جدول (6) تأثير الزيولايت في الكثافة الحقيقية ميكاغرام م⁻³ لكلا تربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 2.29	2.43	2.42	2.30	2.54	0.2	0
		2.45	2.42	2.48	0.4	
%0.4 2.10			2.36	2.51	المعدل	
	2.29	2.35	2.33	2.38	0.2	0.2
		2.22	2.00	2.44	0.4	
معدل نوع التربة			2.16	2.41	المعدل	
الرملية 2.29	2.14	2.13	1.97	2.29	0.2	0.4
		2.16	2.00	2.33	0.4	
المزيجية الغرينية 1.93			1.98	2.31	المعدل	
	2.10	2.11	1.95	2.27	0.2	0.6
		2.10	1.87	2.33	0.4	
			1.91	2.30	المعدل	
	1.89	1.89	1.61	2.17	0.2	0.8
		1.89	1.61	2.17	0.4	
			1.61	2.17	المعدل	
	1.81	1.83	1.54	2.13	0.2	1
		1.79	1.57	2.01	0.4	
			1.55	2.07	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.113	المادة العضوية N.S	الزيولايت 0.287	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة N.S		

ايضاً إلى زيادة إنخفاض قيم الكثافة الحقيقية مع زيادة نسبة المعدن المضاف في التربة المزيجية الغرينية فقد إنخفضت من (2.36 إلى 2.16 و 1.98 و 1.91 و 1.61 و 1.55) ميكاجرام م⁻³ عند مستويات الإضافة نفسها للمعدن وعلى التوالي. وقد تعزى تلك الفروقات إلى دور المعدن في تحسين خصائص التربة الفيزيائية وإلى إنخفاض قيمة الكثافة الحقيقية للمعدن نفسه، والتي كانت 1 ميكاجرام م⁻³ (جدول 2)

كما يوجد فرق معنوي واضح بين التربة الرملية والتربة المزيجية الغرينية، إذ سجلت التربة المزيجية الغرينية متوسط اقل بلغ 1.93 ميكاجرام م⁻³ قياساً بالتربة الرملية التي سجلت متوسط اعلى بلغ 2.29 ميكاجرام م⁻³.

4-1-3-المسامية:

بين جدول (7) وجود فروق معنوية في تأثير نسب الزيولايت المضافة على قيم مسامية التربة، والتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة، وعدم وجود فروق معنوية لبقية العوامل والتداخلات فيما بينها. تزداد مسامية التربة مع زيادة مستوى المعدن المضاف ولكلا الترتين ، ففي مستوى 1% زيولايت إرتفعت قيم مسامية التربة الرملية إلى 63.96 % وإلى 61.52% عند مستوى 0.8 % زيولايت وإلى 59.82 % و 56.83 % للتربة المزيجية الغرينية للمستويات نفسها وعلى التوالي.

عند مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت (38.83% للتربة الرملية و 46.86% للتربة المزيجية)، تظهر الإختلافات عالية المعنوية ولجميع معاملات المعدن المستخدمة ، إذ إرتفعت مسامية التربة الرملية من (38.83 إلى 46.79 و 50.32 و 55.21 و 61.52 و 63.96) % عند رفع مستوى المعدن من (0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1) % زيولايت على التوالي، وقد

جدول (7) تأثير الزيولايت في مسامية تربتي التجربة %.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نوع التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجة الغرينية	رملية		
%0.2 53.90	42.84	40.97	44.60	37.34	0.2	0
		44.72	49.12	40.32	0.4	
%0.4 52.92			46.86	38.83	المعدل	
	49.25	49.97	52.24	47.69	0.2	0.2
		48.54	51.19	45.89	0.4	
معدل نوع التربة			51.72	46.79	المعدل	
الرملية 52.77	51.88	52.87	53.25	52.49	0.2	0.4
		50.88	53.62	48.15	0.4	
المزيجية الغرينية 54.05			53.44	50.32	المعدل	
	55.42	56.87	55.27	58.46	0.2	0.6
		53.97	55.99	51.95	0.4	
			55.63	55.21	المعدل	
	59.17	59.17	56.82	61.52	0.2	0.8
		59.18	56.83	61.52	0.4	
			56.83	61.52	المعدل	
	61.89	63.54	62.13	64.94	0.2	1
		60.25	57.50	62.99	0.4	
			59.82	63.96	المعدل	
زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة N.S	المادة العضوية N.S	الزيولايت 3.761	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 5.819			

يُعزى سبب ذلك إلى تأثير معدن الزيولايت على هندسة مسامات التربة ، مما أدى إلى تحسين النظام المسامي للتربة، وتحسين بناء التربة وخفض قيم الكثافة الظاهرية في كلا الترتين ، وزيادة في قيم المسامية الكلية للتربة، وقد يرجع ذلك إلى المسامية العالية لمعدن الزيولايت (Georgiev, 2009) وتحسين تجمعات التربة (Ghazavi, 2015) والخصائص الفيزيائية للتربة من حيث قابلية المسام على مسك الماء (Hassan و Mahmoud, 2013).

ويظهر من الجدول معنوية التداخل بين التربة ونسبة معدن الزيولايت المضاف ، ذلك يعني إستجابة التربة الرملية والمزيجة الغرينية لإضافة المعدن وتحسين خصائصها الفيزيائية وتكوين نسبة مسام عالية كلية قادرة على مسك الماء والمغذيات وتهوية التربة (Nozari وآخرون, 2013) (Behzadfar وآخرون, 2017).

4-1-4-الإيصالية المائية المشبعة (سم دقيقة⁻¹).

أظهرت النتائج المؤشرة في جدول(8) قابلية معدن الزيولايت المضاف للتربة الرملية في خفض قيم الإيصالية المشبعة للتربة ، إذ إنخفضت هذه القيم من 0.317 سم دقيقة⁻¹ عند معاملة المقارنة 0% زيولايت إلى 0.117 سم دقيقة⁻¹ في معاملة 1% زيولايت، ويظهر من النتائج إن الإنخفاض كان معنوياً مع زيادة مستوى الزيولايت المضاف للتربة، وذلك يعكس قُدرة المعدن على تحسين خصائص التربة المائية ، ورفع قابليتها للاحتفاظ بالماء وتقليل معدل الإيصالية المائية لتربة الرملية ، وخفض معدل رشح الماء منها (Ghazavi, 2015) (Behzadfar وآخرون, 2017).

في التربة المزيجة أظهرت النتائج رفع مستوى المعدن المضاف سلوكاً مغايراً، إذ إن المستويات المنخفضة من المعدن المضاف أدت إلى زيادة قيم الإيصالية المائية المشبعة، فقد إرتفعت من

جدول (8) تأثير الزيولايت في الإيصالية المائية المشبعة لتربتي التجربة سم دقيقة-1.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 0.123	0.166	0.176	0.011	0.342	0.2	0
		0.156	0.021	0.292	0.4	
%0.4 0.101			0.016	0.317	المعدل	
	0.139	0.152	0.030	0.275	0.2	0.2
		0.126	0.027	0.225	0.4	
معدل نوع التربة			0.029	0.250	المعدل	
الرملية 0.205	0.127	0.136	0.031	0.242	0.2	0.4
		0.118	0.028	0.208	0.4	
المزيجية الغرينية 0.019			0.030	0.225	المعدل	
	0.107	0.116	0.023	0.208	0.2	0.6
		0.098	0.021	0.175	0.4	
			0.022	0.191	المعدل	
	0.072	0.085	0.012	0.158	0.2	0.8
		0.059	0.009	0.108	0.4	
			0.011	0.133	المعدل	
	0.061	0.074	0.007	0.142	0.2	1
		0.048	0.004	0.092	0.4	
			0.006	0.117	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.0048	المادة العضوية 0.0048	الزيولايت 0.0083	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة 0.0069	زيولايت× نسجة التربة 0.0118		

0.016 سم دقيقة⁻¹ في معاملة المقارنة إلى 0.029 سم دقيقة⁻¹ عند 0.2% زيولايت إلى 0.030 سم دقيقة⁻¹ عند 0.4%، ولكنها تراجعت عند مستوى 0.6% إلى 0.022 سم دقيقة⁻¹ وإلى 0.011 سم دقيقة⁻¹ وإلى 0.006 سم دقيقة⁻¹ عند مستوى 1% زيولايت، وقد يُعزى سبب ذلك إلى دور المعدن في امتزاز الماء وتغيير مسام التربة بفعل معدن الزيولايت (Brady و Weils , 1999) إذ تعتمد الإيصالية المائية على هندسة المسامات والالتوائية والمحتوى الرطوبي.

المعدن المضاف أدى إلى إنتاج فراغات مسامية متباينة، وقد يُعزى سبب ذلك إلى التغيرات التي طرأت على خصائص التربة الفيزيائية عند معاملة التربة بالزيولايت ، ودوره في زيادة المحتوى الرطوبي للتربة والمساميه وخفض الكثافة الظاهرية (Lin وآخرون , 1998)، وانتشار الماء بصورة أفقية للتربة الرملية وتتفق هذه النتيجة مع (Hassan و Mohmoud , 2013).

وبيّنت إجمالي النتائج إن مستويات السماد العضوي المضاف كان له دور في زيادة الإيصالية المائية ، إذ سجل مستوى 0.2 % مادة عضوية متوسط بلغ 0.123 سم دقيقة⁻¹ بفارق معنوي عن متوسط 0.4 % مادة عضوية 0.101 سم دقيقة⁻¹ ، وذلك يشير إلى مساهمة كلا المستويين للمادة العضوية في تحسين الخصائص الفيزيائية لكلا الترتين الرملية ، والمزيج الغرينية مما كان لها أثر معنوياً في تحسين الإيصالية المائية وهذه النتائج تتفق مع Auerswald (1995).

يظهر من الجدول ايضاً وجود فروق معنوية بين نوع الترتين في قيم الإيصالية المائية ، إذ كان المتوسط العام للتربة الرملية 0.205 سم دقيقة⁻¹ والمزيج 0.019 سم دقيقة⁻¹ ، الا إن مدى الزيادة في قيم الإيصالية المائية للتربة الرملية اعلى من التربة المزيج الغرينية، وقد يُعزى سبب ذلك إلى إختلاف نسجة التربة، وحجم مسامات التربة خشنة النسجة قياسا بالتربة متوسطة النسجة.

ويظهر من الجدول معنوية التداخل بين التربة ونسبة معدن الزيولايت المضافة ، وذلك يعني إستجابة التربة الرملية والمزيجة لإضافة المعدن وتحسين خصائصها .

وايضاً وجود تداخل معنوي بين المادة العضوية ونسجة التربة، وذلك يعني إستجابة التربة المزيجة والرملية للمادة العضوية وتحسين خصائصها.

4-1-5-الإمتصاصية سم دقيقة^{-1/2} :

أظهرت النتائج (جدول 9 وملحق 1) وجود تأثير معنوي لكل من الزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة في صفة الإمتصاصية، وكذلك وجود تأثير معنوية للتداخل بين كلا من الزيولايت والمادة العضوية والزيولايت ونسجة التربة والمادة العضوية ونسجة التربة وكذلك التداخل الثلاثي بين الزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة.

يبين الجدول قيم مؤشرات الإمتصاصية ، إذ بلغ أعلى متوسط لقيم الإمتصاصية في التربة الرملية 1.02 و 1.01 سم دقيقة^{-1/2} عند مستوى إضافة 0.8% و 1% زيولايت على التوالي ، وللتربة المزيجة 0.76 و 0.75 سم دقيقة^{-1/2} عند مستويات الإضافة نفسها، إن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت 0.80 سم دقيقة^{-1/2} للتربة الرملية و 0.59 سم دقيقة^{-1/2} للتربة المزيجة تظهر دور المعدن في زيادة هذه الصفة في كلا الترتين وبفارق معنوي عن بقية مستويات الزيولايت ويشير الجدول إلى زيادة الإمتصاصية مع زيادة نسبة المعدن المضاف، ففي التربة الرملية ارتفع من 0.80 إلى 0.84 و 0.84 و 0.57 و 1.02 و 1.01 سم دقيقة^{-1/2} عند رفع مستوى المعدن المضاف من 0 إلى 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1% على التوالي وتكررت هذه الظاهرة في التربة المزيجة إذ ازدادت قيم الإمتصاصية بين 0.59 إلى 0.66، 0.65، 0.40، 0.67، 0.75 سم

جدول (9) تأثير الزيولايت في الإمتصاصية سم دقيقة $^{-1/2}$ لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 0.80	0.70	0.70	0.57	0.84	0.2	0
		0.69	0.61	0.77	0.4	
%0.4 0.67			0.59	0.80	المعدل	
	0.75	0.75	0.66	0.84	0.2	0.2
معدل نوع التربة		0.76	0.66	0.85	0.4	
			0.66	0.84	المعدل	
الرملية 0.85	0.74	0.72	0.65	0.80	0.2	0.4
		0.77	0.64	0.89	0.4	
المزيجية الغرينية 0.62			0.65	0.84	المعدل	
	0.49	0.85	0.69	1.02	0.2	0.6
		0.12	0.12	0.13	0.4	
			0.40	0.57	المعدل	
	0.85	0.87	0.68	1.06	0.2	0.8
		0.82	0.65	0.99	0.4	
			0.67	1.02	المعدل	
	0.88	0.91	0.76	1.05	0.2	1
		0.85	0.74	0.96	0.4	
				0.75	1.01	المعدل
زيولايت× مادة عضوية 0.082	نوع التربة 0.032	المادة العضوية 0.032	الزيولايت 0.047	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة 0.107		مادة عضوية× نسجة التربة 0.091	زيولايت× نسجة التربة 0.082			

دقيقة $^{-1/2}$ على التوالي عند رفع مستوى المعدن المضاف من 0 إلى 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1،
% على التوالي، وقد تعزى تلك الفروقات إلى إن المعدن زاد من قيم المسامية في كلا الترتين عند
رفع نسبته في التربة فضلاً عن دور المعدن في إمتصاص الماء عند زيادة كميته في التربة (Cairo
وآخرون, 2017) وبالتالي زادت قيم الإمتصاصية لكلا الترتين .

الاسمدة العضوية كان لها دوراً في تحسين الخصائص الفيزيائية، مما يدل على الارتباط الإيجابي
مع صفة الإمتصاصية إذ لوحظ تفوق مستوى 0.2 % مادة عضوية معنوياً بمتوسط بلغ 0.80
سم دقيقة $^{-1/2}$ على مستوى 0.4% مادة عضوية بمتوسط بلغ 0.67 سم دقيقة $^{-1/2}$ ، وكان للمادة
العضوية تأثير معنوي على صفة إمتصاصية التربة للماء لتأثيرها النوعي المباشر، أو لدورها في
تحسين خصائص التربة الفيزيائية (علي, شاكر 2014)، وقد يُعزى إنخفاض تأثير المادة العضوية
عند مستوى 0.4 % إلى تأثير الزيولايت المرتفع على إمتصاص الماء في التربة (Bernardi
وآخرون, 2009). وإلى الاغشية المائية للدقائق العضوية الغروية المضافة للتربة.

ويظهر من الجدول وجود فروق معنوية بين نوعي التربة في قيم الإمتصاصية إذ كان المتوسط
العام للتربة الرملية 0.85 سم دقيقة $^{-1/2}$ اعلى من التربة المزيجة التي سجلت متوسط 0.62 سم
دقيقة $^{-1/2}$ وقد يُعزى ذلك لتأثير معدن الزيولايت في الترب الرملية اعلى من التربة المزيجة
(Korkuna وآخرون, 2006).

وكذلك يوجد تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت والمادة العضوية إذ يلاحظ زيادة الإمتصاصية
عند خلط مادة عضوية- زيولايت مع التربة وهذا يُعزى إلى العدد الكبير من المسام الشعرية
للمعدن التي تشجع إمتصاص الماء ، إذ ترافقت زيادة قيم الإمتصاصية مع زيادة نسب الزيولايت

المضافة (Lal 2015)، لكلا الترتين بدلالة الزيادة في قيم الإمتصاصية مع زيادة نسبة الإضافة للمعدن.

كما يظهر من الجدول ايضاً معنوية التداخل بين المادة العضوية المضافة ونوع التربة ، وذلك يعني إستجابة التربة الرملية والمزيجة لإضافة المادة العضوية وتحسين خصائصها.

وبيّنت إجمالي النتائج التأثير المعنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة والمادة العضوية، وقد يرجع ذلك إلى الدور الرئيسي لخلط التربة مع نسب مختلفة من الزيولايت والمادة العضوية إذ كان لها تأثيراً مباشراً على صفة الإمتصاصية إذ إرتفعت من 0.70 سم. دقيقة^{-1/2} عند مستوى 0% زيولايت إلى 0.88 سم دقيقة^{-1/2} عند مستوى إضافة 1% زيولايت.

4-1-6-الماء الجاهز:

أظهرت النتائج وجود تأثير معنوي للزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة في صفة الماء الجاهز ، وفروق معنوية للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة ، والزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة والتداخل الثلاثي (جدول 10) وملحق (1). إن سعة التربة للإحتفاظ بالماء عند شذود مختلفة تزداد معنوياً مع زيادة مستوى الإضافة من معدن الزيولايت إذ سجل أعلى متوسط للتربة الرملية 14.32، 13.98% عند مستوى إضافة 1 ، 0.8% زيولايت على التوالي ، وعند مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت بمتوسط 13.22 % للتربة الرملية يظهر دور المعدن في زيادة نسبة الماء الجاهز في هذه التربة، وتكررت هذه الظاهرة في التربة المزيجة الغرينية بزيادة قيم الماء الجاهز مع زيادة مستوى الإضافة للمعدن من 16.92 إلى 19.29 و 19.41 و 19.46 و 19.99 و 20.44% عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% زيولايت على التوالي،

جدول (10) تأثير الزيولايت في الماء الجاهز % لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 15.64	%0 15.07	14.32	15.98	12.66	0.2	0
		15.83	17.87	13.79	0.4	
%0.4 17.04			16.92	13.22	المعدل	
	%0.2 16.12	15.59	18.07	13.12	0.2	0.2
		16.64	20.52	12.77	0.4	
معدل نوع التربة			19.29	12.94	المعدل	
الرملية 13.43	%0.4 16.28	16.04	19.46	12.62	0.2	0.4
		16.53	19.36	13.70	0.4	
المزيجية الغرينية 19.25			19.41	13.16	المعدل	
	%0.6 16.20	15.56	18.94	12.18	0.2	0.6
		16.84	19.98	13.70	0.4	
			19.46	12.94	المعدل	
	%0.8 16.98	15.90	19.70	12.11	0.2	0.8
		18.06	20.28	15.84	0.4	
			19.99	13.98	المعدل	
	%1 17.38	16.42	20.91	11.93	0.2	1
		18.34	19.97	16.71	0.4	
			20.44	14.32	المعدل	
زيولايت× مادة عضوية NS	نسجة التربة 0.364	المادة العضوية 0.364	الزيولايت 0.629	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة 1.258	مادة عضوية× نسجة التربة 0.514	زيولايت× نسجة التربة 0.890				

يلاحظ إن كمية الماء الجاهز التي تحتفظ بها التربة المعاملة بالزيولايت اعلى معنوياً من التربة الغير المعاملة بالزيولايت إذ تزداد نسبة الماء الجاهز الممسوك بالتربة مع زيادة مستوى المعدن المضاف لكلا الترتين الرملية والمزيجة وقد يُعزى سبب ذلك لدور المعدن في زيادة المساحة السطحية النوعية للتربة (He وآخرون, 2002)، وزيادة نسبة المسامات الدقيقة، مما يزيد من قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء داخل المسامات عند مستويات الشد الواطئ والمتوسط ، (Korkunna وآخرون , 2006) وعند الشدود الرطوبة العالية تحصل تغيرات رطوبة للتريتين من حيث كمية الماء الممسوك ، إذ يزداد الماء الجاهز مع زيادة مستوى الإضافة للمعدن ، وينخفض الماء الجاهز في الترب غير المعاملة بالزيولايت (Bozorgi وآخرون, 2012)، اي زيادة أو نقصان في الماء الجاهز تترافق بزيادة أو نقصان في كمية المعدن المضاف للتربة لدور المعدن في امتزاز الماء والتجاويف والقنوات الداخلة في بناءه البلوري ويساهم ذلك في رفع كمية الماء الجاهز وتجهيز الرطوبة بأستمرار في التربة (Pisarovic وآخرون, 2003).

أمّا عن تأثير المادة العضوية فقد تفوق مستوى 0.4 % مادة عضوية معنوياً بمتوسط بلغ 17.04 % على مستوى 0.2 % مادة عضوية الذي سجل متوسط اقل بلغ 15.64 % . ويتضح إن للمادة العضوية دور مهم في زيادة الماء الجاهز لكلا التريتين الرملية والمزيجة الغرينية.

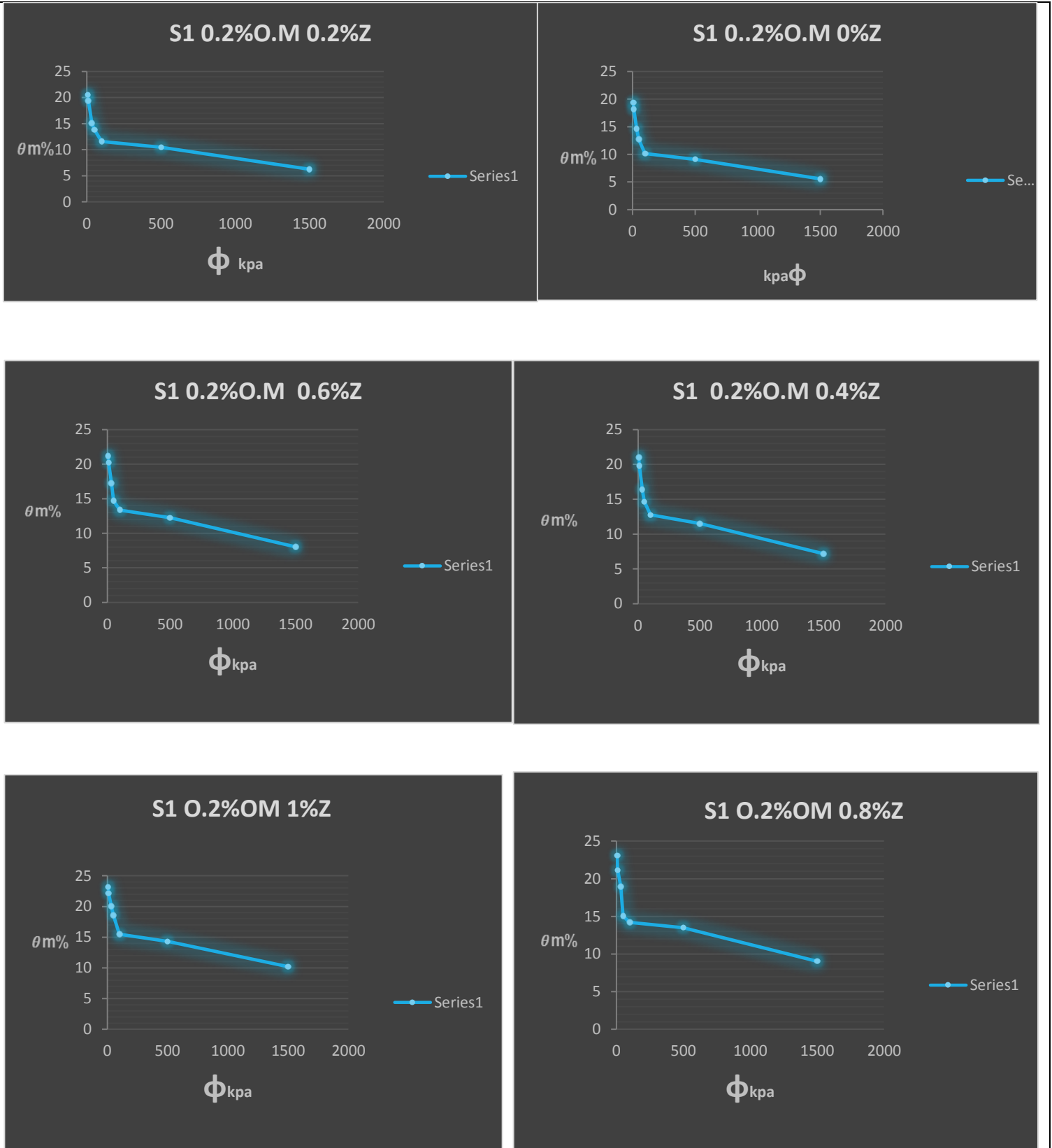
كان لنسجة التربة تأثيراً معنوياً في صفة الماء الجاهز ، إذ يلاحظ تفوق جميع مستويات التربة المزيجة معنوياً قياساً بالمستويات المناظرة لها في التربة الرملية ، إذ سجلت التربة المزيجة الغرينية متوسط بلغ 19.25 % في حين التربة الرملية سجلت 13.43 % ، وإن كمية الماء الجاهز في التربة المزيجة الغرينية اعلى من التربة الرملية شكل (2 و 3)، وقد يُعزى سبب ذلك إلى زيادة كمية المسامات في التربة ومتوسطة النسجة وخاصة المسامات المتوسطة والصغيرة الحجم، ففي

التربة الرملية تكون اغلب المسامات واسعة ، وعند شد معين تتفرغ هذه المسامات ، وتبقى كمية صغيرة من الماء الممسوك في التربة ، لذا فإن زيادة الشد أدى إلى إنخفاض حاد في المحتوى الرطوبي (Bernardi وآخرون, 2008).

يلاحظ من الجدول وجود تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة نتيجة إختلاف إستجابة صفة الماء الجاهز لنسجة التربة بإختلاف مستويات الإضافة لمعدن الزيولايت، مما يشير إلى دور المعدن في رفع جاهزية الماء في التربة من خلال زيادة المسامية ، وخفض قيم الكثافة الظاهرية ووجود مسام صغيرة تربط التجاويف الكبيرة داخل بلورات المعدن (Korkuna وآخرون, 2006) وزيادة السعة التبادلية والمساحة السطحية النوعية للترب عند معادلتها بالزيولايت (Sulakhndin, 2011, Sunarminto) (جدول 5).

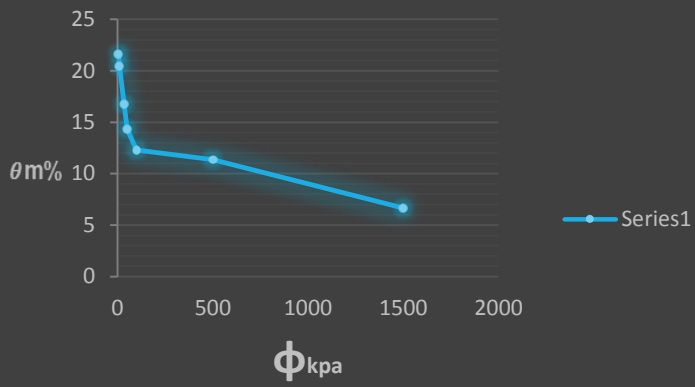
أمّا التداخل بين المادة العضوية ونسجة التربة في صفة الماء الجاهز فكان معنوياً ، إذ ساهمت المادة العضوية في زيادة كمية الماء الجاهز في التربة من خلال تحسين خصائص التربة الفيزيائية ودورها النوعي (Hillel, 1980).

وأظهرت إجمالي النتائج وجود تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة في رفع قيم الماء الجاهز في الترب وإستجابة الترب المختلفة النسجة عند معاملتها بالزيولايت ونسبة من المادة العضوية في رفع جاهزية الماء فيها (Ersin وآخرون, 2004)

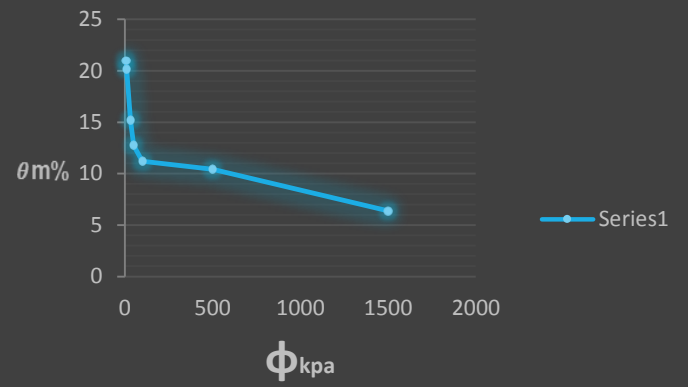


شكل (2) منحنى الوصف الرطوبي للتربة الرملية S_1

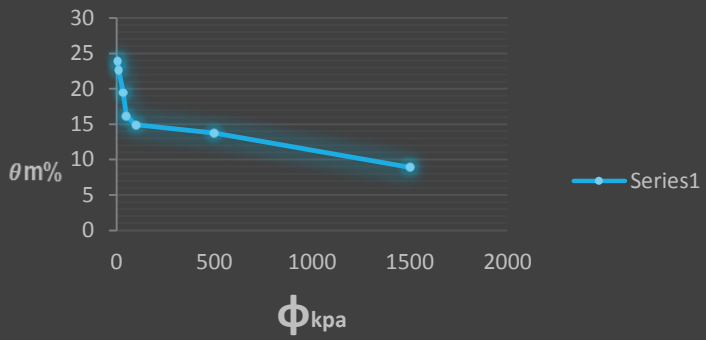
S1 0.4%O.M 0.2%Z



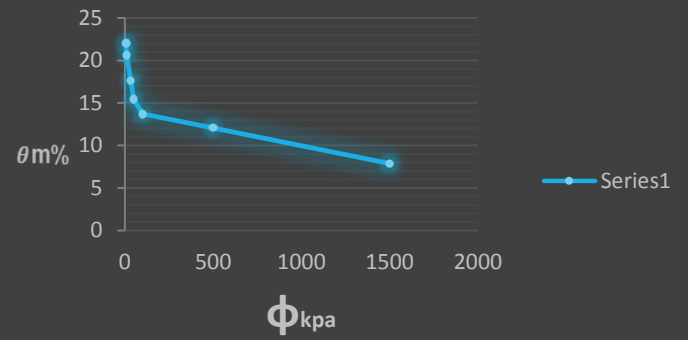
S1 0.4%O.M 0%Z



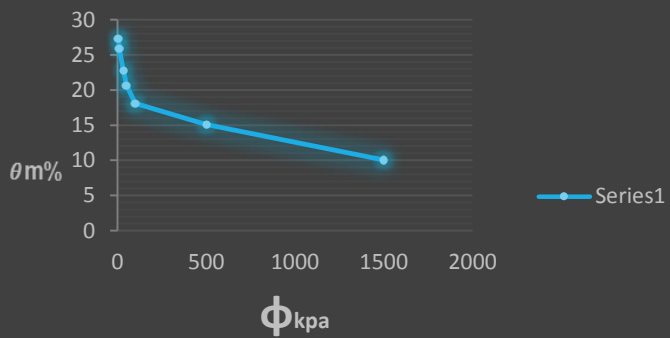
S1 0.4%O.M 0.6%Z



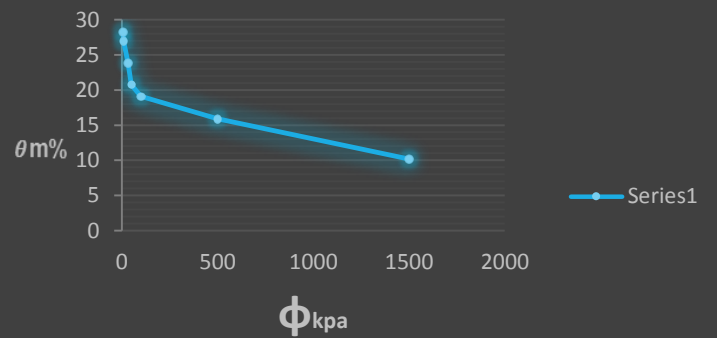
S1 0.4%O.M 0.4%

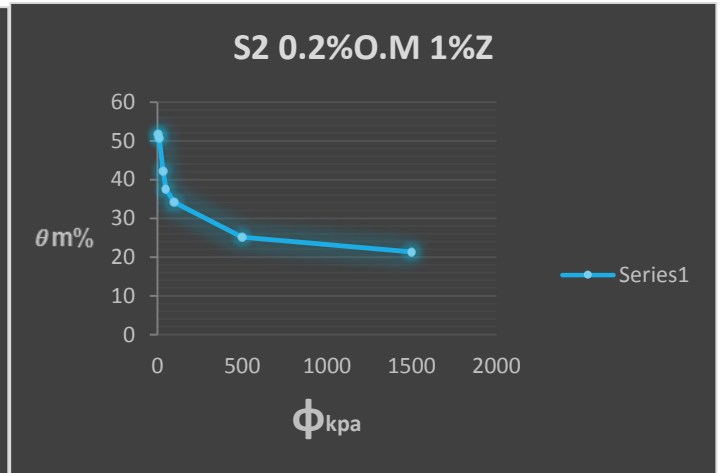
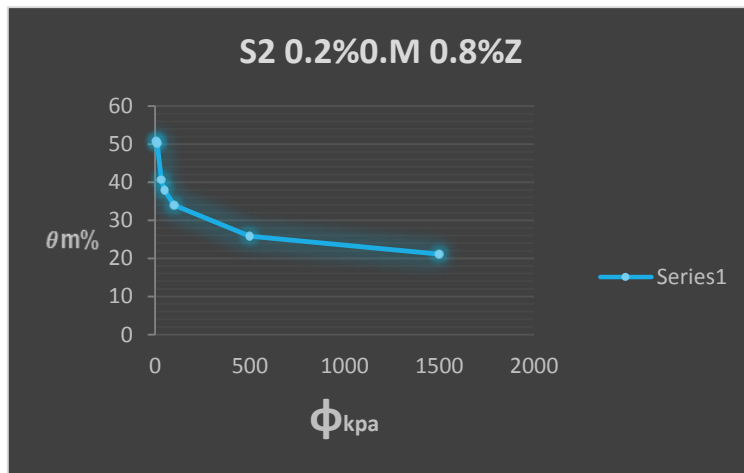
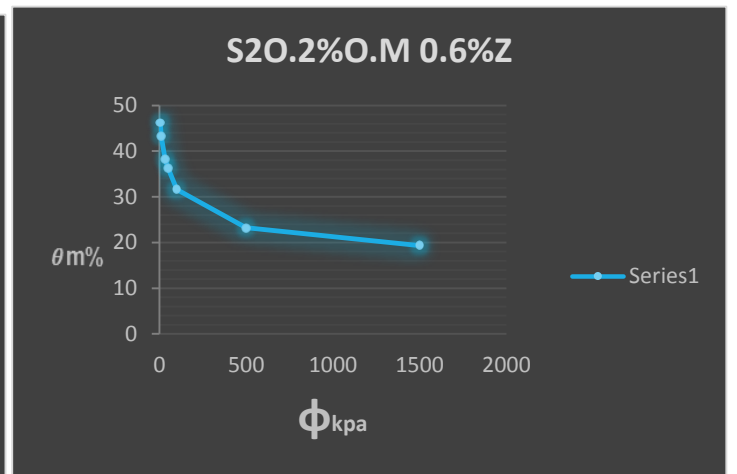
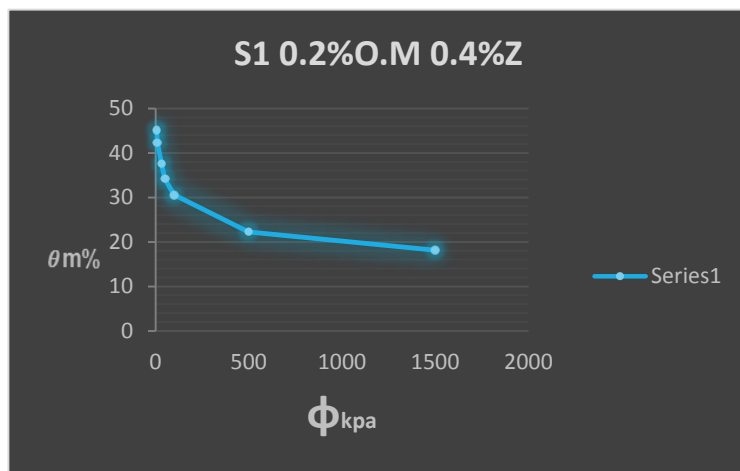
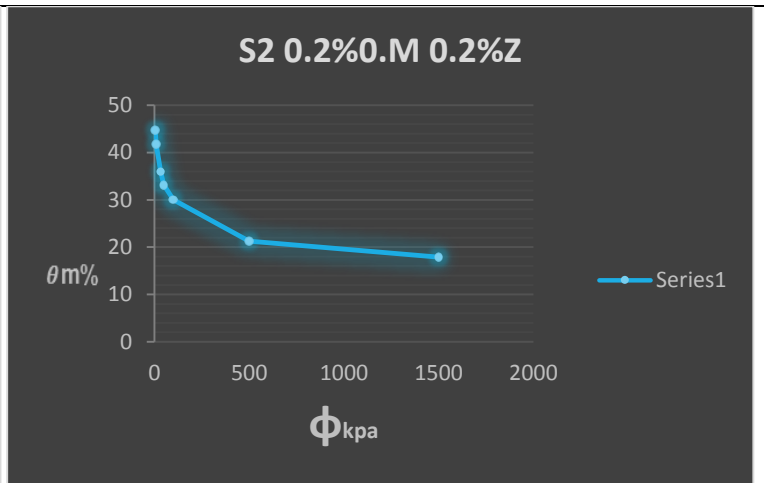
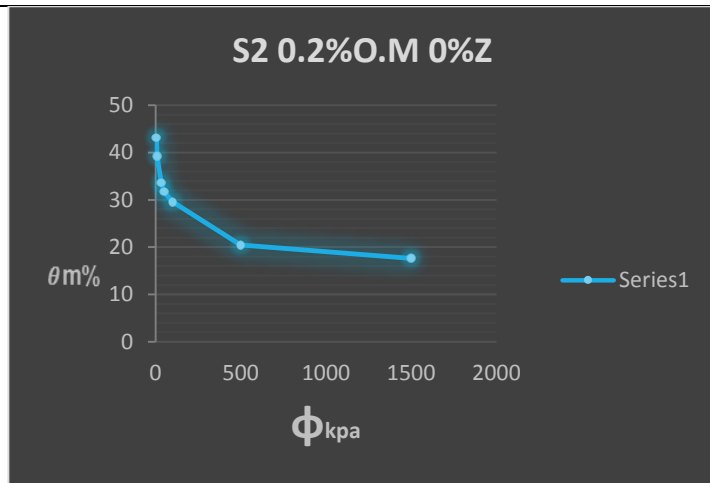


S1 0.4%O.M 0.8%Z

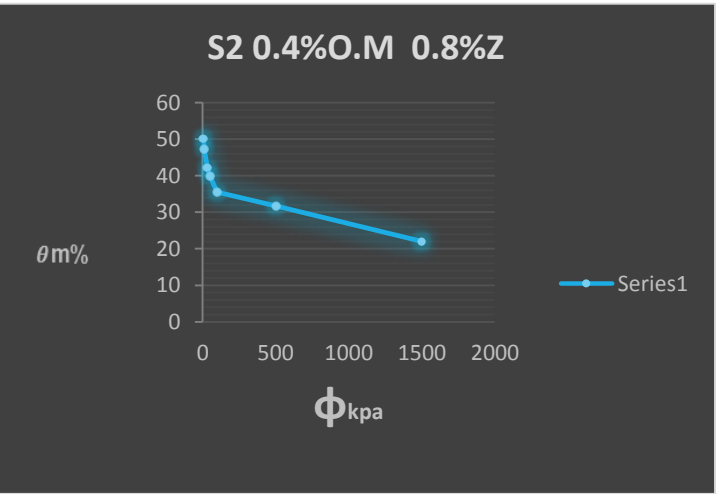
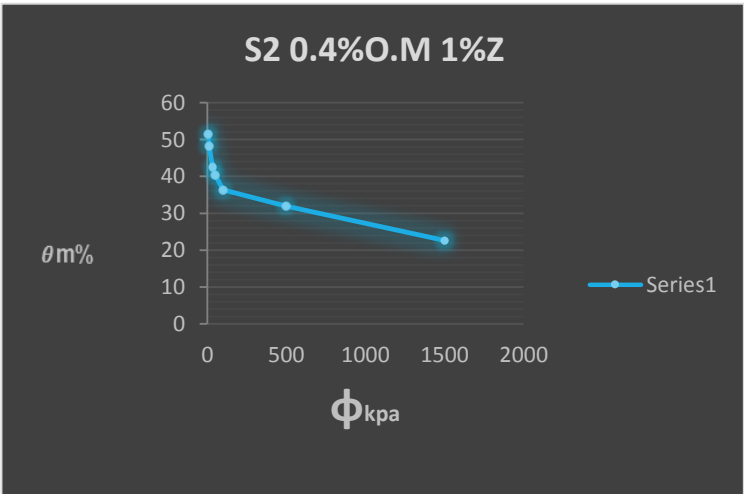
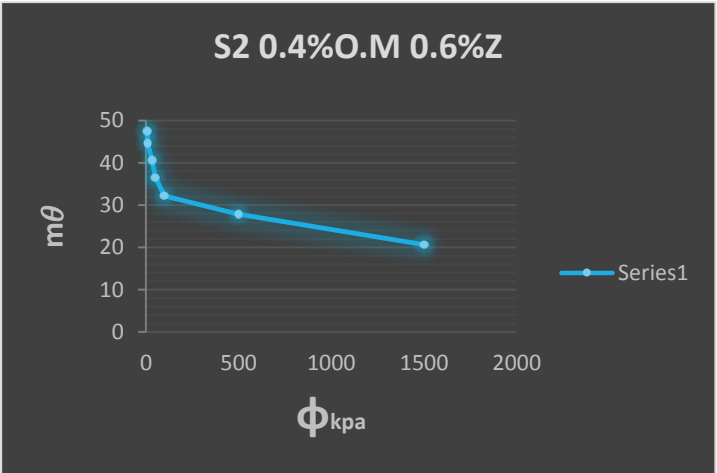
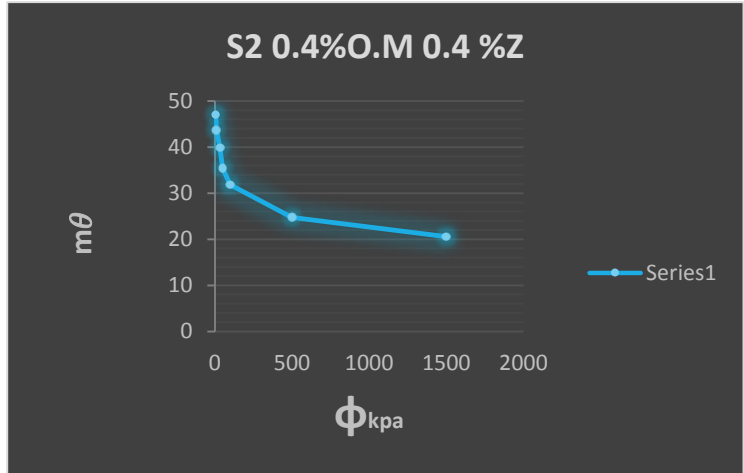
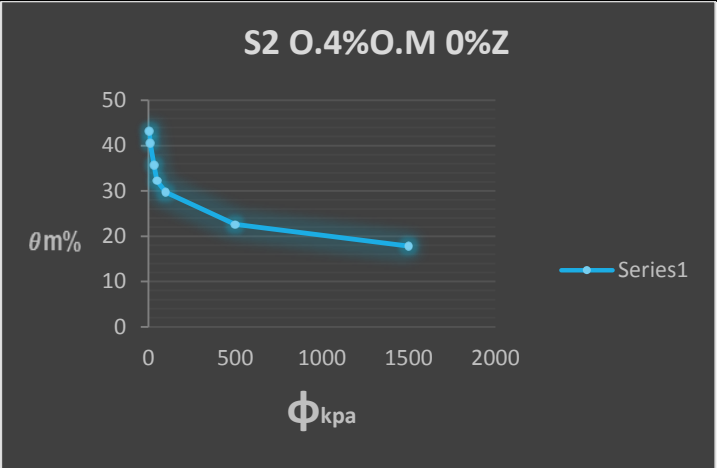
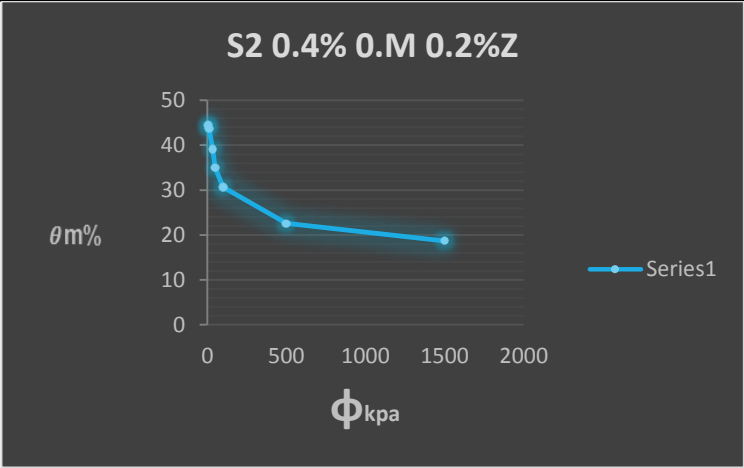


S1 0.4%O.M 1%Z





شكل (3) منحى الوصف الرطوبي للتربة المزيجة الغرينية S₂



4-1-7- معدل القطر الموزون (ملم):

تشير النتائج في جدول 11 إلى فروق معنوية لتأثير مستويات المعدن المضاف في صفة معدل القطر الموزون لتجمعات التربة المزيجة الغرينية بالنخل الرطب، إذ تفوقت المعاملة 1% زيولايت بقيمة 2.831 ملم مقارنة بمستوى 0 % زيولايت التي سجلت قيمة أقل 0.213 ملم، ولوحظ زيادة قيم ثابتية تجمعات التربة مع زيادة مستوى الإضافة للمعدن إذ إرتفعت القيم في مستوى 0.2% مادة عضوية من 0.575 إلى 0.835, 1.166, 1.36, 1.39 ملم ، عند رفع مستوى المعدن من 0.2 إلى 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% ، وقد يرجع سبب ذلك إلى إن المعدن قد حَسَّن من الخصائص الفيزيائية للتربة ومنها بناء التربة (الخضر 2012) كما إن عملية خلط تربة – معدن الزيولايت تؤدي إلى زيادة صفة ثابتية تجمعات التربة (Ghazavi, 2015) لكن إضافة الزيولايت إلى التربة الرملية لم يعطِ نتائج في تحسين معدل القطر الموزون لعدم بقاء تجمعات ثابتة في النخل الرطب للتربة.

وأعطى التسميد العضوي تأثير معنوي في النسبة المئوية لمعدل القطر الموزون التربة، إذ سجلت معاملة التسميد 0.4% مادة عضوية زيادة طفيفة في قيم لمعدل القطر الموزون التربة بلغ 0.213 ملم قياساً بمستوى 0.2% مادة عضوية التي سجلت قيمة أقل بلغت 0.193 ملم لنفس المعاملة 0% زيولايت، لكن دور المادة العضوية يزداد مع زيادة نسبة معدن الزيولايت المضاف جدول (11)، وقد يعود السبب إلى إن المادة العضوية تزيد من فاعليه الزيولايت عند إضافتهما معاً للتربة ، وهذه النتيجة تتوافق مع ما توصل اليه الخضر (2012) ، جبار (2013) إذ بينا إن المادة العضوية أدت إلى زيادة لمعدل القطر الموزون في التربة.

جدول (11) تأثير الزيولايت في معدل القطر الموزون (ملم) للتربة المزيجية الغرينية.

التربة المزيجية S ₂	نسبة السماد العضوي (%)	مستوى الزيولايت (%)
MWD (ملم)		
0.193	0.2	0
0.213	0.4	
0.575	0.2	0.2
0.651	0.4	
0.835	0.2	0.4
0.71	0.4	
1.166	0.2	0.6
1.35	0.4	
1.36	0.2	0.8
2.47	0.4	
1.39	0.2	1
2.831	0.4	

4-2- الصفات الكيميائية:

4-2-1- درجة التفاعل:

أظهرت النتائج (جدول 12 وملحق 2) وجود تأثير معنوي للزيولايت والمادة عضوية ونسجة التربة في صفة درجة التفاعل ووجود تأثير معنوي للتداخل بين تربة - زيولايت وعدم وجود فروق معنوية للتداخلات الأخرى ، إذ تزداد قيم درجة التفاعل زيادة طفيفة بزيادة مستوى المعدن المضاف في كلا الترتين الرملية والمزيجة الغرينية. وبلغ أعلى قيمة لمعدل درجة التفاعل في التربة الرملية 7.85 و 7.65 عند مستوى إضافة 1% و 0.8% زيولايت و 8.25 و 7.95 في التربة المزيجة الغرينية وعند مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت 7.13 للتربة الرملية و 7.25 للتربة المزيجة تظهر دور المعدن في زيادة هذه الصفة في كلا الترتين الرملية والمزيجة الغرينية. ويشير الجدول إلى زيادة درجة تفاعل التربة مع زيادة نسبة المعدن المضاف، ففي التربة الرملية فقد ارتفع من 7.13 إلى 7.23 و 7.38 و 7.53 و 7.65 و 7.85 عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0 إلى 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1 على التوالي. وقد يرجع سبب ذلك إلى الإمتزاز العالي للكاتيونات القاعدية من قبل مواقع التبادل الأيوني للمعدن وبالتالي وزيادة قيم درجة تفاعل التربة وتتفق هذه النتيجة مع (Ajirloo وآخرون، 2013). هذه الظاهرة تكررت في التربة المزيجة الغرينية إذ إرتفعت قيم درجة التفاعل في نهاية التجربة إلى 7.25، 7.48، 7.68، 7.95، 8.25، عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% على التوالي، وقد يرجع سبب ذلك لتأثير قاعدية معدن الزيولايت بشكل مباشر أو امتزاز العناصر القلوية في التربة ورفع قيم درجة تفاعلها.

جدول (12) تأثير الزيولايت في درجة التفاعل (pH) لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 7.65	7.19	7.28	7.35	7.20	0.2	0
		7.10	7.15	7.05	0.4	
%0.4 7.46			7.25	7.13	المعدل	
	7.29	7.38	7.45	7.30	0.2	0.2
		7.20	7.25	7.15	0.4	
معدل نوع التربة			7.35	7.23	المعدل	
الرملية 7.45	7.43	7.50	7.55	7.45	0.2	0.4
		7.35	7.40	7.30	0.4	
المزيجية الغرينية 7.66			7.48	7.38	المعدل	
	7.60	7.68	7.75	7.60	0.2	0.6
		7.53	7.60	7.45	0.4	
			7.68	7.53	المعدل	
	7.80	7.90	8.05	7.75	0.2	0.8
		7.70	7.85	7.55	0.4	
			7.95	7.65	المعدل	
	8.05	8.20	8.45	7.95	0.2	1
		7.90	8.05	7.75	0.4	
			8.25	7.85	المعدل	
زيولايت× مادة عضوية NS	نسجة التربة 0.042	المادة العضوية 0.042	الزيولايت 0.072	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة NS		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 0.101			

ورغم وجود تأثير معنوي للمادة العضوية في خفض قيم درجة التفاعل إذ سجّلت في معاملة المقارنة للتربة الرملية 7.20 عند مستوى 0.2% مادة عضوية و 7.05 عند مستوى 0.4% مادة عضوية إلا إن رفع مستويات معدن الزيولايت المضافة إلى 1% قد رفع قيم درجة التفاعل في كلا المستويين للتربة إلى 7.95 و 7.75 عند مستوى مادة عضوية 0.2% و 0.4% على التوالي . ويلاحظ من قيم جدول 12 إن قيم درجة التفاعل لكلا الترتين اقل عند مستوى 0.4% مادة عضوية نسبة لمستوى 0.2% مادة عضوية في كل مستويات إضافة معدن الزيولايت ، مما يشير إلى أهمية رفع نسبة المادة العضوية المضافة للتربة عند معاملة التربة بمعدن الزيولايت.

ويلاحظ من الجدول 12 وجود فروق معنوية بين نوعي التربة في قيم درجة التفاعل إذ كان المتوسط العام للتربة الرملية 7.45 والمزيجية 7.66 إلا إن مدى الزيادة في التربة المزيجية اعلى من التربة الرملية قد يُعزى السبب إلى عمليات غسل العناصر القاعدية في التربة الرملية اعلى من معدل التربة المزيجية.

ويظهر من الجدول معنوية التداخل بين التربة ، ونسبة معدن الزيولايت المضافة وذلك يعني مساهمة الزيولايت في رفع قيم درجة التفاعل في كلا الترتين.

4-2-2 الإيصالية الكهربائية ديسيسيمنز م⁻¹:

يبين جدول (13 وملحق 2) وجود فروق معنوية في قيم الإيصالية الكهربائية لكل من نسب الزيولايت المضافة للترتين وكذلك المادة العضوية ونوع التربة . مع وجود فروق معنوية للتداخل بين جميع العوامل.

جدول (13) تأثير الزيولايت في الإيصالية الكهربائية (dSm^{-1}) لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 2.51	3.94	4.33	4.80	3.85	0.2	0
		3.55	4.25	2.85	0.4	
%0.4 1.90			4.53	3.35	المعدل	
	3.24	3.63	4.05	3.20	0.2	0.2
2.85		3.65	2.05	0.4		
معدل نوع التربة			3.85	2.63	المعدل	
الرملية 1.68	2.53	2.90	3.35	2.45	0.2	0.4
		2.15	3.05	1.25	0.4	
المزيجية الغرينية 2.73			3.20	1.85	المعدل	
	1.83	2.10	2.55	1.65	0.2	0.6
1.55		2.30	0.80	0.4		
			2.43	1.23	المعدل	
	1.14	1.35	1.85	0.85	0.2	0.8
0.93		1.40	0.45	0.4		
			1.63	0.65	المعدل	
	0.58	0.78	1.00	0.55	0.2	1
0.38		0.55	0.20	0.4		
			0.78	0.38	المعدل	
زيولايت× مادة عضوية 0.140	نسجة التربة 0.057	المادة العضوية 0.057	الزيولايت 0.098	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة 0.198		مادة عضوية× نوع التربة 0.081	زيولايت× نسجة التربة 0.140			

يلاحظ إنخفاض قيم الإيصالية الكهربائية مع زيادة مستويات إضافة المعدن لكلا الترتين الرملية والمزيجية الغرينية ، ففي التربة الرملية كان معدل قيم الإيصالية الكهربائية في معاملة المقارنة 3.35 ديسيمنز م⁻¹ وإنخفضت إلى 2.63 ديسيمسيزنر م⁻¹ عند مستوى إضافة 0.2% زيولايت ثم إنخفضت تدريجياً مع زيادة مستوى الإضافة للمعدن ليصل إلى معدل 0.38 ديسيسيمنز م⁻¹ عند مستوى إضافة 1% زيولايت للتربة الرملية ، وعند مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت تظهر دور المعدن في خفض هذه الصفة في كلا الترتين الرملية والمزيجية الغرينية إذ كانت هناك إستجابة سريعة لصفة الـEC مع نسب مختلفة للمعدن المضاف في التربة الرملية فقد إنخفضت من 3.35 إلى 2.63 و 1.85 و 1.23 و 0.65 و 0.38 ديسيسيمسيزنر م⁻¹ عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% على التوالي، وفي الترب المزيجية الغرينية إنخفض من 4.53 ديسيسيمسيزنر م⁻¹ عند عدم إضافة المعدن إلى 3.85 ، 3.20 ، 2.43 ، 1.63 ، 0.78 ديسيسيمسيزنر م⁻¹ عند رفع مستوى المعدن من 0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% على التوالي وقد تعزى تلك الفروقات إلى فُدرة المعدن على صيانة الموازنة الملحية في التربة ، إذ يُعد طريقة فعالة لإزالة الاملاح من مقد التربة بسبب دوره الفعّال في زيادة مسامية التربة ومن ثم زيادة حركة الماء إلى الاسفل ناقلا معه الاملاح مما أدى إلى إنخفاض تركيزها في محلول التربة. ، وقد يُعزى السبب إلى كون معدن الزيولايت يميل الامدصاص ايونات البوتاسيوم بصورة أكبر من ايونات الصوديوم ، وبالتالي تقل مواقع الامدصاص لايونات الصوديوم وإنخفاض تركيزها في محلول التربة بالغسل ، إذ إن معدن الزيولايت يمكن إن يكون مفيداً للحد من الآثار السلبية للملوحة العالية في التربة (Babaei و Ghorbani 2009).

ورغم وجود تأثير معنوي للمادة العضوية في خفض قيم الإيصالية الكهربائية ، إذ كانت في معاملة المقارنة للتربة الرملية 3.85 عند مستوى 0.2% مادة عضوية وإنخفضت إلى 2.85 عند رفع

مستوى المادة العضوية إلى 0.4% ، إلا إن رفع قيم مستويات معدن الزيولايت المضاف قد خفض من قيم الإيصالية الكهربائية في كلا المستويين للتربة الرملية. وفي التربة المزيجة الغرينية كانت لمعاملة المقارنة 4.80 عند مستوى 0.2% مادة عضوية و 4.25 عند مستوى 0.4% مادة عضوية إلا إن إضافة معدن الزيولايت بمستوى 1% قد خفض هذه القيم إلى 1.00 و 0.55 عند مستوى مادة عضوية 0.2% و 0.4% على التوالي. ويلاحظ من قيم الجدول (13) إن قيم الإيصالية الكهربائية لكلا الترتين أقل عند مستوى 0.4% مادة عضوية نسبة لمستوى 0.2% في كل مستويات إضافة معدن الزيولايت ، مما يشير إلى أهمية رفع نسبة المادة العضوية مع الزيولايت في خفض نسبة الملوحة في التربة.

يظهر من الجدول أيضاً وجود فروق معنوية بين الترتين في قيم الإيصالية الكهربائية إذ كان المتوسط العام للتربة الرملية 1.68 ديسيسيمنز م⁻¹ والمزيجة الغرينية 2.73 ديسيسيمنز م⁻¹ ، إلا إن مدى الانخفاض في التربة الرملية أكثر من التربة المزيجة الغرينية عند معاملتها بمعدن الزيولايت ، وقد يُعزى السبب إلى زيادة تخفيف تركيز الاملاح في محلول التربة نتيجة زيادة المحتوى الرطوبي للتربة مع زيادة مستوى الإضافة للمعدن ، ويلاحظ ذلك عند معاملة التربة بنسبة 1% زيولايت مقارنة مع المعاملات الأولى ، مما يشير إلى الدور الإيجابي للمعدن في التربة ، وتتفق هذه النتيجة مع ما جاء به (Ajirloo وآخرون، 2013) الذي أشاروا إلى إن من الخصائص الفريدة لمعدن الزيولايت مسك الماء والكاتيونات وخفض تركيز الاملاح في محلول التربة ، مما يؤدي إلى خفض قيم الإيصالية الكهربائية إلى حد كبير.

يوجد تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة نتيجة إختلاف إستجابة نسجة التربة بإختلاف مستويات المعدن المضاف بسبب القُدرة العالية للمعدن على مسك الماء ، وبالتالي

ينخفض تركيز الاملاح في محلول التربة. كذلك يوجد تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت والمادة العضوية نتيجة إختلاف إستجابة صفة الإيصالية الكهربائية للمادة العضوية بإختلاف مستويات المعدن المضاف.

فضلاً عن ذلك يوجد تأثير معنوي للتداخل بين المادة العضوية ونوع التربة في الإيصالية الكهربائية إذ يلاحظ إنخفاض القيم من 3.85 ديسيمسيز م⁻¹ عند مستوى إضافة 0.2% مادة عضوية إلى 2.85 ديسيمسيز م⁻¹ عند مستوى إضافة 0.4% زيولايت للتربة الرملية ومن 4.80 إلى 4.25 للتربة المزيجية ، وإن رفع قيم المادة العضوية يخفظ ملوحة التربة بشكل معنوي لكلا الترتين ، ولوحظ من جدول التحليل الاحصائي وجود تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت والمادة العضوية ونوع التربة نتيجة إختلاف إستجابة الإيصالية الكهربائية للمادة العضوية ونسجة التربة بإختلاف مستويات المعدن المضاف ، إذ إنخفضت قيم الإيصالية الكهربائية من 3.94 ديسيمسيز م⁻¹ في معاملة المقارنة إلى 0.58 ديسيمسيز م⁻¹ في معاملة 1% زيولايت لكلا الترتين ، مما يبين دور معدن الزيولايت في كفاءة غسل الاملاح من التربة وخفض قيم الإيصالية الكهربائية للترب عند معاملتها بهذا المعدن مع المادة العضوية.

4-2-3 الاملاح الذائبة الكلية:

أظهرت نتائج (جدول 14 وملحق 2) وجود تأثير معنوي لعامل الزيولايت في هذه الصفة ، فضلاً عن وجود فروق معنوية لتأثير المادة العضوية ونسجة التربة والتداخل بين العوامل . إذ تنخفض الاملاح الذائبة الكلية بزيادة مستوى إضافة المعدن في كلا الترتين الرملية والمزيجية الغرينية، وبلغ اقل متوسط في التربة الرملية 0.19 غم لتر⁻¹ عند مستوى إضافة 1% زيولايت و 0.39 غم لتر⁻¹

جدول (14) تأثير الزيولايت في الاملاح الذائبة الكليه (غم لتر⁻¹) لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 1.26	1.97	2.16	2.40	1.93	0.2	0
		1.78	2.13	1.43	0.4	
%0.4 0.95			2.26	1.68	المعدل	
	1.62	1.81	2.03	1.60	0.2	0.2
		1.43	1.83	1.03	0.4	
معدل نوع التربة			1.93	1.31	المعدل	
الرملية 0.84	1.26	1.45	1.68	1.23	0.2	0.4
		1.08	1.53	0.63	0.4	
المزيجية الغرينية 1.37			1.60	0.93	المعدل	
	0.91	1.05	1.28	0.83	0.2	0.6
		0.78	1.15	0.40	0.4	
			1.21	0.61	المعدل	
	0.57	0.68	0.93	0.43	0.2	0.8
		0.46	0.70	0.23	0.4	
			0.81	0.33	المعدل	
	0.29	0.39	0.50	0.28	0.2	1
		0.19	0.28	0.10	0.4	
			0.39	0.19	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية 0.070	نسجة التربة 0.029	المادة العضوية 0.029	الزيولايت 0.050	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× انسجة لتربة 0.099		مادة عضوية× نسجة التربة 0.041	زيولايت× نسجة التربة 0.070		

للتربة المزيجية الغرينية عند نفس مستوى الإضافة ، وإن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت والتي بلغت 1.68 للتربة الرملية و 2.26 للتربة المزيجية الغرينية غم لتر⁻¹ تظهر دور المعدن في خفض هذه الصفة.

يشير الجدول إلى زيادة إنخفاض هذه الصفة مع زيادة مستوى المعدن المضاف في التربة الرملية فقد إنخفض من 1.68 إلى 1.31 و 0.93 و 0.61 و 0.33 و 0.19 غم لتر⁻¹ عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% زيولايت على التوالي. وتكررت هذه الظاهرة في التربة المزيجية الغرينية إذ إنخفضت قيم الاملاح الذائبة الكليه من 1.93 الى 1.60، 1.21، 0.81، 0.39 غم لتر⁻¹ عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% زيولايت على التوالي ، قد تعزى تلك الفروقات إلى تباين نسبة المسامية نتيجة إضافة المعدن للتربة ، إذ تزداد المسامية بزيادة مستوى إضافة المعدن وإلى توفير وسط رطوبي نتيجة الإمتزاز العالي للماء من قبل بلورات المعدن ، مما يؤدي إلى حصول عملية تخفيف ناتجة عن زيادة المحتوى الرطوبي للتربة والتي تعمل على خفض قيم الاملاح الذائبة الكليه لهذه الترب. ورغم وجود تأثير معنوي ، للمادة العضوية في خفض قيم الإيصالية الكهربائية والتي كانت في معاملة المقارنة للتربة الرملية 1.93 غم لتر⁻¹ عند مستوى 0.2% مادة عضوية و 1.43 غم لتر⁻¹ عند مستوى 0.4% مادة عضوية إلا إن رفع قيم مستويات معدن الزيولايت المضاف قد خفض من قيم الاملاح الذائبة الكليه في كلا المستويين للتربة الرملية ، وفي التربة المزيجية الغرينية كانت لمعاملة المقارنة 2.40 غم لتر⁻¹ عند مستوى 0.2% مادة عضوية و 2.13 غم لتر⁻¹ عند مستوى 0.4% مادة عضوية إلا إن إضافة معدن الزيولايت بمستوى قد خفض هذه القيم إلى 0.5 و 0.28

غم لتر⁻¹ عند مستوى مادة عضوية 0.2% و 0.4% على التوالي. ويلاحظ من الجدول (14) إن قيم الاملاح الذائبة الكلية لكلا الترتين اقل عند مستوى 0.4% مادة عضوية نسبة لمستوى 0.2% في كل مستويات إضافة معدن الزيولايت ، مما يشير إلى أهمية رفع نسبة المادة العضوية المضافة عند معاملة الترب بمعدن الزيولايت .

تفوقت التربة الرملية معنوياً بمتوسط اقل بلغ 0.84 غم لتر⁻¹ قياساً بالتربة المزيجية الغرينية التي سجلت متوسط اعلى بلغ 1.37 غم لتر⁻¹. وقد يرجع ذلك إلى طبيعة مسامات التربة الرملية الكبيرة التي تسمح بترشيح الماء والاملاح قياساً بالتربة المزيجية الغرينية ذات اقطار المسامات الادنى.

يلاحظ من الجدول ايضاً وجود تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت والمادة العضوية نتيجة إختلاف إستجابة الاملاح الذائبة الكلية للمادة العضوية بإختلاف مستويات المعدن المضاف.

ويلاحظ ايضاً وجود تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة نتيجة إختلاف إستجابة قيم نسجة التربة بإختلاف مستويات المعدن المضاف . ويتضح إنخفاض قيم الاملاح الذائبة الكلية مع زيادة مستوى الإضافة للمعدن ، وقد تأثرت هذه الصفة بشكل ايجابي عند خلط التربة مع الزيولايت، فالمستويات العالية كانت أكثر كفاءة بالمقارنة مع بقية المستويات في خفض قيم الاملاح الذائبة الكلية لكلا الترتين ، وهذا يشير إلى إن إضافة المستويات الملائمة من المعدن يمكن إن تساهم بشكل فعال في خلق ظروف أفضل للتربة من خلال منع تراكم الاملاح فيها ومساهمة المعدن في خفض ملوحة الترب الملحية في وسط وجنوب العراق عند اضافته لهذه الترب.

وكذلك وجود تأثير معنوي للتداخل بين المادة العضوية ونسجة التربة في صفة الاملاح الذائبة الكلية بإختلاف مستويات المادة العضوية ، إذ كان لها أثر كبير في تحسين خصائص التربة

الفيزيائية وخفض قيم الاملاح الذائبة الكليه في التربة المزيجية الغرينية من 1.78 غم لتر⁻¹ عند مستوى 0.4% مادة عضوية إلى 0.19 غم لتر⁻¹ عند مستوى المادة العضوية نفسها ولكن دورها تضاعف مع زيادة نسبة معدن الزيولايت المضاف للتربة (Hadi and Ali,2008).

وجد تأثير معنوي للتداخل الثلاثي بين الزيولايت والمادة العضوي ونسجة التربة نتيجة إختلاف إستجابة قيم الاملاح الذائبة الكليه لنسجة التربة والمادة العضوية بإختلاف مستويات المعدن المضاف . وقد يرجع سبب ذلك للتباين الحاصل في المحتوى الرطوبي للمعاملات نتيجة زيادة المسامية والترطيب البطيء للتربة وبقاء نسبة عالية من مسامات التربة مملوءة بالماء مما يقلل من نسبة الاملاح Sangeeth و Baskar (2016) إذ يلاحظ خفض قيم الاملاح الذائبة الكليه من 1.97 غم لتر⁻¹ عند مستوى إضافة 0% زيولايت إلى 0.29 غم لتر⁻¹ عند مستوى إضافة 1% زيولايت كمعدل عام لكلا الترتين.

4-2-4 السعة التبادلية الكاتيونية سنتيمول كغم⁻¹تربة:

تبين نتائج التحليل الاحصائي (جدول 15 وملحق 2) وجود تأثير معنوي للزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة على السعة التبادلية الكاتيونية لترتي الدراسة، وكذلك تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة ولا يوجد فرق معنوي للتداخل بين العوامل الأخرى.

لوحظ من النتائج إن خلط معدن الزيولايت مع التربة الرملية أدى إلى إرتفاع قيم السعة التبادلية للتربة الرملية إلى 11.26 و 25.86 و 34.41 سنتيمول كغم⁻¹ تربة لمستويات المعدن 0.2 و 0.4 و 0.6 % زيولايت على التوالي قياسا بمعاملة المقارنة التي سجلت اقل قيمة بلغت 3.19 كغم⁻¹ تربة ، وللتربة المزيجية الغرينية 19.15 و 31.28 و 39.27 سنتيمول كغم⁻¹ تربة للمستويات

جدول (15) تأثير الزيولايت في السعة التبادلية الكايتونية سنتمول كغم⁻¹ تربة لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 29.53	6.95	6.10	9.67	2.54	0.2	0
		7.80	11.75	3.84	0.4	
%0.4 31.09			10.71	3.19	المعدل	
	15.20	14.83	18.87	10.80	0.2	0.2
		15.57	19.43	11.72	0.4	
			19.15	11.26	المعدل	
معدل نوع التربة	28.57	28.13	30.42	25.85	0.2	0.4
		29.01	32.15	25.88	0.4	
الرملية 27.24			31.28	25.86	المعدل	
	36.84	36.25	38.85	33.66	0.2	0.6
المزيجية الغرينية 33.38		37.43	39.69	35.17	0.4	
			39.27	34.41	المعدل	
	42.13	40.84	43.36	38.31	0.2	0.8
		43.43	45.48	41.38	0.4	
			44.42	39.84	المعدل	
	52.17	51.01	54.80	47.22	0.2	1
		53.34	56.17	50.51	0.4	
			55.48	48.86	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية NS	نسجة التربة 0.480	المادة العضوية 0.480	الزيولايت 0.829	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة NS		مادة عضوية× نسجة التربة NS	زيولايت× نسجة التربة 1.170		

نفسها على التوالي، قياساً بمعاملة المقارنة التي سُجّلت أقل متوسط بلغ 10.71 سنتيمول كغم⁻¹ تربة يتبين من ذلك إن إضافة الزيولايت للتربة يزيد من قيم السعة التبادلية الكاتيونية. يلاحظ أيضاً عند إضافة معدن الزيولايت بمستوى 0.8 و 1 % زيولايت للتربة الرملية أعطى أعلى زيادة بلغت 39.84 و 48.86 سنتيمول كغم⁻¹ تربة ، وللتربة المزيجية الغرينية 44.42 و 55.48 سنتيمول كغم⁻¹ تربة على التوالي وللمستويات نفسها . لذا فإن إضافة تراكيز قليلة من معدن الزيولايت أدت إلى زيادة قليلة في قيم السعة التبادلية في حين رفع قيم معدن المضاف إلى أكثر من 0.8 % قد أعطى قفزة كبيرة في قيم السعة التبادلية للتربة بسبب السعة التبادلية العالية للمعدن ، والذي أدى إلى رفع قيم التربة بشكل كبير لأنه يعمل على زيادة المجموع العام للمواقع التبادلية وتغيير قيم السعة التبادلية المرتبطة بالشحنات الموجودة على الأسطح الداخلية والخارجية لبلورات المعدن فضلاً عن كثافة هذه الشحنات على السطوح النوعية للمعدن وتتفق هذه النتيجة مع (Ippolito وآخرون، 2011).

الزيادة المعنوية في قيم السعة التبادلية عند خلط المعدن مع التربة قد تكون ناتجة عن تأثير السعة التبادلية الكاتيونية المرتفعة للمعدن 73.6 سنتيمول كغم⁻¹ (جدول 2) مع اجزاء التربة المعدنية الأقل سعة تبادلية 2.3 سنتيمول كغم⁻¹ تربة (للملحة) و 9.32 سنتيمول كغم⁻¹ تربة (للمزيجية الغرينية) إذ إرتفعت بعد عملية خلط تربة - زيولايت إلى 52.17 سنتيمول كغم⁻¹ تربة عند إضافة 1 % زيولايت مع نتائج مماثلة حصل عليها (Sangeetha و Baskar , 2016) . فالنتائج الموضحة في الجدول أظهرت تقارب في قيم السعة التبادلية للتربة مع نسب المادة العضوية ، وتفق مستوى 0.4 % مادة عضوية معنوياً بمتوسط بلغ 31.09 سنتيمول كغم⁻¹ تربة على مستوى 0.2 % مادة عضوية التي سُجّلت متوسط أقل بلغ 29.53 سنتيمول كغم⁻¹ تربة. وذلك لاحتمال

دخول عامل اخر يؤثر في قيمة السعة التبادلية للتربة ، وهو الزيولايت إذ عند إضافة نسب من معدن الزيولايت أدى إلى رفع قيم الـ CEC من 7.80 سنتيمول كغم⁻¹ تربة عند مستوى 0% زيولايت إلى 53.34 سنتيمول كغم⁻¹ تربة عند مستوى إضافة 1% زيولايت ونفس مستوى إضافة المادة العضوية (0.4%) لكلا الترتين. بالإضافة إلى إن المحتوى العضوي يؤدي دوراً في رفع قيم السعة التبادلية الكاتيونية لكلا الترتين نتيجة زيادة المواقع المشحونة في التربة (علي و شاكر 2016).

4-2-5 النتروجين الجاهز ملغم كغم⁻¹:

يلاحظ من الجدول 16 وملحق 2 وجود تأثير معنوي للزيولايت في رفع قيم النتروجين الجاهز في كلا الترتين بعد الحصاد وإن تفوقت التربة المزيجة الغرينية معنوياً على التربة الرملية في متوسط محتواها من النتروجين الجاهز. كما إن مضاعفة كمية المادة العضوية المضافة قد اظهر فروقات معنوية في معدل النتروجين الجاهز في كلا الترتين وزيادته مع زيادة نسبة المادة العضوية المضافة.

أدت عملية خلط زيولايت – تربة رملية إلى زيادة قيم معدل النتروجين الجاهز بعد الحصاد مع زيادة معنوية من 0.13 ملغم كغم⁻¹ في معاملة المقارنة إلى 7.54 و 8.46 و 9.47 و 10.38 و 11.47 ملغم كغم⁻¹ عند رفع مستويات المعدن من 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% على التوالي ، وقد يُعزى السبب إلى إن الزيولايت يُحسّن من استعمال العناصر الغذائية وبالذات NO₃ و NH₄ ويزيد امدصاص النتروجين (Polat وآخرون، 2004) وايضاً يعمل أيضاً كمحرر بطيء لأيون الأمونيوم في التربة ويقلل من فقد النتروجين بالغسيل خصوصاً في الترب الرملية وخفض تطاير الامونيا لقُدرة المعدن على الحد من عملية عكس النتجة (Manolov, 2000) مع تقليل تطاير الامونيا من البيوريا عند خلط السماد مع الزيولايت في الترب الرملية والكلسية

جدول (16) تأثير الزيولايت في النتروجين الجاهز ملغم كغم⁻¹ تربة في تربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 11.47	0.15	0.04	0.03	0.04	0.2	0
		0.26	0.29	0.22	0.4	
%0.4 12.14			0.16	0.13	المعدل	
	12.04	11.74	16.28	7.20	0.2	0.2
معدل نوع التربة		12.34	16.80	7.89	0.4	
الرملية 7.91	13.01		16.54	7.54	المعدل	
		12.69	17.29	8.08	0.2	0.4
	13.33	17.82	8.85	0.4		
المزيجية الغرينية 15.70			17.56	8.46	المعدل	
	14.21	13.83	18.49	9.16	0.2	0.6
		14.60	19.43	9.78	0.4	
			18.96	9.47	المعدل	
	15.06	14.74	19.42	10.07	0.2	0.8
		15.37	20.06	10.69	0.4	
			19.74	10.38	المعدل	
	16.36	15.69	20.32	11.06	0.2	1
		17.02	22.17	11.88	0.4	
			21.24	11.47	المعدل	
زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.336	المادة العضوية 0.336	الزيولايت 0.452	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 0.562			

(Latip, 2011). كما تظهر النتائج إن كمية النتروجين الجاهز في التربة تستمر بالارتفاع مع زيادة نسبة المعدن المضاف ويلاحظ إن معاملة 1% و 0.8% زيولايت تتفوق على باقي المعاملات ، مما يشير إلى أهمية المعدن في الحفاظ على النتروجين في التربة ، واستمرار جاهزيته للنبات وهذا مؤشر خصوبي ذو أهمية للتربة.

إن الميكانيكية الأساسية للمحافظة على النتروجين الجاهز مرتفع القيم في التربة المضاف إليها معدن الزيولايت قد يُعزى إلى ادمصاص الأمونيوم على سطوح الزيولايت والمحافظة عليه من الغسل مع ماء الري أو التطاير (Latip, 2011).

من جانب آخر ورغم عدم وجود فروق معنوية بين مستويات معدن الزيولايت المضافة للتربة ومعدل المادة العضوية إلا إن الجدول يشير إلى تزايد كمية النتروجين الجاهز في التربة مع زيادة كمية المادة العضوية المضافة وإن أكبر فارق في قيم النتروجين الجاهز سجل في مستوى 1% زيولايت إذ كانت 11.06 ملغم كغم⁻¹ عند مستوى مادة عضوية 0.2% وارتفع إلى 11.88 ملغم كغم⁻¹ عند مستوى 0.4% مادة عضوية مما يشير إلى أهمية إضافة الزيولايت مع المادة العضوية في رفع قيم النتروجين الجاهز في التربة الرملية، لأحتواء بلورات معدن الزيولايت على قنوات داخلية صغيرة تعمل على حماية ايونات الأمونيوم من النتربة المفرطة عند دخوله بداخل هذه القنوات ، وحمايته من بكتريا النتربة بسبب صغر حجم القنوات الذي لا يسمح للبكتريا بالدخول إلى داخل قنوات المعدن (Brady و Weil, 2002).

ويساهم الزيولايت المضاف للتربة المزيجية الغرينية ايضاً برفع قيم النتروجين الجاهز في التربة بعد الحصاد معنوياً من 0.16 ملغم كغم⁻¹ في معاملة المقارنة إلى 16.54 و 17.56 و 18.96

و19.74 و21.24 ملغم كغم⁻¹ عند رفع مستويات المعدن من 0.2 و0.4 و0.6 و0.8 و1% على التوالي ، ذلك يعني إن إضافة 1% زيولايت إلى التربة قد ساهم في رفع قيم النتروجين الجاهز بمقدار اكثر من مئة ضعف بين معاملة المقارنة ومعاملة 1% زيولايت.

ويظهر من جدول(16) إن قيم النتروجين الجاهز لكلا الترتين اعلى عند مستوى 0.4% للمادة العضوية بمتوسط بلغ 12.14 نسبة لمستوى 0.2% بمتوسط 11.47 ملغم كغم⁻¹ في كل مستويات إضافة معدن الزيولايت ، مما يشير إلى أهمية رفع الإضافة العضوية للنتروجين الجاهز عند معاملة الترب بمعدن الزيولايت فضلاً عن إن المادة العضوية قد حسّنت من صفات التربة الفيزيائية والكيميائية كالتهدية والنفاذية والسعة التبادلية الكاتيونية (Saralidze و Bakntadze، 1989).

ويظهر من الجدول التأثير المعنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة الذي أدى إلى زيادة قيم النتروجين الجاهز في كلا الترتين باختلاف مستويات المعدن المضاف ، وتأثيره في زيادة قُدرة التربة على إمدصاص المغذيات (Palanivel وآخرون، 2015).

إن المحافظة على النتروجين جاهزاً بكمية عالية في ترب الدراسة يعطي مؤشراً هاماً على دور المعدن في تجهيز النتروجين للنبات المزروع ، والمحافظة على جاهزيته طيلة فترة التجربة ، مما ينعكس ايجابيا على النمو الخضري ، وحاصل الحنطة المزروعة في هذه الترب (غايرلي وآخرون، 2015).

4-2-6-الفسفور الجاهز ملغم كغم⁻¹:

أظهرت النتائج (جدول 17 ملحق 2) وجود تأثير معنوي لمعدن الزيولايت في رفع قيم الفسفور الجاهز في كلا الترتين ، تفوقت التربة المزيجة الغرينية معنوياً على التربة الرملية في متوسط محتواها من الفسفور الجاهز بعد الحصاد.

جدول (17) تأثير كل الزيولايت في الفسفور الجاهز ملغم كغم⁻¹ تربة لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
% 0.2 11.19	4.35	4.30	5.40	3.20	0.2	0
		4.40	4.95	3.85	0.4	
%0.4 11.48		4.35	5.18	3.53	المعدل	
	11.19	10.95	12.70	9.20	0.2	0.2
11.43		13.00	9.85	0.4		
معدل نوع التربة		11.19	12.85	9.53	المعدل	
الرملية 9.62	11.79	11.63	13.50	9.75	0.2	0.4
		11.95	13.70	10.20	0.4	
المزيجية الغرينية 13.05		11.79	13.60	9.98	المعدل	
	12.58	12.50	14.30	10.70	0.2	0.6
		12.65	14.50	10.80	0.4	
		12.58	14.40	10.75	المعدل	
	13.71	13.50	15.60	11.40	0.2	0.8
		13.93	15.95	11.90	0.4	
		13.71	15.78	11.65	المعدل	
	14.39	14.25	16.35	12.15	0.2	1
		14.53	16.60	12.45	0.4	
		14.39	16.48	12.30	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.215 4	المادة العضوية 0.2154	الزيولايت 0.3732	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 0.5276		

كما إن مضاعفة كمية المادة العضوية المضافة قد أظهر فروق معنوية في معدل الفسفور الجاهز في كلا الترتين مع تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة.

أدت عملية الخلط زيولايت – تربة إلى إرتفاع قيم الفسفور الجاهز بشكل معنوي، وبلغ أعلى متوسط للفسفور الجاهز في التربة الرملية 12.30 ملغم كغم⁻¹ عند مستوى إضافة 1% زيولايت و 16.48 ملغم كغم⁻¹ في التربة المزيجية الغرينية. وإن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت والتي كانت 3.53 ملغم/كغم للتربة الرملية و 5.18 ملغم كغم⁻¹ للتربة المزيجية تظهر دور المعدن في زيادة الفسفور الجاهز في التربة ، ويشير الجدول إلى إن هذه الزيادة تدريجية مع زيادة نسبة المعدن المضاف في التربة الرملية فقد ازداد من 9.53 إلى 9.98 و 10.75 و 11.65 و 12.30 ملغم كغم⁻¹ عند رفع مستوى المعدن المضاف من 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% على التوالي، وقد تعزى تلك الفروقات إلى تباين إطلاق عن الفسفور من قبل بلورات المعدن وبشكل متزامن مع مستويات الإضافة ، إذ يعمل المعدن على تجميع ايونات الفسفور داخل قنواته وتقليل فقدها بالرشح ، وتحريرها وزيادة ذائبية الفسفور إلى محلول التربة عند الحاجة وبصورة تدريجية (Giuseppe Di وآخرون, 2015) مما يشير إلى أهمية الزيولايت في رفع قيم الفسفور الجاهز في التربة الرملية وتحسين خصوبة التربة وزيادة قابليتها على الإحتفاظ بالمغذيات عند خلط الزيولايت مع الاسمدة الكيميائية والتربة (Kavoosi و Rahimi, 2000) ، وهذه الزيادة تكررت في التربة المزيجية الغرينية إذ إرتفعت قيم الفسفور الجاهز في التربة عند الحصاد إلى 12.85 و 13.60 و 14.40 و 15.78 و 16.48 ملغم كغم⁻¹ على التوالي ، عند رفع الزيولايت من 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 و 1% ، وقد يرجع سبب ذلك إلى إن خلط معدن الزيولايت مع الاسمدة الكيميائية يؤثر بشكل

معنوي وكبير على محتوى التربة من الأيونات وزيادة جاهزيتها بتأثير خصائص التبادل الكاتيوني والإمتزاز لمعدن الزيولايت (Supapron وآخرون, 2002).

وأظهرت النتائج وجود تأثير معنوي للمادة العضوية في رفع قيم الفسفور الجاهز، إذ كانت في معاملة المقارنة للتربة الرملية 3.20 ملغم كغم⁻¹ عند مستوى 0.2% مادة عضوية و 3.85 ملغم كغم⁻¹ عند مستوى 0.4% مادة عضوية، إلا إن رفع قيم مستويات المعدن المضافة قد رفع قيم الفسفور الجاهز في كلا المستويين للتربة الرملية بشكل يفوق مضاعفة تأثير المادة العضوية في عينة المقارنة بشكل كبير، وفي التربة المزيجية الغرينية كانت لمعاملة المقارنة 5.40 عند مستوى 0.2% مادة عضوية و 4.95 ملغم كغم⁻¹ عند مستوى 0.4% مادة عضوية، إلى إن إضافة الزيولايت بمستوى 1% قد رفع هذه القيم إلى 16.35 ملغم كغم⁻¹ و 16.60 ملغم كغم⁻¹ عند مستوى مادة عضوية 0.2% و 0.4% على التوالي. ويلاحظ من قيم جدول (17) إن قيم الفسفور الجاهز لكلا الترتين أعلى عند مستوى 0.4% مادة عضوية وبمتوسط عام بلغ 11.48 ملغم كغم⁻¹ نسبة لمستوى 0.2% في كل مستويات إضافة المعدن وبمتوسط عام بلغ 11.19 ملغم كغم⁻¹، مما يشير إلى أهمية رفع نسبة المادة العضوية عند معاملة التربة بمعدن الزيولايت (Rahimi و Kavoosi, 2000).

وبيّن الجدول أيضاً وجود فرق معنوي لنسجة التربة في قيم الفسفور الجاهز، إذ كان المتوسط العام للتربة المزيجية 13.05 ملغم كغم⁻¹ والرملية 9.62 ملغم كغم⁻¹، وقد يُعزى ذلك إلى زيادة توفير المحتوى الرطوبي في التربة المزيجية الغرينية مقارنة مع التربة الرملية ونشاط الأحياء المجهرية وثباتية التجمعات والمساحة السطحية العالية، مما أدى إلى رفع نسبة الفسفور الجاهز في هذه التربة (Najafinezhad وآخرون, 2014).

إن الزيادة في الفسفور الجاهز يمكن أن يُعزى إلى إضافته مع اليوريا إذ يحجز الزيولايت الفسفور ويطلقه تدريجياً عند حاجة النبات ، وهي صفة هامة لمعدن الزيولايت في رفع جاهزية الفسفور في التربة (Abdi وآخرون, 2006).

4-2-7-البوتاسيوم الجاهز ملغم كغم⁻¹:

بيّنت نتائج التحليل الاحصائي وجود تأثير معنوي للزيولايت في رفع قيم البوتاسيوم الجاهز في كلا الترتين ، وتفوق التربة المزيجة الغرينية معنوياً على التربة الرملية في متوسط محتواها من البوتاسيوم الجاهز ، كما إن مضاعفة كمية المادة العضوية المضافة قد أظهرت فروقات معنوية في معدل البوتاسيوم الجاهز في كلا الترتين وزيادته مع زيادة نسبة المادة العضوية المضافة . ، فضلاً عن وجود تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة وعدم وجود تأثير معنوي لتداخل العوامل الأخرى.

وبلاحظ من جدول 18 وملحق 2 زيادة البوتاسيوم الجاهز مع زيادة مستوى إضافة الزيولايت في كلا الترتين الرملية والمزيجة الغرينية ففي التربة الرملية تفوق مستوى 1% معنوياً بمتوسط بلغ 103.00 ملغم كغم⁻¹ وسُجّلت المستويات 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8% زيولايت متوسطات بلغت 64.75 و 74.00 و 86.00 و 102.00 ملغم كغم⁻¹ على التوالي. وقد تعزى هذه الزيادة التدريجية إلى تأثير معدن الزيولايت في زيادة محتوى التربة من البوتاسيوم لتمييزه بسعة التبادل الكاتيوني العالية والإمتزاز العالي للكاتيونات الموجبة، ويعمل كمخزن للاسمدة ومجهز تدريجي لها في التربة (María-Ramírez وآخرون, 2011) (Bagdasarov وآخرون, 2004).

جدول (18) تأثير كل الزيولايت في البوتاسيوم الجاهز ملغم كغم⁻¹ لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 79.25	55.50	49.00	62.50	35.50	0.2	0
		62.00	68.00	56.00	0.4	
%0.4 92.42	70.13	55.50	65.25	45.75	المعدل	
		68.00	73.50	62.50	0.2	0.2
معدل نوع التربة		72.25	77.50	67.00	0.4	
		70.13	75.50	64.75	المعدل	
الرملية 83.13	76.13	74.25	76.00	72.50	0.2	0.4
		78.00	80.50	75.50	0.4	
المزيجية الغرينية 88.54		76.13	78.25	74.00	المعدل	
		89.88	89.00	92.00	86.00	0.2
90.75	95.50		86.00	0.4		
		89.88	93.75	86.00	المعدل	
		110.25	108.00	116.50	99.50	0.2
112.50	120.50		104.50	0.4		
		110.25	118.50	102.00	المعدل	
		113.13	110.50	120.50	100.50	0.2
115.75	126.00		105.50	0.4		
		113.13	123.25	103.00	المعدل	
		زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 2.226	المادة العضوية 2.226	الزيولايت 3.856	قيمة اقل فرق معنوي 0.05
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 5.453			

كما بيّن الجدول نفسه التأثير الإيجابي للمعدن على التربة المزيجية الغرينية، إذ إن زيادة مستويات المعدن أدت إلى زيادة البوتاسيوم الجاهز، وبشكل يتناسب مع زيادة تلك المستويات قياساً إلى معاملة المقارنة، سجل مستوى 1% زيولايت أعلى متوسط للتربة المزيجية بلغ 123.25 ملغم كغم⁻¹ متفوقاً على جميع المستويات المدروسة للتربة الرملية والمزيجية الغرينية ويليهِ المستوى 0.8% زيولايت بمتوسط 118.50 ملغم كغم⁻¹ ومتفوقاً معنوياً على نفس المعاملات للتربة الرملية، وإن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت 45.75 ملغم كغم⁻¹ للتربة الرملية و 65.25 ملغم كغم⁻¹ للتربة المزيجية يظهر دور المعدن في زيادة هذه الصفة. وقد تعزى تلك الفروقات إلى إن إضافة معدن الزيولايت حسن الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة وإن المعدن ذو إنتقائية عالية للبوتاسيوم بسبب تركيبه المسامي للمعدن والقُدرة العالية على المحافظة على البوتاسيوم الجاهز وإطلاقه بشكل تدريجي لمحلول التربة (Cairo وآخرون، 2017) وكفاءة عملية التبادل الكاتيوني داخل وخارج بلورات المعدن بسبب البنية الهيكلية السليكاتية الممتزة للزيولايت والتي تمنحها تجاوير مفتوحة على شكل قنوات مشغولة بجزيئات الماء وكاتيونات مثل البوتاسيوم قابلة للتبادل (غايرلي وآخرون، 2015) (Jakkula, 2005).

كما يشير الجدول إلى تزايد كمية البوتاسيوم الجاهز مع زيادة كمية المادة العضوية المضافة وإن أكبر فارق في قيمة البوتاسيوم الجاهز في مستوى 1 % زيولايت إذ كانت 100.50 ملغم كغم⁻¹ عند مستوى 0.2% مادة عضوية وارتفع إلى 105.50 ملغم كغم⁻¹ عند مستوى 0.4% مادة عضوية ، مما يشير إلى أهمية الزيولايت المضاف مع المادة العضوية في رفع قيم البوتاسيوم الجاهز في التربة الرملية ، ويلاحظ من الجدول وجود تأثير معنوي في المعدل العام للمادة العضوية ، إذ تفوق مستوى 0.4% مادة عضوية الذي سجل متوسط بلغ 92.42 ملغم كغم⁻¹ ، في حين سجل مستوى 0.2% مادة عضوية متوسط اقل بلغ 79.25 ملغم كغم⁻¹، وقد يُعزى ذلك إلى الدور الفعال

للمادة العضوية في زيادة ثباتية تجمعات التربة، وزيادة السعة التبادلية للتربة ، والمحتوى الرطوبي مما إنعكس ذلك بصورة إيجابية على محتوى التربة من العناصر المغذية.

أمّا عن تأثير نسجة التربة في صفة البوتاسيوم الجاهز، فقد تفوقت معنوياً التربة المزيجية الغرينية بمتوسط 88.54 ملغم كغم⁻¹ على التربة الرملية التي سجلت متوسط اقل بلغ 83.13 ملغم كغم⁻¹، وقد يُعزى السبب إلى زيادة نسبة معادن الطين في التربة المزيجية الغرينية أكثر من التربة الرملية، وبالتالي زيادة قابلية التربة المزيجية الغرينية على مسك الماء والمغذيات وثباتية التجمعات وحجم المسام، إذ إن المسام الصغيرة تعمل كخزان للماء ومصدر للمغذيات المذابة فيه (عمر, 1980).

ويظهر الجدول أيضاً وجود تداخل معنوي واضح بين الزيولايت ونسجة التربة وذلك بسبب إختلاف إستجابة قيم البوتاسيوم الجاهز وفقاً لنسجة التربة وإختلاف مستويات المعدن المضاف.

4-2-8-الكالسيوم الذائب ملي مول لتر-1:

يلاحظ من الجدول (19) وملحق (2) وجود تأثير معنوي للزيولايت في رفع قيم الكالسيوم الذائب في كلا الترتين وتفوقت التربة المزيجية الغرينية معنوياً على التربة الرملية في متوسط محتواها من الكالسيوم الذائب.

أدت عملية خلط زيولايت – تربة رملية إلى إرتفاع قيم الكالسيوم الذائب بشكل معنوي من 0.5268 ملي مول.لتر⁻¹ في معاملة المقارنة إلى 0.6383 ، 0.6410، 0.6673، 0.7578 و 0.7748 ملي مول لتر⁻¹ عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0 إلى 0.2، 0.4، 0.6 ، 0.8 ، 1% على التوالي، وقد تعزى تلك الفروقات إلى إستخدام معدن الزيولايت إذ أدى إلى رفع قابلية التربة للإحتفاظ بالماء، واحتباس العناصر المغذية ، والحد من فقدتها بالرشح ، وإطلاقها بصورة بطيئة في التربة الرملية (AL-Busaidi وآخرون, 2008). كما يظهر من النتائج إن كمية

جدول (19) تأثير الزيولايت في الكالسيوم الذائب (ملي مول لتر⁻¹) لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 0.7300	0.5980	0.5840	0.6615	0.5065	0.2	0
		0.6120	0.6770	0.5470	0.4	
%0.4 0.7465	0.6811	0.5980	0.6693	0.5268	المعدل	
		0.6853	0.7270	0.6435	0.2	0.2
معدل نوع التربة		0.6770	0.7210	0.6330	0.4	
	0.6811	0.6811	0.7240	0.6383	المعدل	
		0.7230	0.8100	0.6360	0.2	0.4
الرملية 0.6676	0.7268	0.7305	0.8150	0.6460	0.4	
المزيجية الغرينية 0.8089	0.7729	0.7268	0.8125	0.6410	المعدل	
		0.7648	0.8780	0.6515	0.2	0.6
0.7810		0.8790	0.6830	0.4		
	0.7729	0.7729	0.8785	0.6673	المعدل	
		0.8108	0.8810	0.7405	0.2	0.8
0.8178	0.8248	0.8745	0.7750	0.4		
	0.8178	0.8108	0.8778	0.7578	المعدل	
		0.8125	0.8620	0.7630	0.2	1
0.8535		0.9205	0.7865	0.4		
	0.8330	0.8330	0.8913	0.7748	المعدل	
		زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.0178	المادة العضوية N.S	الزيولايت 0.0308	قيمة اقل فرق معنوي 0.05
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 0.0436			

الكالسيوم الذائب في التربة يستمر بالارتفاع مع زيادة نسبة المعدن المضاف ويلاحظ إن معاملة 1% زيولايت تتفوق على معاملة 0.8% زيولايت، مما يشير إلى أهمية المعدن في الحفاظ على الكالسيوم الذائب والجاهز في التربة واستمرار جاهزيته للنبات ،وهذا مؤشر خصوبي ذو أهمية للترب الرملية وإن معدن الزيولايت له دور فعال في الترب الرملية التي تتعرض فيها المغذيات للرشح الشديد لذلك عند إضافة المعدن لهذه الترب يزيد من قابلية الترب على الإحتفاظ بها (Anonymous, 2004 ab).

وساهم الزيولايت المضاف إلى التربة المزيجة ايضاً برفع قيم الكالسيوم الذائب معنوياً من 0.6693 ملي مول لتر⁻¹ في معاملة المقارنة إلى 0.7240، 0.8125، 0.8785، 0.8778، و0.8913% ملي مول لتر⁻¹ عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0 إلى 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1% على التوالي ، ذلك يعني إن إضافة 1% زيولايت إلى التربة قد ساهم في رفع قيمة الكالسيوم الذائب بمقدار الضعف بين معاملة المقارنة ومعاملة 1% زيولايت (0.6693 ملي مول لتر⁻¹ معاملة المقارنة 0% زيولايت و0.8913 ملي مول لتر⁻¹) عند 1% زيولايت. وهذا الفرق في قيم الكالسيوم الذائب والنتائج عن الاختلاف في مستويات الإضافة للمعدن، قد يرجع إلى خصائص المعدن من حيث الإمتزاز والتبادل الكاتيوني وتحسين مسامية التربة وبالتالي زيادة فِدرة التربة على الإحتفاظ بالكاتيونات ، مما حَسّن من خصائص التربة الكيماوية (He وآخرون , 2002).

وبيّن الجدول وجود فروق معنوية بين نوع الترتين في قيم الكالسيوم الذائب إذ كان المتوسط العام للتربة المزيجة الغرينية 0.8089 ملي مول لتر⁻¹ متفوقا على التربة الرملية التي سجّلت متوسط أقل بلغ 0.6676 ملي مول لتر⁻¹، وقد يرجع إلى الفرق في صفات التربة الفيزيائية والكيميائية

كالتهوية والنفاذية والسعة التبادلية الكاتيونية التي تؤثر بصورة مباشرة على إحتفاظ التربة بالعناصر المغذية.

ويبين الجدول أيضاً معنوية التداخل بين نسجة التربة ومستويات المعدن المضاف ذلك يعني إستجابة التربة الرملية والمزيجة الغرينية لإضافة المعدن وتحسين خصائصها الفيزيائية والكيميائية والتي تنعكس بصورة إيجابية على الصفات الخصوبية للتربة.

4-2-9-المغنيسيوم الذائب ملي مول لتر⁻¹:

يلاحظ من جدول 20 وملحق 2 وجود تأثير معنوي لمعدن الزيولايت في رفع قيم المغنيسيوم الذائب في كلا الترتين، مع تفوق التربة المزيجة الغرينية معنوياً على التربة الرملية في متوسط محتواها من المغنيسيوم الذائب. بالإضافة الى وجود تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة ، وعدم وجود تأثير معنوي للمادة العضوية وتداخل بقية العوامل فيما بينها.

أدت عملية خلط زيولايت - تربة رملية إلى إرتفاع متفاوت في قيم المغنيسيوم الذائب بشكل معنوي من 0.4130 ملي مول.لتر⁻¹ في معاملة المقارنة ليصل إلى 0.5188، 0.3765، 0.5008، 0.5613، و 0.4865 ملي مول.لتر⁻¹ عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0.2، 0.4 ، 0.6، 0.8، 1% على التوالي، وقد يُعزى السبب إلى إن معدن الزيولايت يعمل على الإحتفاظ بالكاتيونات داخل فجواته، مما يقلل من رشح المغذيات في التربة الرملية ويزيد من قابلية التربة على الإحتفاظ بها، وبالتالي تحسين نمو النبات (Anonymous, 2004 ab). ويلاحظ إن معاملة 0.8% زيولايت تتفوق على معاملة 0.6% زيولايت، وهذا مؤشر خصوبي للترب الرملية. وساهم الزيولايت المضاف للتربة المزيجة الغرينية أيضاً برفع قيم المغنيسيوم الذائب بشكل متفاوت من 0.4190 ملي مول.لتر⁻¹ في معاملة المقارنة إلى 0.6140، 0.7015، 0.6323، 0.5595

جدول (20) تأثير الزيولايت في المغنيسيوم (ملي مول لتر⁻¹) لتربتي التجربة .

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 0.5298	0.4160	0.4125	0.4120	0.4130	0.2	0
		0.4195	0.4260	0.4130	0.4	
%0.4 0.5272		0.4160	0.4190	0.4130	المعدل	
	0.5664	0.5633	0.6200	0.5065	0.2	0.2
معدل نوع التربة		0.5695	0.6080	0.5310	0.4	
		0.5664	0.6140	0.5188	المعدل	
الرملية 0.4761	0.5390	0.5675	0.7220	0.4130	0.2	0.4
		0.5105	0.6810	0.3400	0.4	
المزيجية الغرينية 0.5809		0.5390	0.7015	0.3765	المعدل	
	0.5665	0.5770	0.6310	0.5230	0.2	0.6
		0.5560	0.6335	0.4785	0.4	
		0.5665	0.6323	0.5008	المعدل	
	0.5604	0.5343	0.5315	0.5370	0.2	0.8
		0.5865	0.5875	0.5855	0.4	
		0.5604	0.5595	0.5613	المعدل	
	0.5228	0.5245	0.5690	0.4800	0.2	1
		0.5210	0.5490	0.4930	0.4	
		0.5228	0.5590	0.4865	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.0273	المادة العضوية N.S	الزيولايت 0.0474	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 0.0668		

، 0.5590 ملي مول.لتر⁻¹ عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0.2 إلى 0.4 ، 0.6 ، 1.0، 0.8 % على التوالي ، ذلك يعني إن إضافة الزيولايت إلى هذه التربة قد ساهم في رفع قيم المغنيسيوم الذائب بمقدار الضعف بين معاملة المقارنة ومعاملة 0.4% زيولايت، والتي قيمها 0.4190 ملي مول.لتر⁻¹ لمعاملة المقارنة 0% زيولايت و 0.7015 ملي مول.لتر⁻¹ عند معاملة 0.4% زيولايت ، وقد يرجع السبب في ذلك إلى إن معدن الزيولايت يُحسّن من خصائص التربة الفيزيوكيميائية عبّر التبادل الأيوني وقُدْرته العالية على الإمتصاص والأطلاق البطيء للمغذيات الكبرى والصغرى اعتمادا على بيئة التربة الكيميائية لأنه عالي الإمتصاصية يحوي على تجاويف كبيرة مملوءة بالماء وجزيئات العناصر (Jakkula, 2005).

ويلاحظ من الجدول وجود تأثير معنوي للإختلاف بين نسجة التربة في صفة المغنيسيوم الذائب، إذ تفوقت التربة المزيجية الغرينية معنوياً بمتوسط بلغ 0.5809 على التربة الرملية بمتوسط 0.4761 ملي مول لتر⁻¹ ، وقد تعزى تلك الفروقات إلى الإختلاف في نسجة التربة ، إذ كان التأثير في التربة المزيجية الغرينية نتيجة الزيادة بالمحتوى الطيني والمادة العضوية والمساحة السطحية أكثر قياسا بالتربة الرملية.

أمّا عن تأثير التداخل بين الزيولايت ونسجة التربة كان معنوياً عند مستوى الاحتمالي 0.05 نتيجة إختلاف إستجابة الترتين الرملية والمزيجية الغرينية في صفة المغنيسيوم الذائب بإختلاف مستويات الإضافة للمعدن.

3-4 صفات النمو الخضري

1-3-4 طول جذر النبات (م)

أظهرت النتائج (جدول 21) وملحق (3) وجود تأثير معنوي لمعدن الزيولايت في صفة طول جذور النباتات (م) إذ يزداد طول الجذور بزيادة مستوى إضافة المعدن في كلا الترتيبين الرملية والمزيجة الغرينية ، وبلغ أعلى متوسط لطول الجذور في التربة الرملية 6.44 و 9.35 م ، عند مستوى إضافة 1% و 0.8% زيولايت على التوالي ملحق 3 (S1 و ، هـ) ، في حين بلغ 29.4 و 26.79 م عند إضافة 0.8% و 1% زيولايت في التربة المزيجة الغرينية ، وإن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت حيث كانت 0.18 م للتربة الرملية و 0.79 م للتربة المزيجة الغرينية ملحق 3 (S1 أ ، ب) يظهر دور المعدن في زيادة طول الجذر في كلا الترتيبين. إن طول جذور النبات يزداد مع زيادة نسبة المعدن المضاف في التربة الرملية، فقد ارتفع من 0.18 إلى 2.01 و 4.82 و 5.87 و 9.35 م عند رفع مستوى المعدن المضاف من 0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8% (ملحق 3 S1 أ ، ب ، ج ، د ، و) على التوالي ، وكذلك زيادة طول جذور النبات النامي في التربة المزيجة الغرينية من 0.79 إلى 6.61 و 10.23 و 16 و 29.4 م (ملحق 3 S2 أ ، ب ، ج ، د ، و) على التوالي عند زيادة المعدن بالمستوى نفسه لها في التربة المزيجة الغرينية. وقد يُعزى سبب ذلك إلى إن خلط الزيولايت مع التربة أدى إلى تحسين إمتصاص النتروجين والفسفور والبوتاسيوم في الجذور لجميع المستويات ، إذ إن الزيولايت هـش يساعد على الإحتفاظ بالماء والمغذيات في منطقة الجذر، ويساعد في تهوية التربة وزيادة سعتها للإحتفاظ بالرطوبة وامتصاص الأيونات المغذية، وجعل التربة مفككة مما يسهل تمدد الجذور (Rabai وآخرون, 2013)، وقد يرجع السبب إلى نشاط الأحياء الدقيقة أيضاً في التربة المعاملة بالزيولايت

والمادة العضوية، مما يؤدي إلى زيادة حيوية التربة وخصوبتها ودورها في نمو جذور النبات، كما إن خلط الزيولايت مع المادة العضوية يعزز اعداد وفعالية الكائنات الدقيقة إذ تتضاعف حوالي 2.5 مرة مقارنة مع التربة الغير معاملة بالزيولايت (Andronikashvili وآخرون, 1999) ، وتترافق هذه التغيرات مع تغيرات في مسامية التربة لاستيعاب هذا الحجم الكبير من الاجسام الميكروبية (Leggo وآخرون, 2006) ، مما يؤثر في تمدد الجذور في التربة. إن طول جذور النبات النامي في التربة المزيجية الغرينية سجلت قيما اعلى قياسا بطول جذور النبات النامي في التربة الرملية وقد يرجع ذلك لإختلاف الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة المزيجية الغرينية.

جدول(21) طول جذور النبات بعد مرحلة الحصاد (م).

متسويات المعدن %		طول الجذور(م)		اعلى عمق للجذر(سم)	
		تربة الرملية	التربة المزيجية الغرينية	تربة الرملية	التربة المزيجية الغرينية
0		0.18	0.79	5	13
0.2		2.01	6.61	27	30
0.4		4.82	10.23	34	38
0.6		5.87	16	46	48
0.8		9.35	29.4	58	61
1		6.44	26.79	54	56

4-3-2 إرتفاع النبات (سم).

يوضح الجدول (22) ملحق (4) تأثير مستوى الزيولايت المضاف للتربة في صفة إرتفاع النبات، وأظهرت النتائج وجود تأثير معنوي للزيولايت في هذه الصفة، وعدم وجود تأثير معنوي للتداخل الثنائي والثلاثي بين كل من الزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة . يزداد إرتفاع النبات بزيادة مستوى إضافة المعدن في كلا الترتين الرملية والمزيجة الغرينية، وبلغ اعلى متوسط لإرتفاع النبات في التربة الرملية 67.03 سم عند مستوى إضافة 0.8% زيولايت و 93.40 سم في التربة المزيجة الغرينية ،إن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% ، زيولايت والذي كان متوسط إرتفاع النبات 30.58 سم للتربة الرملية، و 58.90 سم للتربة المزيجة الغرينية تظهر دور المعدن في زيادة هذه الصفة بنسبة الضعف في التربة الرملية ونسبة 58.75% في التربة المزيجة الغرينية. ويشير الجدول ايضاً إلى زيادة إرتفاع النبات مع زيادة نسبة المعدن المضاف في التربة الرملية ، فقد ارتفع من 30.58 إلى 45.15 و 55.58 و 57.43 و 67.03 سم عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0 إلى 0.2، 0.4، 0.6، 0.8% على التوالي.

قد تعزى تلك الفروقات إلى رفع قُدرة التربة على توفير الرطوبة اللازمة ضمن المنطقة الجذرية خلال موسم النمو عند الزيادة نسبة المعدن المضاف وتأمين الإحتياجات المائية للمحصول ورفع كفاءة اليوريا المضافة للتربة، وتحسين كفاءة إمتصاص النتروجين (الأمونيوم) (Ramesh و Reddy, 2011) ، مما أدى إلى نمو وتطور المحصول ووصوله إلى اقصى إرتفاع، كما أظهرت التربة المزيجة الغرينية إستجابة لمعدل إضافة الزيولايت ، إذ ارتفع معدل إرتفاع النبات من 58.90 سم زيولايت عند معاملة المقارنة إلى 75.00 سم عند إضافة 0.2% من المعدن ثم إلى 93.40 سم عند إضافة 0.8 % زيولايت، إن ميزة معدن الزيولايت في توفير المياه في التربة طيلة فترة النمو الخصري ساعدت في استطالة الساق (Borrel وآخرون , 2000)، كما إن دور معدن

جدول (22) تأثير الزيولايت في إرتفاع النبات(سم) لتربتي التجربة .

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 64.97	44.74	42.35	56.65	28.05	0.2	0
		47.13	61.15	33.10	0.4	
%0.4 67.99		44.74	58.90	30.58	المعدل	
	60.08	58.75	74.25	43.25	0.2	0.2
		61.40	75.75	47.05	0.4	
معدل نوع التربة		60.08	75.00	45.15	المعدل	
الرملية 52.99	69.37	68.23	82.65	53.80	0.2	0.4
		70.50	83.65	57.35	0.4	
المزيجية الغرينية 79.97		69.37	83.15	55.58	المعدل	
	70.78	68.85	82.65	55.05	0.2	0.6
		72.70	85.60	59.80	0.4	
		70.78	84.13	57.43	المعدل	
	80.21	78.60	91.40	65.80	0.2	0.8
		81.83	95.40	68.25	0.4	
		80.21	93.40	67.03	المعدل	
	73.73	73.05	84.35	61.75	0.2	1
		74.40	86.15	62.65	0.4	
		73.73	85.25	62.20	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 1.607	المادة العضوية 1.607	الزيولايت 2.783	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة N.S		

الزيولايت في ابعاد ظروف الإجهاد المائي عن النبات ، قد ساعدت في تحسين نتائج إرتفاع النبات لتأثير الإجهاد المائي على عملية إنقسام الخلايا، وخفض جهد الإنتفاخ ذو الدور الهام في توسيع خلايا النبات (Baroutzadeh وآخرون, 2009) ، فضلا عن ذلك فإن توفير الماء في المنطقة الجذرية يزيد من جاهزية العناصر المغذية في المنطقة الجذرية، وتحسين إمتصاصها(Khan وآخرون, 2008) .

تفوق مستوى المادة العضوية 0.4% معنوياً بمتوسط عام بلغ 67.99 سم على مستوى 0.2% الذي بلغ 64.97 سم. قد يرجع السبب إلى إن إضافة السماد العضوي يؤدي إلى زيادة جاهزية العناصر الغذائية الأساسية للنبات كالفسفور والنتروجين والبوتاسيوم التي تنعكس على مجمل الفعاليات الحيوية للنبات ، والذي كان له دور في زيادة صفة إرتفاع النبات (علي وشاكر 2014). كما إن زيادة نسبة المادة العضوية المضافة إلى الترتين من 0.2% إلى 0.4% قد ساهمت في زيادة إرتفاع النبات في معاملة المقارنة من 28.05 سم إلى 33.10 سم في التربة الرملية ومن 56.65 سم إلى 61.15 سم في التربة المزيجية الغرينية، إلا إن هذا التأثير يتضائل كلما زادت نسبة المعدن المضاف للترتين حتى تكاد إن تتلاشى عند معدل إضافة 1% زيولايت جدول 22 قد يُعزى السبب إلى التأثير الفيزيوكيميائي للمعدن على خصائص التربة من جانب ، والذي قد يفوق تأثير المادة العضوية المضافة للتربة، من جانب آخر إن خلط نسبة من المادة العضوية مع معدن الزيولايت في كلا الترتين قد رفع من صفة إرتفاع النبات من 44.74 سم في معاملة المقارنة إلى 80.21 سم في معاملة 0.8% زيولايت ، وعملية الخلط بين المادة العضوية والزيولايت ودورها في تحسين نمو النبات أشارت إليها دراسات عدّة (Ghazavi , 2015) (Theofanoudis وآخرون, 2015) قد يُعزى السبب في إرتفاع النبات إلى زيادة تكوين الكلوروفيل ، مما يعني زيادة في معدلات إنتاج وتمثيل المادة الجافة ، مما أدى إلى تشجيع النمو ومن ثم زيادة متوسط

إرتفاع النبات (الحيدري , 2003) وإن معدن الزيولايت ساهم في توفير عنصر الأمونيوم الممدص على اسطح المعدن وفي قنواته الداخلية ، مما شجع النمو الخضري وزيادة طول السلاميات وساهم في زيادة إرتفاع النبات أو دوره في نشاط الإنسجة المرستيمية وإنقسام الخلايا (العلوي, 2011).

في حين كان لنسجة التربة تأثير معنوي في صفة إرتفاع النبات ، إذ تفوقت التربة المزيجة معنوياً على التربة الرملية بمتوسط 79.97سم في حين التربة الرملية أعطت متوسط اقل بلغ 52.99سم. وقد يرجع سبب ذلك إلى إن نسجة التربة تختلف في قابليتها على مسك الماء والعناصر الغذائية، مما ينعكس بصورة مباشرة على نمو النبات ، إذ إن التربة الرملية أكثر قابلية لرشح الماء والمواد المغذية منها مقارنة مع التربة المزيجة الغرينية، التأثير الحاصل في التربة المزيجة الغرينية احدث فروقات معنوية في متوسط إرتفاع النبات عند معاملة التربة بنسبة 0.8% معدن زيولايت مقارنة مع المعاملة الأولى ، لكن معدل الزيادة في إرتفاع النبات اقل من معدل الزيادة في التربة الرملية عند مستويات الإضافة المناظرة ، مما يشير إلى تأثير المعدن في التربة الرملية بتحسين جاهزية الماء وموازنة المغذيات بالتربة الرملية أكثر من التربة المزيجة الغرينية إذ إن إرتفاع النبات يعتمد على هذه المغذيات وخاصة النتروجين ، ويساهم المعدن في امتزاز صور النتروجين وإطلاقها ببطء Babaei و Ghorbani (2009) . وإن هذه النتائج تشجع إضافة نسب من المعدن إلى الترب الرملية لتحسين إنتاجيتها ، ونمو محاصيل الحبوب فيها لغرض الإنتاج والاعلاف ، كما إن تحسين نمو الجذور مع زيادة نسبة المعدن المضاف للتربة قد ساهم في زيادة النمو الخضري للنبات وزيادة إرتفاعه.

4-3-3 مساحة ورقة العلم (سم²).

تبيّن نتائج التحليل الاحصائي (جدول 23) ملحق (4)، وجود تأثير معنوي للزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة في صفة المساحة الورقية وعدم وجود تأثير معنوي للتداخل بين هذه العوامل، إذ أدت إضافة مستويات معدن الزيولايت إلى زيادة في الأجزاء الخضرية للنبات ، ولاسيما في المساحة الورقية بشكل يتناسب مع تلك المستويات قياسا إلى معاملة المقارنة ، إذ إن أعلى زيادة كانت في مستوى 0.8% زيولايت للتربة الرملية باعطاء أعلى متوسط بلغ 61.13 سم² وأقل مساحة ورقية تتحقق في مستوى 0% زيولايت التي أعطت أقل متوسط بلغ 10.74 سم² ، في حين تفوق مستوى 1% زيولايت معنوياً بمتوسط 46.34 سم² على مستوى 0.4% زيولايت الذي أعطى متوسط أقل بلغ 36.96 سم²، وتفوق هذا المستوى 0.4 على مستوى 0.2% إذ أعطى متوسط أقل بلغ 27.93 سم² الذي تفوق معنوياً على معاملة المقارنة.

أثرت مستويات الإضافة للمعدن معنوياً على تنمية منطقة الأوراق ، إذ استجابت منطقة الورقة بشكل ايجابي عند إضافة المعدن إلى التربة الرملية ، ويُعزى ذلك لدور المعدن في مسك الماء والعناصر الغذائية والتمثيل الغذائي ، مما أثر بصورة إيجابية في زيادة هذه الصفة ، إذ إن المساحة الورقية تتطور خلال مرحلة النمو الخضري ، وإن النمو الغزير يمكن إن يحصل عليه عند وجود تجهيز جيد من الماء والعناصر الغذائية ، وخصوصاً النتروجين الذي يعمل على زيادة إنقسام الخلايا فيزداد النشاط المرستيمي، مما يؤدي إلى زيادة مساحة ورقة العلم ، ويعمل الفسفور على تكوين النواة والإنقسام الخلوي ، وزيادة المجموع الخضري ، مما يسهم في إمتصاص العناصر ، أمّا البوتاسيوم فيعمل على تقوية الأوراق وتأخير شيخوختها ، وبالتالي زيادة المساحة الورقية (ستانجيف وآخرون، 1990).

جدول (23) تأثير الزيولايت في مساحة ورقة العلم سم² لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 38.03	12.35	10.21	11.40	9.03	0.2	0
		14.48	16.52	12.45	0.4	
%0.4 44.44		12.35	13.96	10.74	المعدل	
معدل نوع التربة	33.63	32.35	38.76	25.94	0.2	0.2
		34.91	39.90	29.93	0.4	
			33.63	39.33	27.93	المعدل
الرملية 37.41	41.87	38.05	44.46	31.64	0.2	0.4
		45.70	49.12	42.28	0.4	
المزيجية الغرينية 45.07		41.87	46.79	36.96	المعدل	
	44.55	41.46	45.87	37.05	0.2	0.6
		47.64	49.69	45.60	0.4	
		44.55	47.78	41.33	المعدل	
	64.91	59.08	59.25	58.90	0.2	0.8
		70.75	78.14	63.36	0.4	
		64.91	68.69	61.13	المعدل	
	50.09	47.03	48.45	45.60	0.2	1
		53.15	59.23	47.07	0.4	
		50.09	53.84	46.34	المعدل	
زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 3.017	المادة العضوية 3.017	الزيولايت 5.225	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة N.S			

كما يلاحظ في الجدول نفسه تفوق مستوى 0.8% زيولايت معنوياً للتربة المزيجية الغرينية على مستويات التربة المزيجية الغرينية والرملية ، وأعطى أعلى متوسط للصفة بلغ 68.69 سم²، يليه مستوى 1% زيولايت بمتوسط 53.84 سم² ، في حين سجل المستويين 0.4% و 0.6% زيولايت متوسطين بلغا 46.79 و 47.78 سم² على التوالي ، ومن دون فروق معنوية بينهما، تفوق مستوى 0.2% زيولايت معنوياً بمتوسط 39.33 سم² على معاملة المقارنة إذ سجلت متوسط اقل بلغ 13.96 سم² ، وقد يرجع سبب زيادة المساحة الورقية بصورة متزامنة مع زيادة مستوى الإضافة للمعدن، إن الزيولايت يزيد من إمتصاص النتروجين والفسفور والحديد والمغنيسيوم ، وبالتالي تتضاعف الخلايا مع زيادة في الإنقسام والاستطالة والتوسع لورقة العلم ، مما يزيد من مساحة الورقة Kavoosi (2007). كما إن النبات النامي في وسط تربة - زيولايت يعطي مجموع جذري متعمق بالتربة مما يزيد من كفاءة إمتصاص المغذيات الضرورية خلال فترة النمو الخضري، وتمثيلها داخل النبات ، و ينعكس ذلك على المساحة الورقية بشكل ملحوظ ، وتتفق هذه النتيجة مع Ghorbani و Babaei (2009) عند إستخدامه معدن الزيولايت لنمو نبات الشعير وأدى ذلك الى زيادة معنوية في صفة المساحة الورقية للنبات.

اظهر مستوى المادة العضوية إختلافاً معنوياً فيما بينها في هذه الصفة ، فقد تفوق مستوى 0.4% مادة عضوية بمتوسط 44.44 سم² ، بينما أعطى مستوى 0.2% مادة عضوية متوسط اقل بلغ 38.03 سم² ، وقد يرجع سبب ذلك إن المادة العضوية تحفز النبات على النمو عن طريق تنشيط إنقسام الخلايا وتحفيز إنزيمات النبات وزيادة عملية البناء الضوئي (علي وشاكر 2014) ، وإن معاملات التسميد مع معدن الزيولايت في كلا الترتيبين قد رفع من صفة المساحة الورقية من 12.35 سم² في معاملة المقارنة إلى 64.91 سم² في معاملة 0.8% زيولايت.

إن مضاعفة نسبة المادة العضوية المضافة للتربة الرملية من 0.2 إلى 0.4% عند مستوى 0% زيولايت أعطى زيادة طفيفة في مساحة ورقة العلم مقارنة مع الزيادة التي حصلت في التربة المزيجة الغرينية والتي إرتفعت من 11.40 إلى 16.52 سم²، إلا إن مضاعفة نسبة المادة العضوية مع زيادة كمية الزيولايت المضاف للتربة الرملية قد أدى إلى حصول قفزة كبيرة في مساحة ورقة العلم إذ إرتفعت من 31.64 سم² في معاملة 0.2% مادة عضوية إلى 42.28 سم² عند رفع مستوى المادة العضوية إلى 0.4% مع 0.4% زيولايت ، واستمرت هذه الزيادة في التربة الرملية إلى إنها حققت مساحة ورقية 63.36 سم² عند 0.4% مادة عضوية و 0.8% زيولايت، مما يشير إلى إستجابة الترب الرملية إلى هذه المستويات وإمكانية تحسين إنتاجها بإضافة خليط الزيولايت مع المادة العضوية.

هذه الحالة تكررت في التربة المزيجة الغرينية رغم إن معدل التغيير بين معاملة وأخرى للمادة العضوية والزيولايت يعطي مؤشراً أقل إلا إنها استجابت بشكل واضح لمعاملة 4% مادة عضوية و 0.8% زيولايت وأعطت مساحة ورقية 78.14 سم².

أمّا فيما يخص نسجة التربة فقد تفوقت التربة المزيجة الغرينية وبمتوسط 45.07 سم² قياساً مع التربة الرملية التي سجلت متوسط أقل بلغ 37.41 سم² ، وقد يرجع السبب إلى إن الترب المزيجة الغرينية أكثر قابلية على الإحتفاظ بالماء والمغذيات من التربة الرملية ، إذ وجدت فروقات معنوية في متوسط المساحة الورقية بين الترتين الرملية والمزيجة الغرينية عند معاملة التربة بنسبة 0.8% زيولايت مقارنة مع المعاملات الأولى لكن معدل الزيادة لها ، أقل من معدل الزيادة في التربة الرملية عند مستويات الإضافة المناظرة لها مما يشير إلى دور المعدن في تحسين خصائص التربة

الفيزيائية ، وموازنة المغذيات في التربة إذ إن المساحة الورقية تعتمد على توفر العناصر الغذائية في المنطقة الجذرية (ستانجيف وآخرون، 1990).

4-3-4 عدد اشطاء نبات¹⁻

تشير النتائج في (جدول 24 ملحق 4) إلى وجود تأثير معنوي للزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة، والتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة في صفة عدد التفرعات مع زيادة مستويات الإضافة للمعدن ، وعدم وجود فروق معنوية لبقية التداخلات فيما بينها ، إذ يزداد عدد الاشطاء معنوياً بزيادة مستوى إضافة المعدن في كلا الترتين الرملية والمزيجة وبلغ أعلى متوسط لعدد الاشطاء في التربة الرملية 5.88 فرع نبات¹⁻ عند مستوى إضافة 0.8% زيولايت و 6.88 اشطاء نبات¹⁻ في التربة المزيجة ، وإن مقارنة القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت 1.00 اشطاء نبات¹⁻ للتربة الرملية و 1.25 اشطاء نبات¹⁻ للتربة المزيجة يبين دور المعدن في زيادة هذه الصفة بنسبة تقارب ستة أضعاف في كلا الترتين ، ويشير الجدول إلى إن زيادة عدد الاشطاء مع زيادة نسبة المعدن المضاف في التربة الرملية ارتفع من 1.00 إلى 2.63 و 3.25 و 4.50 و 5.88 اشطاء. نبات¹⁻ عند رفع مستوى المعدن المضاف من 0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 على التوالي وفي التربة المزيجة إرتفعت من 1.25 إلى 3.25 و 4.25 و 5.13 و 6.88 عند مستويات الإضافة نفسها. ويمكن إن يعود السبب إلى دور النشاط المرستيمي المتأثر بمستوى الزيولايت المضاف ودوره في توفير النتروجين الجاهز ، والذي أدى إلى زيادة إنقسام الخلايا وتوسعها ، مما يؤدي إلى زيادة عدد التفرعات لكل نبات عن طريق نمو براعم الأشطاء وخفض نسبة موتها عند توفير النتروجين الكافي في مرحلة الأستطالة (جدول 16) ، كما إن مستوى النتروجين الجاهز في التربة المزيجة الغربية أعلى من التربة الرملية وقد يكون السبب في زيادة تفرع النبات في التربة

جدول (24) تأثير الزيولايت في عدد الأشرطة لكل نبات لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 3.93	1.13	1.00	1.00	1.00	0.2	0
		1.25	1.50	1.00	0.4	
%0.4 4.34		1.13	1.25	1.00	المعدل	
	2.94	2.75	3.00	2.50	0.2	0.2
		3.13	3.50	2.75	0.4	
معدل نوع التربة		2.94	3.25	2.63	المعدل	
الرملية 3.74	3.75	3.50	4.00	3.00	0.2	0.4
		4.00	4.50	3.50	0.4	
المزيجية الغرينية 4.52		3.75	4.25	3.25	المعدل	
	4.81	4.63	5.00	4.25	0.2	0.6
		5.00	5.25	4.75	0.4	
		4.81	5.13	4.50	المعدل	
	6.38	6.13	6.63	5.63	0.2	0.8
		6.63	7.13	6.13	0.4	
		6.38	6.88	5.88	المعدل	
	5.78	5.56	6.13	5.00	0.2	1
		6.00	6.63	5.38	0.4	
		5.78	6.38	5.19	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.107	المادة العضوية 0.107	الزيولايت 0.184	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 0.259		

المزيجية الغرينية مقارنة بالتربة الرملية ، كما إن معاملة التربة بالزيولايت حَسَّن خصائص التربة الفيزيائية من حيث زيادة المسامية والسعة التبادلية الكاتيونية ، إمتزاز الماء والعناصر الغذائية ، والحد من فقد العناصر الغذائية بالرشح ، وزيادة قابلية التربة على الإحتفاظ بها في منطقة الجذر، ومعالجة مشكلة فقد النتروجين بالرشح ، أو التطاير، وجعل التربة غنية بالنتروجين الجاهز بأستمرار، وهو الذي شجع إنقسام الخلايا وزيادة عدد البراعم الخضرية ، ومن ثم زيادة عدد تفرعات النبات (Dogom و Gili, 2010)

أمَّا عن تأثير المادة العضوية فقد تفوق المستوى 0.4% وبمتوسط بلغ 4.34 بينما أعطى المستوى 0.2% مادة عضوية بمتوسط اقل 3.93 ، ورغم إن مضاعفة نسبة المادة العضوية في معاملة المقارنة لم تظهر فروقات واضحة في عدد الاشطاء لكل نبات الا إن إضافة الزيولايت مع المادة العضوية قد اظهر أهمية نسبتها المضافة إلى التربة، ففي التربة الرملية كان هناك فرق واضح في معاملة 0.8% زيولايت بين نسبة المادة العضوية 0.2% و 0.4% والتي كانت 5.63 و 6.13 نبات¹⁻ على التوالي وهذه الظاهرة تكررت في التربة المزيجية الغرينية ايضاً 6.63 – 7.13 نبات¹⁻، مما يشير إلى دور المادة العضوية مع معدن الزيولايت في تحسين خصائص التربة الرملية والمزيجية ، ووجود فروق معنوية في معاملة المادة العضوية يظهر هذه الأهمية ، وقد يرجع زيادة عدد الاشطاء لنبات الحنطة في كلا الترتين الرملية والمزيجية الغرينية إلى تأثير المخلفات العضوية من خلال تحسين بناء التربة وزيادة قيم الـ(CEC)، وكذلك تُعد مصدر للطاقة من خلال تجهيز الكربون للكائنات الحيّة المحللة للمادة العضوية فضلاً عن إنها تُعد مصدراً للعناصر الغذائية وتقلل من فقدتها بالغسل. كما إن خلط نسب من المادة العضوية مع معدن الزيولايت في كلا الترتين قد رفع من صفة عدد الاشطاء من 1.13 إلى 6.38 نبات¹⁻ (Theofanoudis وآخرون, 2015).

ومن مقارنة بيانات تأثير نسجة التربة للجدول نفسه يتضح تفوق التربة المزيجية معنوياً بمتوسط 4.52 قياساً بالتربة الرملية التي أعطت متوسط اقل بلغ 3.74 ، إذ وجدت فروقات معنوية في متوسط عدد الاشطاء نبات⁻¹ عند معاملة التربة بنسبة 0.8% معدن زيولايت مقارنة مع المعاملة الأولى لكن معدل الزيادة في عدد الاشطاء اقل من معدل الزيادة في التربة الرملية عند مستويات الإضافة المناظرة ، مما يشير إلى التأثير الكبير للمعدن في التربة الرملية عبر تحسين خصائص التربة الفيزيائية ، وزيادة حركة الماء والهواء من وإلى داخل التربة في منطقة الجذور الفعالة ، والذي وفر الظروف المثالية لانقسام النبات (2015,Ghazavi).

كما يوجد تأثير معنوي للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة، نتيجة إختلاف إستجابة عدد الاشطاء لعامل نوع التربة بإختلاف مستويات المعدن المضاف ، مما يشير إلى دور المعدن في تحسين النمو الخضري ، وكثافة النبات عند معاملة التربة بالزيولايت.

4-3-5- قطر النبات (ملم).

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي (جدول 25 وملحق 4) وجود تأثير معنوي للزيولايت في صفة قطر النبات ، وعدم وجود تأثير معنوي للمادة العضوية ونسجة التربة وكذلك التداخلات فيما بينها، إذ يزداد قطر النبات بزيادة مستوى إضافة المعدن في كلا الترتيبين الرملية والمزيجية الغرينية ، وبلغت اعلى قيم لقطر النبات في التربة الرملية 6.15، 6.03 ملم عند مستوى إضافة 0.8% و 1% زيولايت و 7.50، 7.08 ملم في التربة المزيجية الغرينية ، إن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت والتي أعطت متوسطات 2.38 ملم للتربة الرملية و 3.43 ملم للتربة المزيجية الغرينية يظهر دور المعدن في زيادة هذه الصفة.

جدول (25) تأثير الزيولايت في قطر النبات (ملم) لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 5.08	2.90	3.05	3.35	2.75	0.2	0
		2.75	3.50	2.00	0.4	
%0.4 5.26		2.90	3.43	2.38	المعدل	
	4.36	4.13	4.15	4.10	0.2	0.2
		4.60	4.70	4.50	0.4	
معدل نوع التربة		4.36	4.43	4.30	المعدل	
الرملية 4.89	4.78	4.80	5.05	4.55	0.2	0.4
		4.75	4.80	4.70	0.4	
المزيجية الغرينية 5.45		4.78	4.93	4.63	المعدل	
	5.59	5.35	5.05	5.65	0.2	0.6
		5.83	5.65	6.00	0.4	
		5.59	5.35	5.83	المعدل	
	6.83	6.65	7.15	6.15	0.2	0.8
		7.00	7.85	6.15	0.4	
		6.83	7.50	6.15	المعدل	
	6.55	6.50	7.00	6.00	0.2	1
		6.60	7.15	6.05	0.4	
		6.55	7.08	6.03	المعدل	
زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة N.S	المادة العضوية N.S	الزيولايت 0.557	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نوع التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة N.S			

إن زيادة مستوى إضافة المعدن في التربة الرملية زاد من قطر ساق النبات من 2.38 إلى 4.30 و 4.63 و 5.83 و 6.15 ملم عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8 % زيولايت على التوالي ، وقد يرجع سبب الزيادة إلى إن إضافة الزيولايت مع الاسمدة المعدنية يُحسّن من ظروف التربة الغذائية وزيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء والنتروجين الجاهز في منطقة الجذر، وتحسين الخصائص الفيزيائية للتربة المعدنية ذات المساميه، العالية ووفرة الفراغات مما يؤدي إلى تحسين تهوية التربة وإطلاق المغذيات ببطء للنبات بسبب قُدِرَت المعدن العالية على التبادل الكاتيوني ، مما وفر المغذيات والماء بجاهزية عالية طيلة موسم النمو ، وأدى ذلك إلى زيادة قطر الساق (Karami وآخرون، 2011) ، إن زيادة قطر النبات قد تكون صفة مهمة لمقاومة اضطجاع النبات عند تعرضه إلى رياح وأمطار شديدة خصوصاً في مراحل النضج والحصاد.

4-4 صفات الحاصل ومكوناته:

4-4-1 عدد السنابل الخصبة للنبات

تبين نتائج (جدول 26) وملحق (4)، وجود تأثير معنوي للزيولايت وتداخل الزيولايت، ونوع التربة، وعدم وجود تأثير معنوي للتداخلات الأخرى في عدد السنابل لكل نبات ، لوحظ إن عدد السنابل قد ازداد بزيادة مستويات إضافة المعدن في كلا الترتين الرملية والمزيجة الغرينية، وبلغ اعلى متوسط لعدد السنابل الخصبة في التربة الرملية 5.88 سنبله لنبات¹⁻ عند مستوى 0.8% زيولايت و 6.88 سنبله نبات¹⁻ في التربة المزيجة الغرينية وإن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت ، والتي أعطت متوسطات 1.00 سنبله نبات¹⁻ للتربة الرملية و 1.25 سنبله نبات¹⁻ للتربة المزيجة الغرينية تظهر فعالية المعدن في زيادة هذه الصفة في الترتين، حيث يشير الجدول

جدول (26) تأثير الزيولايت في عدد السنايل الخصبة. نبات-1 لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية الغرينية	رملية		
%0.2 3.93	1.13	1.00	1.00	1.00	0.2	0
		1.25	1.50	1.00	0.4	
%0.4 4.34		1.13	1.25	1.00	المعدل	
	2.94	2.75	3.00	2.50	0.2	0.2
3.13		3.50	2.75	0.4		
معدل نوع التربة		2.94	3.25	2.63	المعدل	
الرملية 3.74	3.75	3.50	4.00	3.00	0.2	0.4
		4.00	4.50	3.50	0.4	
المزيجية الغرينية 4.52		3.75	4.25	3.25	المعدل	
	4.81	4.63	5.00	4.25	0.2	0.6
		5.00	5.25	4.75	0.4	
		4.81	5.13	4.50	المعدل	
	6.38	6.13	6.63	5.63	0.2	0.8
		6.63	7.13	6.13	0.4	
		6.38	6.88	5.88	المعدل	
	5.78	5.56	6.13	5.00	0.2	1
		6.00	6.63	5.38	0.4	
		5.78	6.38	5.19	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.107	المادة العضوية 0.107	الزيولايت 0.184	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 0.259		

إلى زيادة في عدد السنابل الخصبة مع زيادة نسبة المعدن المضاف في التربة الرملية فقد ارتفع من 1.00 إلى 2.63 و 3.25 و 4.50 و 5.88 سنبل/نبات¹⁻ عند رفع مستوى المعدن المضاف للتربة من 0 إلى 0.2 و 0.4 و 0.6 و 0.8% على التوالي ، وقد تعزى تلك الفروقات إلى قابلية النبات النامي في وسط تربة - زيولايت على إنتاج أقصى عدد من الاشطاء (جدول 24) ، وإن زيادة عددها ربما زاد من احتمالية الأفرع التي تحمل السنابل لا سيما الأفرع الأقدم في النمو ، الأمر الذي ساهم في زيادة فرصة الحصول على سنابل خصبة ، كما إن خلط معدن الزيولايت مع الاسمدة الكيميائية والعضوية لكلا الترتين حسنَ الخصائص الكيميائية والخصوبية وعزز جاهزية النتروجين ودوره في تنشيط النمو وزيادة المجموع الخضري بشكل عام ومن ثم نمو الأفرع الكليه والحاملة للسنابل وقد أشارت دراسات عدّة إلى دور السماد النتروجيني في زيادة عدد الأفرع ومن ثم زيادة عدد السنابل لكل نبات (الحسيناوي, 2016).

أمّا عن تأثير المادة العضوية فقد تفوق مستوى 0.4% مادة عضوية معنوياً بمتوسط 4.34 سنبل/نبات¹⁻ على مستوى 0.2% مادة عضوية بمتوسط 3.93 سنبل/نبات¹⁻.

قد يكون السبب في زيادة عدد السنابل الخصبة لنبات الحنطة في كلا الترتين إلى الدور الحيوي للمادة العضوية التي توفر الطاقة الإيضية للنبات وتزيد العمليات الحيوية وكمية المغذيات خصوصاً الفسفور والكبريت الجاهز للنبات وتشجع نمو الأحياء المجهرية، بالإضافة إلى دورها الفيزيائي في تحسين ثباتية تجمعات التربة من خلال ربط الدقائق المنفرده وبالتالي تزيد قُدرة التربة على مسك الماء ، وإن خلط نسب من المادة العضوية مع معدن الزيولايت في كلا الترتين قد أثر معنوياً في رفع قيم عدد السنابل الخصبة من 1.13 في معاملة المقارنة إلى 6.38 في معاملة 0.8% زيولايت تتفق هذه النتائج مع (Ghazavi , 2015).

أمّا تأثير نسجة التربة فقد تفوقت التربة المزيجية الغرينية معنوياً بمتوسط 4.52 على التربة الرملية التي سجّلت متوسط اقل 3.74. وحصل التأثير في التربة المزيجية الغرينية بسبب وجود فروقات معنوية في متوسط عدد السنابل الخصبة عند معاملة التربة بنسبة 0.8% زيولايت مقارنة بالمعاملات الأولى ، لكن معدل الزيادة في عدد السنابل الخصبة اقل من معدل الزيادة في التربة الرملية عند مستويات الإضافة المناظرة ، لها مما يشير إلى إستجابة التربة الرملية إلى معدلات إضافة المعدن خصوصاً من 0.4 إلى 0.6 % وإن الزيولايت قلل من فقد المواد الغذائية والنتروجين بالرشح مع الماء ورفع فُدرة التربة الرملية على الإحتفاظ بالرطوبة والمواد المغذية برفع CEC للتربة جدول (15) مع زيادة مستوى معدن الزيولايت المضاف للتربة الرملية.

قد ظهر ذلك من خلال التأثير المعنوي الواضح للتداخل بين العاملين الزيولايت ونوع التربة والذي أدى إلى إختلاف إستجابة عدد الاشطاء لعامل نوع التربة بإختلاف مستويات المعدن المضاف وتفوقت التربة المزيجية الغرينية على التربة الرملية معنوياً في معدل عدد السنابل وقد يُعزى سبب ذلك إلى تحسين الخصائص المائية والغذائية والتهوية للتربة المزيجية الغرينية بمعدلات اعلى من التربة الرملية ، إذ إن التربة الرملية تحتاج إلى مستويات من المعدن ومادة عضوية اعلى من هذه المعدلات لاعطاء إنتاج أفضل.

4-4-2- عدد الحبوب لكل سنبل (حبة سنبل-1).

بيّنت نتائج التحليل الاحصائي وجود تأثير معنوي للزيولايت ونوع التربة، والتداخل بين الزيولايت ونوع التربة على صفة عدد الحبوب للسنبل الواحدة وعدم وجود تأثير معنوي للمادة العضوية وتداخل بقية العوامل فيما بينها، يلاحظ من (جدول 27) زيادة عدد الحبوب لكل سنبل مع زيادة مستوى الإضافة للمعدن في كلا الترتين الرملية والمزيجية الغرينية ، تفوق مستوى 0.8% زيولايت

جدول (27) تأثير الزيولايت في عدد البذور في كل سنبله (حبة سنبله-1) لتربتي التجربة.

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 51.96	%0 22.66	22.88	33.88	11.88	0.2	0
		22.44	29.50	15.38	0.4	
%0.4 52.83		22.66	31.69	13.63	المعدل	
	%0.2 48.09	47.50	52.75	42.25	0.2	0.2
معدل نوع التربة		48.69	53.88	43.50	0.4	
		48.09	53.31	42.88	المعدل	
الرملية 48.94	%0.4 58.72	58.13	60.50	55.75	0.2	0.4
		59.31	61.38	57.25	0.4	
المزيجية الغرينية 55.85		58.72	60.94	56.50	المعدل	
	%0.6 60.69	59.94	61.75	58.13	0.2	0.6
61.44		63.00	59.88	0.4		
		60.69	62.38	59.00	المعدل	
	%0.8 64.19	63.50	65.63	61.38	0.2	0.8
		64.88	66.63	63.13	0.4	
		64.19	66.13	62.25	المعدل	
	%1 60.00	59.81	60.38	59.25	0.2	1
		60.19	60.88	59.50	0.4	
		60.00	60.63	59.38	المعدل	
	زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 0.971	المادة العضوية N.S	الزيولايت 1.680	قيمة اقل فرق معنوي 0.05	
	زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة N.S		مادة عضوية× نوع التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة 0.376		

للترية الرملية معنوياً بمتوسط بلغ 62.25 حبة سنبله¹⁻ على المستويات الأخرى 0.2% و 0.4% و 0.6% و 1% زيولايت بمتوسطات 42.88 و 56.50 و 59.00 و 59.38 حبة سنبله¹⁻ على التوالي.

كما بيّن الجدول نفسه التأثير الإيجابي للمعدن على التربة المزيجية الغرينية، إذ إن زيادة مستويات المعدن أدت إلى زيادة عدد الحبوب بالسنبله الواحدة وبشكل يتناسب مع زيادة تلك المستويات قياساً إلى

معاملة المقارنة ، فقد سجّل مستوى 0.8% زيولايت اعلى متوسط للتربة المزيجية الغرينية بلغ 66.13 حبة سنبله¹⁻ متفوقاً على جميع المستويات المدروسة للتربة الرملية والمزيجية الغرينية ، ويليه المستويات 0.4% و 0.6% و 1% زيولايت بمتوسطات بلغت 60.94 و 62.38 و 60.63 حبة سنبله¹⁻ والذي تفوقت معنوياً على معاملات التربة الرملية نفسها ، في حين سجّل مستوى 0.2% زيولايت للتربة المزيجية الغرينية متوسط بلغ 53.31 حبة سنبله¹⁻، إن مقارنة هذه القيم مع معاملة المقارنة 0% زيولايت 31.63 حبة سنبله¹⁻ للتربة الرملية و 31.69 حبة سنبله¹⁻ للتربة المزيجية الغرينية ، تظهر دور المعدن في زيادة هذه الصفة وقد تعزى تلك الفروقات إلى إن إضافة معدن الزيولايت قد أدى إلى زيادة جاهزية العناصر الغذائية الأساسية النتروجين(جدول 16) والفسفور (جدول 17) والبوتاسيوم (جدول 18) ، مما أدى إلى رفع عدد الحبوب لكل سنبله ، كما إن الزيولايت حسّن النمو الخضري ونشط العمليات الحيوية وأدى إلى فاعلية الكتلة الحيوية في منطقة الرايزوسفير، مما أدى إلى زيادة خصوبة التربة ، وهذا ينعكس على التمثيل الجيد للأوراق ، وبالتالي زيادة عدد الحبوب في السنبله الواحدة في كلا الترتين(الرملية والمزيجية الغرينية) ، وقد يرجع هذا إلى الدور المفيد للمعدن نتيجة الإنتقائية العالية للكاتيونات ،

والإمتزاز داخل تجايف المعدن ، وزيادة قابلية التربة على مسك الماء ، وزيادة الـ(CEC) في الترتين ، وتحسّن الخصائص الفيزيائية للتربة وتتفق هذه النتيجة مع ما وجدته Di Giuseppe وآخرون (2015) عنده إستخدامه معدن الزيولايت على نبات الذرة.

أمّا عن تأثير نسجة التربة ، فقد تفوقت التربة المزيجة الغرينية معنوياً بمتوسط 55.85 حبة سنبلّة¹⁻ على التربة الرملية بمتوسط 48.94 حبة سنبلّة¹⁻، مع تحسين خصائص التربة الفيزيائية قد يرجح تفوق التربة المزيجة الغرينية معنوياً على التربة الرملية في صفة عدد الحبوب ، وإلى قابلية التربة على مسك الماء والمغذيات وثباتية التجمعات، وحجم المسامات إذ إن المسامات ، الصغيرة تعمل كخزان ومصدر للماء والمواد المذابة فيه(Wiedenfled,2003).

كما إن هناك تأثير معنوي واضح للتداخل بين الزيولايت ونسجة التربة نتيجة إختلاف عدد الحبوب بالسنبلة بالنسبة لنوع التربة بإختلاف مستويات الإضافة ، إذ إن الإختلافات في عدد الحبوب سنبلّة ناجمة عن إختلاف مستويات المعدن المضاف للترتين الرملية والمزيجة الغرينية ، وإن التربة المزيجة الغرينية أعطت عدد حبوب لكل سنبلّة اعلى من التربة الرملية ، قد يرجح ذلك بسبب دور المعدن في جاهزية النتروجين والفسفور والبوتاسيوم في التربة المزيجة بتركيز اعلى من التربة الرملية.

4-4-3- وزن 1000 حبة(غم).

يوضح الجدول (28) تأثير نسب الزيولايت المضاف للتربة في وزن 1000 حبة (غم) ، إذ يلاحظ وجود تأثير معنوي للزيولايت في وزن 1000 حبة لكلا الترتين ، ويظهر تأثير معنوي للمادة العضوية المرافقة للمعدن المضاف ، وكانت الفروق معنوية بين نسجة ترب الدراسة مع وجود فروق معنوية للتداخل الثلاثي بين الزيولايت والمادة العضوية ونسجة التربة، إذ بلغ اعلى متوسط

جدول (28) تأثير الزيولايت في وزن 1000 حبة (غم).

معدل المادة العضوية	معدل الزيولايت	المعدل	نسجة التربة		نسبة المادة العضوية (%)	مستوى الزيولايت (%)
			مزيجية غرينية	رملية		
%0.2 29.35	23.49	21.70	21.70	21.70	0.2	0
		25.28	30.30	20.25	0.4	
%0.4 32.42		23.49	26.00	20.98	المعدل	
	33.30	31.41	32.66	30.16	0.2	0.2
معدل نوع التربة		35.19	37.45	32.94	0.4	
		33.30	35.06	31.55	المعدل	
الرملية 28.81	35.32	34.23	36.29	32.17	0.2	0.4
		36.40	39.08	33.73	0.4	
المزيجية غرينية 32.96		35.32	37.69	32.95	المعدل	
	33.74	32.07	35.08	29.06	0.2	0.6
		35.42	37.22	33.62	0.4	
		33.74	36.15	31.34	المعدل	
	28.98	27.61	30.90	24.33	0.2	0.8
		30.34	30.62	30.06	0.4	
		28.98	30.76	27.19	المعدل	
	30.48	29.06	31.11	27.01	0.2	1
		31.91	33.13	30.69	0.4	
		30.48	32.12	28.85	المعدل	
زيولايت× مادة عضوية N.S	نسجة التربة 3.261	المادة العضوية 3.261	الزيولايت 2.0137	قيمة اقل فرق معنوي 0.05		
زيولايت× مادة عضوية× نسجة التربة 5.4875		مادة عضوية× نسجة التربة N.S	زيولايت× نسجة التربة N.S			

لوزن الحبوب في التربة الرملية 32.95 عند مستوى إضافة 0.4% زيولايت ، بينما أعطت معاملة المقارنة متوسط اقل بلغ 20.98 غم ، وقد يُعزى السبب إلى دور الزيولايت في توفير المياه والمواد المغذية للتربة بشكل جاهز للإمتصاص في مراحل النمو كافة وربما تعزى هذه النتيجة إلى دور المعدن في زيادة جاهزية الفسفور جدول (17ملحق 2) ، مما أدى إلى توفر هذا المغذي بشكل أكثر جاهزية للنبات وتشجيع العمليات الإيضية لتكوين البروتينات والكربوهيدرات ، وزيادة نواتج التمثيل المتحركة باتجاه المصب Holten (2002) ، يليه المستويين 0.2% و 0.6% زيولايت بمتوسط بلغ 31.55 و 31.34 غم ، في حين سجل المستويين 0.8% و 1% زيولايت متوسطين 27.19 و 28.85 غم.

وتفوق مستوى 0.4% زيولايت للتربة المزيجية الغرينية بمتوسط 37.69 غم على مستويات الإضافة الأخرى ، يليه المستوى 0.6% زيولايت بمتوسط 36.15 غم ، وبفارق غير معنوي كما إن هذا الوزن يظهر فارق معنوي عن متوسط وزن البذور لنفس المعاملة في التربة الرملية. وقد يرجع سبب الزيادة في المستوى 0.4% زيولايت للتربة الرملية والمزيجية الغرينية إلى إن معدن الزيولايت يوفر النتروجين لمحصول الحبوب في مراحل النمو كافة ، ويزيد إستجابة النبات إلى النتروجين (Jakkula , 2005)، كما إن وزن 1000 حبة مسيطر عليه وراثياً يعتمد على العوامل المناخية التي تؤثر في عملية ملء الحبوب خلال فترة النضج (النعيمة, 2000) ، كما وجد (غايرلي وآخرون , 2015) زيادة في وزن حاصل الحنطة عند مستوى إضافة 1% زيولايت في الموسم الثاني والثالث من موعد الإضافة وبفارق معنوي عن الموسم الأول.

في حين أعطى المستويين 1% و 0.8% زيولايت متوسطين اقل 32.12 و 30.76 غم ، وتوقفا معنوياً على عينة المقارنة التي سجلت اقل متوسط بلغ 26.0 وقد يُعزى سبب الإنخفاض في وزن الحبوب بزيادة جميع مستويات الإضافة للمعدن إلى الزيادة التي حصلت في عدد السنابل وعدد الحبوب /سنبله بزيادة مستوى المعدن المضاف (جدول 26 و 27) ، مما أدى إلى زيادة حالة المنافسة داخل النبات الواحد على نواتج التمثيل الضوئي بسبب قلّة المواد اللازمة لملء مواقع الحبوب ، مما إنعكس سلباً على وزنها.

إن الزيادة في وزن الحبوب يمكن إن تعزى إلى حقيقة إن الترب الغنية بالمغذيات تؤدي إلى زيادة إمتصاص هذه العناصر من قبل النبات ، ومن ثم زيادة الفعالية الإيضية وزيادة سرعة نقل نواتج التمثيل الغذائي ، مما يؤدي إلى زيادة في وزن الحبوب.

أمّا عن تأثير المادة العضوية فقد تفوق المستوى 0.4 % مادة عضوية بمتوسط 32.42 غم، في حين أعطى مستوى 0.2% مادة عضوية بمتوسط اقل 29.35 غم. وقد يرجع سبب ذلك إلى التسميد العضوي الذي يزيد من حركة العناصر الغذائية وكفاءة النبات بالاستفادة منها ، وربما كان السبب في زيادة وزن الف حبة نتيجة تأثير المادة العضوية التي لها دور في جاهزية العناصر الغذائية في التربة اللازمة لنمو النبات من خلال تأثيرها في الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة وتتفق هذه النتيجة مع الكربلائي (1987) ، الذي توصل إلى زيادة حاصل محصولي القمح عند اضافة مخلفات عضوية إلى التربة ، كما إن خلط نسب من المادة العضوية مع معدن الزيولايت في كلا الترتين قد رفع من وزن الحبوب من 23.49 في معاملة المقارنة إلى 35.32 في معاملة 0.4% زيولايت.

في حين أظهرت نتائج نسجة التربة تفوق التربة المزيجة الغرينية معنوياً وبمتوسط بلغ 32.96 على التربة الرملية التي أعطت أقل متوسط بلغ 28.81 غم ، وهذا التأثير حصل في التربة المزيجة الغرينية ، وقد يرجع سبب ذلك إلى إن البناء الجيد للتربة المزيجة ، الذي يُعد من الخواص الفيزيائية المهمة ، والتي لها دور كبير في تحديد إنتاجية الترب الزراعية، فالبناء الجيد يوفر مهد ملائم لبزوغ البادرات ، وتغلغل الجذور والنمو الجيد للنبات ، وبالتالي اعطاء أفضل إنتاج (عمر، 1980).

وجدت فروقات معنوية في متوسط وزن الحبوب عند معاملة التربة بنسبة 0.4% معدن زيولايت للتربة المزيجة الغرينية مقارنة مع المعاملات الأولى، لكن معدل الزيادة في وزن الحبوب أقل من معدل الزيادة في التربة الرملية عند مستويات الإضافة المناظرة لها.

كما يلاحظ في الجدول وجود تأثير معنوي للتداخل الثلاثي بين العوامل زيولايت والتربة والمادة العضوية نتيجة إختلاف إستجابة وزن الحبوب لنسجة التربة والمادة العضوية ، بإختلاف مستويات الإضافة للمعدن.

5- الاستنتاجات والتوصيات

5-1 الاستنتاجات

يمكن استنتاج عدد من النقاط من خلال دراسة وتنفيذ هذا البحث وهي كالآتي:

1- تبين من خلال النتائج المستحصل عليها بأن إضافة معدن الزيولايت إلى التربة الرملية والمزيجة الغرينية قد أدى إلى:

أ- تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة الرملية من خلال زيادة المسامية الكلية ، الماء الجاهز ، إمتصاصية التربة للماء.

ب- خفض قيم الكثافة الظاهرية ، الحقيقية ، الإيصالية المائية المشبعة للتربة الرملية وزيادة معدل الإيصالية المائية المشبعة للتربة المزيجة الغرينية ثم إنخفاضها عند معدل 0.6% زيولايت فما فوق ، وإنخفاض قيم التربة المزيجة الغرينية عند إضافة مستوى 0.6% زيولايت فما فوق.

ج- خفض تجمع الاملاح في التربة ، وزيادة سعتها التبادلية الكاتيونية ورفع جاهزية العناصر الغذائية الأساسية في التربة N الجاهز و P الجاهز و K الجاهز و Ca الذائب و Mg الذائب.

د- أدى إضافة الزيولايت إلى رفع قيم درجة تفاعل التربة إلى قيم قريبة من القلوية.

هـ- زيادة كبيرة في توزيع جذور نبات الحنطة وزيادة في عدد الأفرع والمساحة الورقية وزيادة في وزن 1000 حبة.

2- إن إضافة معدن الزيولايت مع المادة العضوية إلى الترتين أظهرت ما يلي:

أ-زيادة في مؤشرات النمو الخضري ، توزيع الجذور ، مساحة ورقة العلم ، عدد الاشطاء ، إرتفاع النبات مع زيادة مستوى المعدن المضاف للتربة وأعطت نسبة 0.8% (32 طن هكتار⁻¹) أعلى القيم.

ب- زيادة مؤشرات الحاصل ، عدد السنابل ، عدد الحبوب لكل سنبله ، وزن 1000 حبة في كلا الترتين مع زيادة مستوى الإضافة وأعطت المعاملة 0.8% زيولايت أعلى القيم بإستثناء وزن 1000 حبة تفوق مستوى 0.4% زيولايت (16 طن هكتار⁻¹).

5-2 التوصيات

1- يمكن إضافة معدن الزيولايت مع المادة العضوية للتربة الرملية لتحسين خصائصها الخصوبية والمائية بنسبة لاتزيد عن 0.8% وزناً للمعدن (32 طن هكتار⁻¹) مع المادة العضوية المتحللة بمستوى 0.4% وزناً (16 طن هكتار⁻¹).

2- دراسة تأثير الزيولايت على محاصيل الخضر واشجار الفاكهه حقليا لترب مختلفة النسجة.

3- دراسة إمكانية إستخدام معدن الزيولايت لتقليل متطلبات الري للمحاصيل لقدرة الزيولايت على مسك الماء وزيادة جاهزيته في الترب مختلفة النسجة لغرض تقليل أثار الشحة المائية .

4- ضرورة إجراء دراسات على إمكانية إستخدام المعدن في تنقية المياه ومعالجة تلوث التربة والمياه ولأغراض زراعية اخرى.

6- المصادر

6-1 المصادر العربية

جبار، هديل عامر. 2013. دور المادة العضوية في ثباتية تجمعات التربة، رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

الحسيناوي، كرار فالج. 2016. تأثير زراعة الماش (*Vigna radiate* L.) غير الملقح والملقح ببكتريا *R. Leguminosrum* في إنتاجية أربعة أصناف من الحنطة (*Triticum aestivum* L.) التي تعقبه. رسالة ماجستير - كلية الزراعة-جامعة المثنى.

الحيدري: هناء خضير كربلائي. 2003. تأثير مواعيد إضافة مستويات من النتروجين ومعدلات بذار في صفات نمو وحاصل ونوعية حنطة الخبز *Triticum aestivum* L. اطروحة دكتوراه - كلية الزراعة-جامعة بغداد.

الخضر، أريج . 2012. تأثير إضافة الجبس والزيوليت والسماذ العضوي على نوعين من الترب المتأثرة بالملوحة والقلوية وعلى إنتاجية بعض المحاصيل العلفية في ظروف محافظة در الزور.. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة-جامعة الفرات سوريا.

الخطيب ، بسام الدين الخطيب هشام . 2000. تطوير قياس إمتصاصية التربة مختبريا وعلاقتها بالغيض الأفقي والحقلي. رسالة ماجستير. قسم التربة وعلوم المياه . كلية الزراعة . جامعة الإنبار.

داود، ريم فرج سلمان 1996. تأثير المحسّنات على الصفات الفيزيائية للتربة ذات الاحجام المختلفة والإستهلاك المائي للذرة الصفراء.رسالة ماجستير، كلية الزراعة ، جامعة البصرة.

الراوي، خاشع محمود وعبد العزيز محمد خلف الله. 1980. تصميم وتحليل التجارب الزراعية. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل.

ستانجيف، ل . ف، فليجل، س. كوريا نوف، ز. تانيف (1990) الكيمياء الزراعية (مترجم) ترجمة نديم ميغا و خليل وحمد علي، مطبعة التعليم العالي جامعة الموصل، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - العراق.

العلوي، حسن حياوي مصطفى. 2011. أثر مصدر ومستويات النتروجين في الحنطة *Triticum aestivum* L. وبعض صفات التربة الكيميائية .. مجلة ديالى للعلوم الزراعية 3 (1) : 73-82.

علي نور الدين شوقي وشاكر، عبد الوهاب عبد الرزاق. 2014. مادة التربة والتسميد العضوي ودورهما في الزراعة المستدامة . قسم مكافحة التصحر . كلية الزراعة . جامعة بغداد. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

عمر، فتاح علي. 1980. تأثير الأحياء الدقيقة على المخلفات العضوية ، الكلوكوز والنتروجين على تكوين وثباتية تجمعات التربة في الماء. رسالة ماجستير - كلية الزراعة - جامعة الموصل.

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).

الكربلائي، فاضل صافي . 1987 . دراسة بعض الخواص الكيميائية لعدد من الاسمدة العضوية وعلاقتها بإنتاج النبات . رسالة ماجستير . كلية الزراعة - جامعة بغداد.

النعمي،سعد الله نجم عبدالله،2000،مبادئ تغذية النبات (مترجم) تأليف مينكل وكيريبي .. جامعة
الموصل العراق.

2-6 المصادر الأجنبية

- Abd Wahid, Norashikin .2012. Effect of Lime – Zeolite on Strength of Artificial Organic Soil at 500C.Master Thesis University Teknologim ALaysia.
- Abdi, G. H., Khui, M. K., and Eshghi, S. 2006. Effects on natural zeolite on growth and flowering on strawberry. International Journal of Agricultural Research, 1, 384-389.
- Afrous, A., Goudarzi S. 2015. The effect of different types of zeolite on drain water volume and nitrate leaching under tomato cultivated. Journal of Scientific Research and Development 2 (1): 56-58.
- Ahmed, OH. Aminuddin. H; Husni MHA. 2006. Reducing Ammonia loss from urea and improving soil-exchangeable ammonium retention through mixing triple superphosphate, humic acid and zeolite. Soil Use Manage. 22:315-319.
- Ajrloo, G. S, Jadid. A. P; Nasirtabrizi. M. H, Mansoor. S. R. 2013. Effect of zeolite application on soil purification and some chemical properties of soil (case study). Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 3 (11): 970-974.
- Al -Ani, A. N. and Dudas M. 1988. Influence of Calcium Carbonate on mean Weight diameter of soil .soil and Tillage Research.
- Al-Busaidi, A., Yamamoto .T., Inoue .M, A. E. Eneji., Y. Mori, and M. Irshad. 2008. Effects of zeolite on soil nutrients and growth of barley following irrigation with saline water. J. Plant Nutr. 31:1159Y1173.

- Andronikashvili, T., Tsitsishvili .G., Kardava .M., Gamisonia M. 1999. The effect of organic-zeolite fertilizers on microbial landscape of soil. *Izv Acad Sci Georgia*: T 25(3–4):243 – 52.
- Anonymous, 2004 a. Zeolite. <http://www.enlimining.net>
- Anonymous, 2004b. Manufacture of slow release fertilizers and soil amendment. <http://www.zeolite.co.uk/agricandhort.htm>
- Burriesci N., ValenteS ., Ottana.
- Attari, Mahshid. 2015. Mercury Removal from Aqueous Solution Using Natural, Synthetic, and Modified Zeolites. Master Thesis University of Western Ontario.
- Auerswald, K .1995. Percolation Stability of aggregates from arable top soils. *Soils Sci* .159:142 – 148.
- Azarpour, E., Motamed .M, Moraditochae .M., Bozorgi .H .2011. Effects of Zeolite Application and Nitrogen Fertilization on Yield Components of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *World Applied Sciences Journal* 14 (5): 687-692.
- Badillo-Almaraz, Trocellier.p; Davila-Rangel .I.2003. Adsorption of aqueous Zn (II) species on synthetic zeolites. Volume 210 , Pages 424-428.
- Bagdasarov,VR., Kazachenko, A.A., Rustambekov, MK., Uspenskij ,BG., Kuznetsova ,VV., Efremov EN. 2004. Prolonged-activity nitrogen-zeolite fertilizer, Russia.
- Bansiwal, A. K., Rayalu S. S, Labhasetwar N. K; Juwarkar A. A, and Devotta S. 2006. Surfactant-modified zeolite as a slow release

fertilizer for phosphorus. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, 4773_4779.

Baroutzadeh ,M., Ay eneband, A., and M.Alavifazel .2009. The Study Water deficit Strell and Plant density levels on yield and Morphological traits of Maize. Proceedings of Ird National Conference of water Cvisis in Agriculture. Islamic Azad University, Sharevey Branch Iran.

Behzadfar, M., Sadeghi, S., Khanjani, M .2017. Effects of rates and time of zeolite application on controlling runoff generation and soil loss from a soil subjected to a freeze-thaw cycle. International Soil and Water Conservation Research. 5:95–101.

Bernardi, A.C.C., Werneck, C.G., Haim, P.G., Rezende, N.G.A.M., Paiva P.R.P, Monte M.B.M. 2008. Crescimento e nutrição mineral do porta-enxertolimoeiro ‘Cravo’ cultivadoemsubstrato com zeólitaenriquecida com NPK. R. Bras. Frutic., 30:794-800.

Bernardi, A.C.C., Mendonca, F.C., Werneck ,P.G., Haim, G., and Monte ,M.B.M . 2009. Disponibilidade de água e produção de arroz em., função das doses de concentrado zeolítico. Irriga, 14: 123-134.

Bernardi, A.C.D.C., Mota E.P.D., Souza, S.D.CH.D., Cardodo, R.D., Oliviera P.P.A .2010. Ammonia volatilization, dry matter yield and nitrogen levels of Italian ryegrass fertilized with urea and zeolite. 19th World Congress of Soil Science, Soil solutions for a changing world. August, 1-6, Australia. Beta”, Journal of Physical Chemistry: 96, p: 3807-3811.

- Bernardi, A.C.D.C., Souza, G.B., Polidoro, J.C., Renato, P., Paiva, P., Monte, M. 2011. Yield, quality components, and nitrogen levels of silage corn fertilized with urea and zeolite. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42: 1266–1275.
- Bish, D.L and MING, D.W.2001. Natural zeolites: occurrence, properties, applications. Mineralogical Society of America, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 45, Washington, USA. 654 pp.
- Black, C. A., D .D Evans. J.L.Whit., L E. Ensminger and F.E Clark.1965. *Methods of soils analysis*. Amer.Soc.of Agro. Inc.USA.
- Borrel, A.K., Hammev, G.L. and Henzel, R.G. 2000. Does maintaining green leat avea in sorghum yield Water drough. III – Dny Matter production and yield Grop Sci.40:1037– 1048.
- Bourgeat-Lami, E., Di Renzo, F., Fajula, F., Mutin, P. H., Des Courieres, T. 1992. “Mechanism of the Thermal Decomposition of Tetraethylammonium in Zeolite Beta”, *Journal of Physical Chemistry*, 96, p. 3807-3811.
- Bozorgi, H., Bidarigh, S., Azarpour, E., Danesh, R., Moraditochae. M. 2012. Effects of Natural Zeolite Application under Foliar Spraying with Humic Acid on Yield and Yield Components of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Vol., 4 (20), 1485-1488.
- Brady, C and Weils R.R 1999 *Nature and Properties of soil Twelfth Edition*, Prentice Hall, New Delhi pp 74 –114.
- Brady, N.C. and Weil, R.R., 2002. The nature and properties of soils, 13th. *Pearson education (Singapore) Pte. Ltd. Indian Branch*, 482, pp.621-624

- Brannvall, E. 2007. Improvement of storm water runoff treatment system with natural mineral. *Geologija*. 2007. No.59. P. 72–76.
- Briggs, K.G and A.Aytnfisu.1980.Relationships between morphological characters above the flag leaf node grain yield in spring wheat. *Crop Sci*.20:350-354.
- Cabanilla, C, Canillas, N., Molinos, J., Palmes L. 2016. Effects of pH, Initial Nitrate Concentration Concentration and Zeolite Loading on the Removal of Nitrates from Synthetic Wastewater Using Rice Husk –Derived Zeolite. <https://www.researchgate.net/publication/293178629>
- Cairo ,C.P., Joaquin, M.D., Pedro T.A, Bladimir. D.M., Ratael J. C and Oralia. R.L. 2017. Effects of Zeolite and organic fertilizers on soil quality and yield of Sugarcane .*Australian Journal of Crop Science*.11 (06):733-738.
- Chander, K., Joergensen R. G. 2002. Decomposition of ¹⁴C labelled glucose in a Pb-contaminated soil remediated with synthetic zeolite and other amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 643_649.
- Chuprova ,V. V., Ul'yanova ,O. A & Kulebakin V. G. 2004. The effect of bark-zeolites fertilizers on mobile humus substances of Chernozem and on biological productivity of corn. Poster presented at soil properties and processes. EURO SOIL 4_12. (Freiburg, Germany).
- Demirbas GÜNEŞ. 2009. Stabilization of Expansive Soils Using bigadic Zeolite. Master Thesis. Middle East Technical University.

- Di Giuseppe, D., Faccini, B., Melchior, M., Ferretti, G., Coltorti, M., Ciuffreda, G.; Zago A, Pepi S. 2015. Yield and Quality of Maize Aize Grown on A Loamy Soil Amended with Natural Chabazite Zeolite. *Environmetal guality*. 17, 35-45.
- Dogom, R and U.B.Gili. 2010. Effects of Previons crop and N- fertilization on seed Yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Van-fed Mediterranean Condition .*Bulg .J. Agri.Sci*, 16(6):733-739.
- Erdem, E., N. Karapinar and R. Donat, 2004. The removal of heavy metal cations by Natural zeolites. *J. Colloid Interface Sci.*, 280: 309–314.
- Ersin, P. K., Mehmet. Halil .S and A.O. Naci 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 12:183-189 .
- Falkon, P. Diatta. J.B ;Grzebisz .W. 2009. Spring tritcale reaction to simulated water deficit and zeolite. In: *Proc.of the 14th Int. Symposium on Tropentage*, September 13-14, Bern, Swaziland 205-209.
- Fedosov, D.A., A.V. Smirnov, E.E. Knyazeva, I.I. Ivanova .2011. Zeolite Membranes: Synthesis, Properties, and Applications, *Petroleum Chemistry* 51: 657-667.
- Ge, G., Li, Z., Fan. F, Chu. G, Hou. Z and Liang , Y. 2010. Soil biological activity and their seasonal variations in response to long-term applications of organic and inorganic fertilizers. *Pl. Soil*. 326: 31-44.

- Georgiev, D. 2009. Synthetic Zeolites – Structure, Classification, Current trends in zeolite synthesis Review. Bulgaria International Science Conference.
- Ghazavi, R. 2015. The application effects of natural zeolite on soil runoff, soil drainage and some chemical soil properties in arid land area. International Journal of Innovation and Applied Studies, 13 No. 1, 172-177.
- Ghorbani, H and A. Agha Babaei. 2009. The Effects of Natural Zeolite on Ions Adsorption and Reducing Solution Electrical Conductivity I) Na and K Solutions International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey.p: 947-955.
- Hadi, G and Ali, A.B. 2008. The effects of natural Zeolite on ions adsorption and reducing solution electrical conductivity. I Na and K Solutions. International Meeting on soil fertility and Management and Agroclimatology. Turkey P: 947-955.
- Hassan, A.Z.A., Mahmoud, A. M. 2013. The combined effect of bentonite and natural zeolite on sandy soil properties and productivity of some crops. Topclass Journal of Agricultural Research, 1(3). 22-28.
- He, Z.L., Calvert, D.V., Alva, A.K., Li, Y.C. and Banks, D.J., 2002. Clinoptilolite zeolite and cellulose amendments to reduce ammonia volatilization in a calcareous sandy soil. *Plant and Soil*, 247(2), pp.253-260.
- Hernández, M.A. Adsorption 6 (2000) 33
- Hesse, P.R. 1971. A Textbook of Soil Chemical Analysis. John Murray. London.
- Hillel, D. 1980. Fundamentals of soil physics. Academic press. New York.

- Holten ,J.M .2002. Phosphorous uptake in six selected Scandinavian Wheat and barely Cultivars at low soil phosphorus availability as related to root hair length .MSc. Thesis. Agro ecology Department of Soil and Water Sciences .Agricultural University of Norway. <http://www.diagnose-me.com/Cond/C212360.html> 163.
- Hua, Q. X., Zhou, J. M., Wang, H. Y., Du. C. W., Chen, X. Q., & Li, J. Y. (2006). Effects of modified clinoptilolite on phosphorus mobilization and Potassium or ammonium release in Ferrosols. Australian Journal of Soil Research, 44, 285_290.
- Ippolito, J. A., Tarkalson, D. D., Lehrs, G. A. 2011. Zeolite Soil Application Method Affects Inorganic Nitrogen, Moisture, and Corn Growth. Soil Science, 176: 136Y142.
- Islam, MR., Ren, C., Zeng, Z., Jia, P., Eneji, E., Hu ,Y., 2011. Fertilizer use efficiency of drought-stressed oat (*Avena sativa* L.) Following soil amendment with a water saving superabsorbent polymer. Acta agriculture Scandinavia Section B- Soil and plant Science 61, 721-729.
- Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis Prentic Hall. Inc. Englewood Cliffs, N. J. USA. P: 558.
- Jackson, M.L; 1973. Soil Chemical Analysis Englewood N. J. prenticaints Nall. Inc.
- Jakkula, S .V.2005. Synthesis of zeolites and their application as soil amendments to increase crop yield and potentially act as controlled release fertilizers thesis presented for the degree of Doctor, University of Wolverhampton.

- Kamarudin, K. S., Hamdan, H., and Mat, H. 2003. Methane adsorption characteristic dependency on zeolite structures and properties. Paper presented at The 17th Symposium of Malaysian Chemical Engineers, Copthorne Orchid Hotel, Penang, 29_30 December.
- Karami, A.; A. Mohammadi Torkashvand, A., Mahboub Khomami .2011. The effect of medium containing zeolite and nutrient solution on the growth of *Dieffenbachia Amoena*. *Annals of Biological Research*. 2(6):378-383.
- Kavoosi, M., Rahimi, M., 2000. The effect of zeolite application on rice yield in both light and heavy soils. Ministry of Agriculture. Agricultural Education Research Organization. National Rice Research Institute.
- Kavoosi, M. 2007. Effects of zeolite application on rice yield in both light and heavy soils, nitrogen recovery and nitrogen use efficiency. *Communication in Soil Science and Plant. Analysis*, 38, 69_76.
- Khan, H., Khan, A. Z., Khan, R., Matsue, N., & Henmi, T. 2008. Zeolite application affects vegetative phenology of determinate and indeterminate soybean grown on Allophanic soil. *International Journal of Agricultural Research*, 3 (2), 148_154.
- Kocakuşak ,S., Savaşcı, Ö ., TveAyok,T. 2001. Doğal Zeolitler ve Uygulama Alanları. TÜBİTAKMAM, Malzemeve Kimya Tek. Arş. Enst., Rapor No: KM 362, Proje No: 5015202, P.K.21, Gebze. 41
- Korkunna ,O., Leboda, R., Skubiszewska-Zieba, J., rublevs_ka. T, Gun_ko. V.M., Ryczkowski. J. 2006. Structural and physicochemical properties of natural zeolites: clinoptilolite and

mordenite. Microporous and Mesoporous Materials 87: 243–254.

Kulasekaran, R. K.B .,Ashis, S. Jayaraman and S. R Annangi. 2010. Nanoporous zeolites in farming: current status and issues. Current science vol.99,No6,25 september.

Kumar, P., Jadhav, P. D., Rayalu, S. S., Devotta, S. 2007. Surface-modified zeolite —A for sequestration of arsenic and chromium anions. Current science, 92, 512.

Lal, R: 2015. Restorring Soil quality to Mitigale Soil degraclation. Sustain ability.7:5875 – 5895.

Latifah. O, Ahmed, O. H., Muhamad,, A. M.2011. Reducing ammonia loss from urea and improving soil exchangeable ammonium and available nitrate in non waterlogged soils through mixing zeolite and sago (*Metroxylon sagu*) waste water. International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(4), pp. 866-870.

Latip, B. A. B. Nik Muhamad, H. A., Osumanu, J., Make. and R.K. Franklin (2011). Ammonia olatilization from urea at different levels of Zeolite. International Journal of the Physical Sciences. 6(34): 7717 – 7720.

Leggo, PJ. 2000. An investigation of plant growth in an organozeolitic substrate and its ecological significance. Plant Soil, 219:135-146.

Leggo, PJ., Ledesert ,B., Christie, G., 2006. The role of clinoptilolite in organo-zeolitic-soil system used for phytoremediation. Science of the Total Environment 363, 1-10.

- Lin, C. F., Lo, S. S., Lin, H. Y. 1998. Stabilization of cadmium contaminated soils using synthesized zeolite. *Journal of Hazardous Materials* 60: 217–226.
- Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA Soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil. Sci. Soc. Amer. J.*, 42:421–428 (C.F.Amadi, T.H.1989. Micronutrients in Agriculture. University of Baghdad. PP: 386. (In Arabic).
- Magnoux, P., Lemos, F.2012. Characterization by model reactions of modified EUO and MWW zeolites. These Docteur De L'Université De Poitiers <<http://theses.univ-poitiers.fr>>
- Manolov, I., 2000. Recultivation of zeolite substrates, *Bulg. J. Agric. Sci.*, 6: 33-38.
- Manolov, I., Antonov, D., Stoilov, G., Tsareva, I., Baev, M.2005. Jordanian Zeolitic Eolitic Tuff as A Raw Material for the Preparation of Substrates used for Plant Growth *Journal of Central European Agriculture* Vol 6, No 4 (485-494).
- Mao, S., Islam, MR., HU, Y., Qian, X., Chen, F., Xue, X. 2011. Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in Maize (*Zea mays* L.) following soil application of super absorbent polymer at different fertilizer regimes. *African Journal of Biotechnology* 10(49), 1000-1008.
- María-Ramírez, A., E. S. Osuna-Ceja., A. Limón-Ortega .2011. Two sources of zeolite as substitutes of nitrogen fertilizer for wheat (*Triticum aestivum*) production in Tlaxcala, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13: 533 – 536.

- Milla'n, G., Agosto, F., Va'zquez, M., Botto, L., Lombardi, L., & Juan, L. 2008. Use of clinoptilolite as a carrier for nitrogen fertilizers in soils of the Pampean regions of Argentina. *Ciencia e Investigacio'n Agraria*, 35, 245_254.
- Milosevic, T., Milosevic N .2009. The effect of zeolite, organic and inorganic fertilizers on soil chemical properties, growth and biomass yield of apple trees. *Plant Soil Environ.*,55 (12): 528–535.
- Mohamed, R.M., Mkhaliid, I.A., and Bakarar, M.A. 2015.Rice husk ash as a renewable source for the production of zeolite NaY and its characterization.*Arabian Journal of Chemistry*.8:1.58-53. Date Retrieved on 13 November 2015. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535212003048>.
- Najafinezhad, H., Sarvestani, Z., Mohammad, S., Sanavy, M., Naghavi, H. 2014. Effect of irrigation regimes and application of barley residue zeolite and superabsorbent polymer on forage yield, cadmium nitrogen and some physiological traits of corn and sorghum. *International Journal of Biosciences*. Vol. 5, No. 3, p. 234-245.
- Naseri, M., Khalatbari, M., Paknejad F. 2012. Evaluate the effect of different ranges zeolite consuming on yield and yield component and physiological characteristics of grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Var. Kimiya under water deficit stress. *Annals of Biological Research* 3 (7), 3547-3550.
- Nesterenko, V. P. 2007. Use of ion-exchange composites based on natural zeolites for cleaning of water solutions with purpose to create

environmentally safe technologies. In: Proceedings of the European Congress of Chemical Engineering (ECCE-6), Copenhagen, 16_20 September.

Nozari , R., Moghadam, H., Zahedi ,H. 2013. Effect of cattle manure and zeolite applications on physiological and biochemical changes in soybean (*Glycine max* L. Merr.) grown under water deficit stress. <https://www.researchgate.net/publication/281347037> .

Ok, C. H., Anderson, S. H., and Ervin, E. H. 2003. Amendments and construction systems for improving the performance of sand-based Putting greens. Agronomy Journal, 95, 1583_1590.

Page, A. L., Miller, R. H. and D. R. Keeney .1982. Methods of soil analysis. Part (2). 2nd. ed. Madison, Wisconsin, USA; PP: 1159.

Palanivel, P., Ahmed, O., Susilawati, K., Majid, N. 2015. Mitigating Ammonia Volatilization from Urea in Waterlogged Condition Using Clinoptilolite Zeolite. International Journal of Agriculture & Biology. 17: 149_155.

Peskov, M. (n.d).Zeolites.Retrieved on 10 November 2015.Retrieved from<http://www.asdn.net/asdn/chemistry/zeolites.shtml>.

Pisarovic, A., Filipan, T. and Tisma, S.2003. Application of zeolite based special substrates in agriculture-ecological and economical justification. Periodicum Biologorum 105(3): 287-293.

Polat, E., Karaca ,M., Demir, H., Naci Onus, A. 2004 Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. Fruit and Ornamental Plant Research 12, 183-189.

- Rabai, K, Ahmed, O.H., Kasim S.2013. Use of formulated nitrogen, phosphorus, and potassium compound fertilizer using clinoptilolite zeolite in maize (*Zea mays* L.) cultivation. *Emir. J. Food Agric.* 25 (9): 713-722.
- Rad, A.H., Bitarafan, Z., Dehshiri A.2013. Application of super absorbent polymers with nitrogen fertilizer in rapeseed (*Brassica napus* L.) production under Different Irrigation Regimes. *Indian Journal of Agricultural*, 47(3):220-225.
- Ramesh, K., Reddy, D .2011. Zeolites and Their Potential Uses In Agriculture. 10.1016/B978-0-12-386473-4.00004-X.
- Ramesh, K., Biswas, A. K., Patra, A. K. 2015. Zeolitic farming. *Indian Journal of Agronomy* 60 (2): 185__191.
- Rehakova, M., Cuvanova, S., Dzivak, M., Rimarand, J., & Gavalova, Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Soil State and Materials Science*, 8, 397_404.
- Richards, L. A .1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali soils. USDA hand book No (60).
- Sangeetha, C.and Baskar, P.2016.Zeolite and its Potential uses in agriculture: A cvtical review. *Agriculture Research Communication centre, Agriculture Review*: 37(2)101-108.
- Saralidze–As, R.D.Bakntadze. 1989. Optimization of physical properties of substrate in transitional rotation. *Soviet agricultural sciences (USA)*.
- Sartbaeva, A., Wells, S. A., Treacy, M. M. J. Thorpe, M. F. 2006. *Nature Mater.* 5,(12) 962–965.

- Sepaskhah, A.R., Yoesefi, F., 2007. Effects of zeolite application on nitrate and ammonium retention Of a loamy soil under saturated conditions, *Australian journal of soil research*. 45(5):368-373.
- Sharadqah, S.I. and Al-Dwairi, R.A. 2010. Control of odorants emissions from poultry manure using Jordanian natural zeolites. *Jordan Journal of Civil Engineering* 4(4): 378–88.
- Stapleton, E. R. 2013. Development of Green Solvent Modified Zeolite (GSMZ) For The Removal of Chemical Contaminants from water. Master Thesis, of Wisconsin-Milwaukee.
- Sulakhudin, Syukur. A., Sunarminto. B. H. 2011. Zeolite and Hualcia as Coating Material for Improving Quality of NPK Fertilizer in Costal Sandy Soil. *Trop Soils*, 16, No. 2, 2011: 99-106.
- Supapron ,J., Pitayakon, L.,Kamalapa ,W., Touchamon, P.2002.Effect of Zeolite and chemical fertilizer on the change of physical and chemical properties on Lat Ya soil series for sugar Gane.*WCSS*,14(21):1-7.
- Tamer, N.H., 2006. Synthesis and characterization of zeolite Beta. *Middle East Technical University*.
- Theofanoudis,S., Petropoulos, S., Antoniadis.V.2015. The Effect of Manure, Zeolite and Mineral Fertilizer on the Yield and Mineral Composition of Cauliflower. University of Thessaly, Department of Agriculture, Crop Production and Rural Environment
<https://www.researchgate.net/publication/284731531>.

- Torma, S., Vilcek, J., Adamisin, P., Huttmanova, E., Hronec, O. 2014. Influence of natural zeolite on nitrogen dynamics in soil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 739-744: 38.
- Truc, M., Yoshida, M. 2011. Effect of Zeolite on the Decomposition Resistance of Organic Matter in Tropical Soils under Global Warming. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* 5(11).664-668.
- Vilcek, J., Torma, S., Adamisin, P., Hronec, O. 2013. Nitrogen Sorption and Its Release in the Soil after Zeolite Application. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (No 2), 228-234.
- Watanabe, F.S. and S.R. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO_3 extracts from soil. *Soil Science Society of America Proceedings*; 29: 677 – 678.
- Wiedenfeld, B. 2003. Zeolite as a soil amendment for vegetable production in the Lower Rio Grande Valley. *Subtropical Plant Science*, 55, 7_10.
- Wiersma, D. W., E. S. Oplinger, and Guy, S.O. 1986. Environment and cultivar effect on Winter Wheat response to ethephon plant growth regulator. *Agron .J.* 78:761– 764.
- Woodford, C. 2009. Zeolites. Retrieved on 28 September 2015. Retrieved from <http://www.explainthatstuff.com/zeolites.html>.
- Wul and Liu ,M. 2008. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. *Carbohydrate Polymers* 72: 240-247.

- Xiubin, H. and H. Zhanbin. 2001. Zeolite application for enhancing infiltration and retention in loess soil. *Resource, Conservation and Recycling* 34 (3): 45-52.
- Youker, R.E. and L. Mc Guinness. 1956. Ashort method of obtaining mean weight diameter values of aggregate analysis of soils.
- Yunus, W. Z., Ibrahim, N.A., Zargar, M., Ahmad, M.B and Shamel, K .2011. Fabrication of silver nanoparticles doped in the zeolite framework and antibacterial activity. » *International Journal of Nanomedicine* » Volume 6.
- Zahedi, H., Rad, A., Moghadam, H., 2011. Effects of Zeolite and Selenium Applications on some Agronomic Traits of Three Canola Cultivars under Drought Stress. *Agropec*, v. 41 n. 2, p. 179-185.

ملحق (1) متوسطات المربعات لصفات الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية والمسامية والإمتصاصية والتوصيل الهيدروليكي والماء الجاهز.

متوسطات المربعات MS						درجات الحرية	مصادر الاختلاف
الماء الجاهز	التوصيل الهيدروليكي	الإمتصاصية	المسامية	الكثافة الحقيقية	الكثافة الظاهرية	df	S.O.V
12811.868	.601	25.892	136922.95	213.785	51.626	1	المكررات
5.069*	.013*	.153*	384.734*	.440*	.776*	5	الزيولايت
23.492*	.006*	.208*	11.375 ^{N.S}	.006 ^{N.S}	.007 ^{N.S}	1	المادة العضوية
407.168*	.418*	.629*	19.522 ^{N.S}	1.599*	.106*	1	نوع التربة
.734 ^{N.S}	3.620E-005 ^{N.S}	.173*	13.429 ^{N.S}	.008 ^{N.S}	.002 ^{N.S}	5	الزيولايت *مادة عضوية
2.225*	.010*	.009*	51.236*	.049 ^{N.S}	.067*	5	زيولايت *نوع التربة
4.048*	.006*	.017*	11.127 ^{N.S}	.004 ^{N.S}	.005 ^{N.S}	1	مادة عضوية * نوع التربة
4.463*	6.084E-005 ^{N.S}	.009*	6.232 ^{N.S}	.022 ^{N.S}	.001 ^{N.S}	5	زيولايت *مادة عضوية نوع التربة
.367	7.897E-005	.003	15.722	.047	.007	24	الخطأ

ملحق (2) متوسطات المربعات لصفات درجة تفاعل والتوصيل الكهربائي والسعة التبادلية وأنتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم.

متوسطات المربعات MS									درجات الحرية df	مصادر الاختلاف S.O.V
المغنيسيوم	الكالسيوم	ألبوتاسيوم الذائب	ألفسفور الجاهز	نتروجين الجاهز	السعة التبادلية	تركيز الأملاح الكلية	التوصيل الكهربائي	درجة التفاعل		
13.407	26.161	353633.333	6165.333	6687.108	44098.625	58.410	233.642	2742.163	1	المكررات
.027*	.063*	4189.533*	104.839*	279.247*	2299.722*	3.244*	12.977*	.849*	5	الزبوايت
8.533E-005 ^{N.S}	.003 ^{N.S}	352.083*	1.021*	5.422*	29.485*	1.125*	4.502*	.441*	1	المادة العضوية
.132*	.239*	2080.333*	140.768*	728.318*	453.501*	3.334*	13.335*	.480*	1	نوع التربة
.003 ^{N.S}	.001 ^{N.S}	30.383 ^{N.S}	.044 ^{N.S}	.343 ^{N.S}	1.183 ^{N.S}	.016*	.062*	.006 ^{N.S}	5	الزبوايت X مادة عضوية
.029*	.004*	86.433*	1.722*	29.021*	3.922*	.059*	.235*	.030*	5	زبوايت X نوع التربة
8.008E-005 ^{N.S}	.000 ^{N.S}	10.083 ^{N.S}	.270 ^{N.S}	.159 ^{N.S}	.170 ^{N.S}	.135*	.542*	.007 ^{N.S}	1	مادة عضوية X نوع التربة
.001 ^{N.S}	.000 ^{N.S}	22.083 ^{N.S}	.089 ^{N.S}	.110 ^{N.S}	.831 ^{N.S}	.022*	.086*	.003 ^{N.S}	5	زبوايت X مادة عضوية X نوع التربة
.002	.001	13.667	.125	.157	.638	.002	.009	.005	24	الخطأ

ملحق (3): تأثير معدن الزيولايت في تمدد جذورالنبات المزروع في تربتي الدراسة.
S1: التربة الرملية

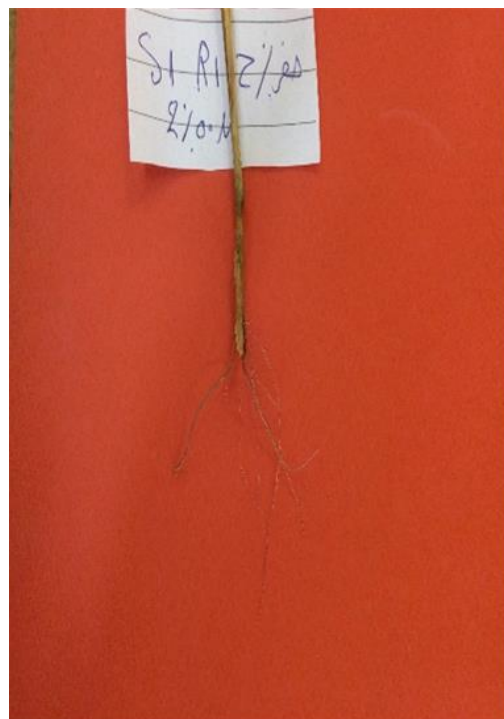
S1ج



S1 ب



S1 ا



S1هـ



S1 و



S1د



S2: التربة المزيجة :

S₂ ا



S₂ ب



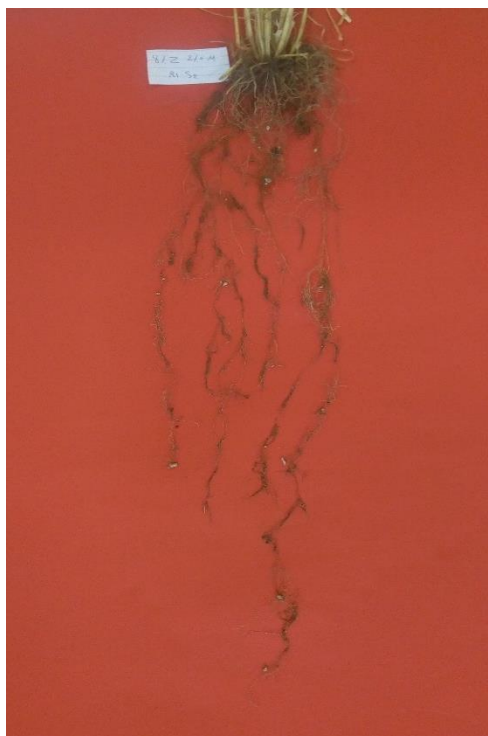
S₂ ج



S₂ د



S₂ هـ



S₂ و



ملحق (4) متوسطات المربعات لصفات إرتفاع النبات والمساحة الورقية وعدد الأشطاء وعدد السنابل وقطر النبات وعدد الحبوب ووزن
1000 حبة

متوسطات المربعات MS							درجات الحرية df	مصادر الاختلاف S.O.V
وزن ألف حبة	عدد الحبوب	عدد السنابل	قطر النبات	عدد الأشطاء	المساحة الورقية	إرتفاع النبات		
45782.689	131749.324	818.814	1256.007	818.814	81608.189	210820.775	1	المكررات
147.460*	1933.677*	30.126*	17.374*	30.126*	2468.252*	*1241.099	5	الزيولايت
113.529*	8.970 ^{N.S}	1.980*	1.155 ^{N.S}	1.980*	493.121*	*81.380	1	المادة العضوية
206.919*	572.355*	7.324*	.115 ^{N.S}	7.324*	704.644*	*8466.797	1	نوع التربة
.724 ^{N.S}	1.123 ^{N.S}	.018 ^{N.S}	.333 ^{N.S}	.018 ^{N.S}	19.489 ^{N.S}	6.492 ^{N.S}	5	مادة X الزيولايت عضوية
1.233 ^{N.S}	78.671*	.237*	.660 ^{N.S}	.237*	15.947 ^{N.S}	11.407 ^{N.S}	5	نوع X زيولايت التربة
.859 ^{N.S}	7.720 ^{N.S}	.033 ^{N.S}	.353 ^{N.S}	.033 ^{N.S}	11.732 ^{N.S}	7.922 ^{N.S}	1	نوع X مادة عضوية التربة
14.965*	4.786 ^{N.S}	.033 ^{N.S}	.077 ^{N.S}	.033 ^{N.S}	34.055 ^{N.S}	5.320 ^{N.S}	5	مادة X زيولايت نوع X عضوية التربة
3.044	2.527	.030	.447	.030	26.035	6.947	47	الخطأ

