دراسة تأثير بعض محسنات التربة العضوية والمعدنية في تحسين بعض خصائص التربة الفيزيائية وانتاجية نبات القمح القاسي (اكساد 1105) تحت ظروف الاجهاد المائي

أ.د. عمر عبد الرزاق [1] أ.د. ياسر السلامة[2] م. رحمه الدندل[3]

(1): أستاذ دكتور في قسم التربة واستصلاح الأراضي كلية الهندسة الزراعية بدير الزور- جامعة الفرات

(2): أستاذ دكتور في قسم التربة واستصلاح الأراضي كلية الهندسة الزراعية بدير الزور- جامعة الفرات

(3): طالبة دكتوراه في قسم التربة واستصلاح الأراضي كلية الهندسة الزراعية بدير الزور- جامعة الفرات

الملخص: أجريت هذه الدراسة بهدف معرفة تأثير بعض محسنات التربة في تحسين بعض الخصائص الفيزيائية للتربة وانتاجية نبات القمح. نفذ البحث لموسمي (2024/2023)م في محطة بحوث اكساد شرق دير الزور وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بتراتيب القطع المنشقة بوجود عاملي (الري ومحسنات التربة) حيث احتلت مستويات الري (100% و75% و50%) من السعة الحقلية القطع الرئيسة ، والمحسنات (C0,C1,C2,C3,C4) القطع الثانوية تمت الزراعة على شكل قطع طولية بمساحة 2×8 م2.أظهرت النتائج ان لمستويات الري ومحسنات التربة وتفاعلها تأثيراً معنوياً في الخصائص الفيزيائية للتربة وانتاجية القمح. نلاحظ ارتفاع قيمة السعة الحقلية لجميع المعاملات مقارنة بالشاهد وفي الموسمين مع تفوق معنوي لمعاملة C4 بالموسم الثاني حيث بلغت قيم السعة الحقلية (38.64)% بزيادة قدرها 8.44% عن الشاهد ،انخفضت نقطة الذبول الدائم للمعاملة C1 (-21.22) % في الموسم الثاني، على صعيد الإنتاجية تفوقت معاملات الموسم الثاني على معاملات الموسم الأول اذ بلغت الزيادة لمعاملة C4 (36.61)% عن الشاهد، والمادة العضوية 27.33%، الكثافة الظاهرية انخفضت 2.3-%، المسامية ارتفعت 3.4%، إنتاجية الحبوب ارتفعت 18%، وزن الألف حبة ارتفع 5.7%.واخيرا كانت أفضل النتائج عند استخدام (C2)، (C4) تحت مستويات الري 100%و (75%)، حيث حققت أعلى كفاءة في تحسن الصفات الفيزيائية وزيادة إنتاجية القمح، كانت نتائج معاملات الموسم الثاني هي الأفضل .

كلمات مفتاحية : زيوليت ، AQUASAVE، خلائط كمبوست، اجهاد مائي ، خصائص تربة فيزيائية ورطوبية، إنتاجية القمح.

المقدمة والدراسة المرجعية:

ان النقص الحاد الحاصل لمصادر المياه العذبة يعد أحد أهم التحديات التي تواجه الإنتاج الزراعي في المناطق الجافة وشبه الجافة، نتيجة الضرر الكبير الذي يسببه الإجهاد المائي من تدهور الخواص الفيزيائية للتربة وانخفاض إنتاجية المحاصيل. مما يدفعنا لايجاد حلول تضمن المحافظة على الموارد المائية المتبقية ،لذلك اتجهت الأبحاث إلى استخدام المحسنات العضوية والمعدنية لتحسين قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ورفع كفاءة استخدامه. سوف يتم في هذا البحث مقارنة أنواع مختلفة من محسنات التربة (الزيوليت ،AQUASAVE، خليط كمبوست +زيوليت ، خليط كمبوست + AQUASAVE) لمعرفة تأثيرها على خصائص التربة وانتاجية نبات القمح القاسي .

يُعد الزيوليت (Zeolite)من المعادن الطبيعية البلورية ذات البنية المسامية العالية، يصنف الزيوليت بانه معدن بركاني رسوبي النشوء يتوضع ضمن الطبقات الجيولوجية للأرض حيث يتكون نتيجة وجود المياه القلوية المحتوية على نسبة عالية من الأملاح التي تتفاعل مع الرماد البركاني وتؤدي لتشكل بلوري سريع (Oste et al,2002) .وعادة ما تكون مجموعة معادن الزيوليت ثانوية المنشأ وهي توجد في الفجوات والفراغات في الصخور البركانية القاعدية .

يتكون الزيوليت بشكل اساسي من سيليكات الألومنيوم والصوديوم والكالسيوم بصفة اساسية وتحتوي على نسبة كبيرة من الماء وهي ذات هيكل البلوري على شكل شبكة ثلاثية الأبعاد (Holmes,1994)

وتضم مجموعة معادن الزيوليت عددا كبيرا من المعادن السيليكاتية المائية التي تتشابه في الكثير من الصفات :

كالتركيب الكيميائي والمعادن المصاحبة لها وأماكن وجودها في الطبيعة حيث يتواجد الزيوليت في سوريا بشكل رئيسي في منطقة السيس تلال مكحيلات التي تبعد 170كم جنوب دمشق .

حيث يتميز بقدرته على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية وإطلاقها بشكل تدريجي، مما يساهم في تحسين التوازن المائي للتربة. يتميز الزيوليت بقدرته العالية بالاحتفاظ بالماء وهذا يعود لبنيته البلورية الفريدة ذات المسام والشبكات الدقيقة التي تسمح له بامتصاص جزيئات الماء وحبسها داخله والعمل على اطلاقها تدريجياً عند الحاجة وبالتالي يحافظ على مستويات رطوبة التربة خلال فترات الجفاف (Barbosa *et al*., 2014)

أشار (Abdel-Hassan&Radi,2018) ان اضافة الزيوليت اثر بشكل إيجابي على العديد من الخصائص الفيزيائية للتربة ، بما في ذلك تقليل الكثافة الظاهرية ، وتعزيز امتصاص الماء ، وزيادة المياه المتاحة . كما اثبت قدرته على زيادة الإنتاجية وهذا

ما توصل اليه أبحاث (Khalifa *et al*.,2021) حيث لاحظ زيادة في كل من وزن الألف حبة، ومحصول الحبوب، والقش (35.92%، و9.60%، و42.77%، و25.61% على التوالي) مقارنةً بالتربة غير المعالجة بالزيوليت. كما بلغت قيمة التغيرات في الكثافة الظاهرية، والمسامية الكلية، والسعة التبادلية الكاتيونية (−9.23% و 9.30% و 10.54%) على التوالي.اثبتت دراسة اجراها (Nakachew *et al*.,2025) ان استخدام الزيوليت يحسن من خصوبة التربة مما يؤدي لزيادة إنتاجية المحاصيل ،حيث أدت إضافة الزيوليت الى تقليل فقد المغذيات بنسبة 65−86% باستخدام زيوليت 7.5 طن/هكتار، وزيادة غلة الحبوب من 15.9 الى 31.8 % . عند التطبيق 10 طن / هكتار لمحاصيل مختلفة مثل الأرز والشعير والذرة، كما يعمل خليط كمبوست زيوليت بنسبة (0.5/1) على تحسين خصائص التربة من خلال زيادة امتصاص العناصر الغذائية ،تحسين درجة تشبع التربة وزيادة كفاءة استخدام المياه في ظل طروف الاجهاد المائي.(AL-Busaidi *et al*.,2011)

وهذا ما وجده (Salehe *et al*.,2021) في دراسته التي اكدت فعالية إضافة الزيوليت للتربة على قدرتها على الاحتفاظ بالماء ،لوحظ تأثير إيجابي على خصائص النبات حيث تم تسجيل زيادة كبيرة في الوزن الجاف والرطب لنبات القمح تحت جميع مستويات الري بما فيها السعات الحقلية المنخفضة .حيث كانت هذه التحسينات واضحة بشكل خاص عند مستويات رطوبة منخفضة 60% من السعة الحقلية.أما Aquasave فهو مخصب صناعي قادر على زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة ، مما يقلل من فقد المياه بالتسرب والتبخر. فهو منتج عضوي جديد في الأسواق تم طرحه حديثا ،يساعد في التغلب على الاجهاد الجفافي ونقص الرطوبة حيث يتكون من مجموعة من العناصر المغذية لكل من التربة والنبات.

حيث يتكون من مزيج من الأحماض العضوية أهمها الهيوميك والمعادن التي تعمل على تحسين خواص التربة الفيزيائية وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء .لاسيما انها تتكون من حبيبات لها قدرة كبيرة على امتصاص وادمصاص الرطوبة، لاكبر وقت ممكن وبالتالي تخزين مياه الري والأمطار لوقت أطول مما يساعد في التخفيف من أثر الجفاف على كل من التربة والنباتات.حيث أظهر ت دراسات أجريت عليه تفوق كبير في تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والخصوبية في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما يعمل كاحتياطي لمياه التربة حيث يمتلك قدرة تخزينية عالية بالتالي زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء لاطول وقت ممكن .ومن جانب آخر، فإن إضافة المحسنات العضوية مثل الكمبوست تعمل على تحسين بناء التربة، وزيادة المسامية وثبات البنية، وتعزيز النشاط الميكروبي، مما ينعكس إيجابًا على خصائص الاحتفاظ بالماء. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن دمج المحسنات العضوية مع المعدنية قد يحقق تأثيرًا تآزريًا، حيث يجمع بين دور الكمبوست في تحسين البنية والخصوبة، ودور الزيوليت أو المخصبات العضوية في رفع السعة الحقلية تعتبر المواد العضوية ضرورية لخصوبة التربة ويمكن أن تمتص الماء بشكل كبير ، مما يقلل من الحاجة إلى المياه الزراعية (Dadashi, 2019).

اختير الكمبوست في الخلائط المستخدمة لقدرته الفائقة على تحسين بنية التربة (Brady & Weil, 2016)، حيث يُعتبر الكمبوست من أهم المحسّنات العضوية التي تُستخدم في الخلائط، وذلك لاحتوائه على نسب مرتفعة من المادة العضوية التي تُحسِّن بناء التربة من خلال تقليل الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية، الأمر الذي يرفع من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ويزيد من كفاءة استخدامه من قبل النبات. كما بيّنت دراسات حديثة أن إضافة الكمبوست منفردًا أو ممزوجًا مع محسنات أخرى مثل الزيوليت يُحسّن الخصائص الهيدروليكية للتربة، بما في ذلك السعة الحقلية والرطوبة المتاحة للنباتات مقارنة بالتربة غير المعاملة.(Abdelhafez *et al*., 2023) الكمبوست احد أنواع مُحسِّنات التربة، التي تعمل على تحسين خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، مما يُحسّن صحة النباتات وجودة البيئة (Ozores-Hampton *et al*.,2022) فهو سماد طبيعي ينتج من تحلل المخلفات النباتية والحيوانية بعملية تحلل بيوكيميائية، يتم تحضيره من خلال خلط المخلفات العضوية (النباتية والحيوانية) ورصها بشكل طبقات والعمل على تقليبها باستمرار لحين نضج الكمبوست مما يؤدي إلى إنتاج مادة عضوية غنية بالعناصر المغذية التي تحسن خصوبة التربة وترطيبها (Zhao, Wang, & Wang, 2023).اثبتت تجربة قام بها(Zemanek,2011) ان لإضافة السماد العضوي للتربة بتركيز 50 الى 100 طن/هكتار اثر إيجابي في زيادة كمية الماء التي تحتفظ بها .وهذا يؤكد ان للكمبوست دورا مهما في مقاومة الإجهاد الجفافي والمائي عن طريق تحسين قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وتقليل الحاجة إلى الري، بالإضافة إلى تعزيز نمو النبات وتقوية مناعته ضد الظروف الجافة .وهذا ما اثبتته دراسة قام بها كل من (Paradelo *et al*.,2019) حيث أظهرت التأثير الايجابي لتحسين الخواص الفيزيائية مثل خفض الكثافة الظاهرية وزيادة القدرة على الاحتفاظ بالماء .انطلاقًا من ذلك، تأتي هذه الدراسة لمقارنة تأثير الزيوليت و AQUASAVE كل على حدة، وكذلك عند دمجهما مع الكمبوست، على تحسين الخواص الفيزيائية للتربة وكفاءة استخدام المياه تحت ظروف الإجهاد المائي.

مبررات البحث :

إن الشح الحاصل في كميات المياه العذبة الصالحة للزراعة والتدهور الكبير الحاصل في التربة دفعنا للعمل على ايجاد حلول تضمن المحافظة على خصائص التربة وتحسينها وفي ذات الوقت تعمل على ترشيد استغلال المياه المتوفرة للزراعة

ومن هنا تأتي أهمية البحث من خلال دراسة دور المحسنات العضوية في زيادة انتاج التربة من خلال تقليل فقد العناصر المغذية والمياه وتحسين خواصها ، مما ينعكس ايجابا على الانتاج .

أهداف البحث :

1) تقييم تأثير بعض المحسنات العضوية والمعدنية للتربة، منفردة ومختلطة، في تحسين خصائص التربة وكفاءة استخدام المياه وتعزيز مقاومة الجفاف تحت ظروف الإجهاد المائي.
2) مقارنة تأثير هذه المحسنات على إنتاجية القمح تحت ظروف الإجهاد المائي .

مواد وطرائق البحث: تم استخدام المحسنات التالية:

1- C1: الزيوليت تم اضافته للتربة قبل الزراعة بمعدل (4) طن/هكتار .
2- C2: مخصب AQUASAVE تم اضافته مع للتربة قبل الزراعة بمعدل (50) غ/م^2.
3- C3: خليط زيوليت 100% +كمبوست 50% تم اضافته قبل الزراعة.
4- C4: خليط 100% AQUASAVE+50%كمبوست تم اضافته قبل الزراعة.
5- C0: بدون إضافة (شاهد).
6- الكمبوست :(50%مخلفات نباتية+50%مخلفات ابقار) 20طن/هكتار.
7- المادة النباتية : قمح قاسي صنف اكساد 1105.

معاملات الري : تم تنفيذ التجربة تحت ثلاثة مستويات للري 100% و 75% و 50% من السعة الحقلية .

تصميم التجربة : نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بتراتيب القطع المنشقة بوجود عاملين (الري ومحسنات التربة)

مخطط التجربة :

القطاع الاول 100%من السعة الحقلية	القطاع الثاني 75% من السعة الحقلية	القطاع الثالث 50% من السعة الحقلية
C0	C4	C1
C1	C2	C0
C2	C3	C3
C3	C1	C2
C4	C0	C4

المعاملات المدروسة : تم دراسة بعض خصائص التربة والإنتاجية للقمح :

1) **سعة حقلية :** (عبدالرزاق والجابر،1998) حيث تم تقديرها مخبريا.

2) **نقطة الذبول الدائمة :** (عبدالرزاق والجابر،1998)

3) **الكثافة الظاهرية :** طريقة شمع البارافين .

4) **المسامية** = $1 - \frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} \times 100$.

5) **مادة عضوية:** طريقة الأكسدة الرّطبة للكربون العضوي المعدّلة. (Walky and Black,1934)

6) إنتاجية القمح كغ/دونم.

7) وزن الالف حبة غ.

تحليل التربة :يوضح الجدول (1) (2) نتائج تحليل التربة قبل الزراعة .

جدول (1) التحاليل الفيزيائية للتربة

العمق	تركيب ميكانيكي			قوام التربة	كثافة ظاهرية	كثافة حقيقية	مسامية
	رمل	سلت	طين		غ/سم^3		%
0-25سم	23	36	41	طيني	1.34	2.45	%46

جدول (2) التحاليل الكيميائية والخصوبية للتربة

العمق سم	عجينة مشبعة		مادة عضوية %	سعة تبادلية ميللمكافئ/100غ تربة	N معدني Ppm	P قابل للإفادة ppm	K قابل للتبادل ppm	ميللمكافئ/100غ تربة						
	pH	EC ds/m						شوارد سالبة			شوارد موجبة			
								CL^-	$HCO3^-$	$SO4^{--}$	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+
0-25	7.85	2.75	1.17	22.5	7.42	5.85	462	1.95	0.014	18.15	8.25	4.57	3.35	1.11

النتائج والمناقشة:

1) السعة الحقلية : جدول رقم (3) يوضح تأثير المحسنات المختلفة على السعة الحقلية % تحت مستويات الري

الموسم الأول					الموسم الثاني				
محسنات	مستويات الري			معدل محسنات التربة	محسنات	مستويات الري			معدل محسنات التربة
	%100	%75	%50			%100	%75	%50	
C0	35.53	32.02	28.52	32.02a	C0	35.73	32.15	28.55	32.14a
C1	37.90	34.22	30.50	34.21b	C1	38.00	34.40	30.60	34.33b
C2	38.10	34.53	31.00	34.54bc	C2	38.30	34.70	31.10	34.70bc
C3	39.50	35.90	32.20	35.87d	C3	39.70	36.00	32.30	36.00d
C4	39.90	36.12	32.50	36.17de	C4	40.00	36.30	32.60	36.30de
	38.18a	34.56b	30.94c		معدل مستويات مياه الري	38.34a	34.71b	31.04c	
L.S.D. 0.05%	I	0.32			L.S.D. 0.05%	I	0.31		
	C	0.41				C	0.40		
	C*I	0.71				C*I	0.70		

يتضح من الجدول (3) أن السعة الحقلية ارتفعت بشكل ملحوظ مع زيادة مستوى الري من 50% إلى 100% في كلا الموسمين، حيث سُجّلت القيم الأدنى عند مستوى الري (50%)، في حين حققت أعلى القيم عند مستوى الري الكامل (100%). ويعزى ذلك إلى زيادة كميات المياه المضافة التي تعمل على إشباع المسام الشعرية في التربة، مما يرفع من قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة. وهذا يتفق مع نتائج Hillel (2004) إلى أن السعة الحقلية ترتبط بشكل مباشر بكمية المياه المخزنة في

بما في ذلك تقليل الكثافة الظاهرية ، وتعزيز امتصاص الماء ، وزيادة الماء المتاح.(Abdel-Hassan&Radi,2018)وكذلك دور الاحماض العضوية وخاصة الهيوميك المكونة لمخصب AQUASAVEفي تعزيز كفاءة امتصاص الماء والسعة الحقلية للتربة وهذا يتفق مع دراسة (yang *et al*.,2023). وبوجه عام، كانت معاملة الكمبوست + أكوا (C4) هي الأكثر فاعلية تليها

معاملة الكمبوست + زيوليت(C3) مما يوضح الدور الفعال لخلائط الكمبوست. وهو ما أكده (Imran,2022) في دراسة على التربة الطينية والتي توصلت لفعالية إضافة الكمبوست في زيادة السعة الحقلية . حيث من الممكن زيادة قدرة التربة على تخزين المياه عن طريق زيادة محتوى المادة العضوية في التربة، وخاصة المواد الدبالية. التي تلعب دورًا مهمًا في تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة، و توافر الرطوبة الكافية للنباتات(Putra *et al*., 2016) . مع ملاحظة تفوق معنوي للمعاملة C4 بزيادة قدرها 8.44% عن الشاهد . أما بالنسبة لمعاملات التفاعل يلاحظ من النتائج وجود فروق معنوية بين مستويات الري والمحسنات المضافة اذ أظهرت المعاملة C4 (كمبوست +AQUASAVE) تحت مستوى الري 100% تفوقاً معنويا في تحسين السعة الحقلية مقارنة بالشاهد. لكلا موسمي التجربة بزيادة قدرها (12.29)% للموسم الأول و (11.95)% للموسم الثاني .مما يشير إلى أن الفعالية القصوى للمحسنات تتحقق عند تحقيق افضل مستوى من السعة الحقلية ، وهو ما يتفق مع ما أوضحه Zhang *et al*. (2019) من أن فعالية المحسنات العضوية والمعدنية في تحسين صفات التربة الرطوبية تزداد مع توفر المياه . في حين تميز مستوى الري 75% مع معاملة الخلائط C3,C4 في المحافظة على قيم مناسبة من السعة الحقلية دون فروق معنوية مع الشاهد ، مما يعكس تكامل دور المحسنات في تحسين الاحتفاظ بالرطوبة ويُعزى ذلك إلى التكامل بين دور الكمبوست و الاحماض العضوية الموجودة في AQUASAVE والتي تعمل تحسين بنية التربة وخصوبتها وزيادة المحتوى الرطوبي للتربة مما ينعكس على شكل زيادة ملحوظة في إنتاجية محصول القمح وهذا ما اثبته (Ahmad *et al*.,2015) في دراسته.وهذا يؤكد ان للكمبوست دورا مهما في مقاومة الإجهاد الجفافي والمائي عن طريق تحسين قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وتقليل الحاجة إلى الري.

2) **نقطة الذبول الدائم:** جدول (4)يوضح تأثير المحسنات على نقطة الذبول الدائم للتربة % تحت مستويات ري مختلفة

الموسم الأول				الموسم الثاني			
مخصبات	مستويات الري			معدل محسنات التربة	مخصبات	مستويات الري		معدل محسنات التربة
	%100	%75	%50			%100	%75	%50	
C0	18.00	17.96	17.90	17.95a	C0	18.03	17.96	17.86	17.95a
C1	14.80	14.20	13.83	14.27b	C1	14.64	14.13	13.81	14.19b
C2	15.03	14.40	13.96	14.46bc	C2	14.64	14.09	13.70	14.14bc
C3	15.20	14.70	14.13	14.67cd	C3	14.84	14.38	13.85	14.36bcd
C4	15.30	14.70	14.13	14.71cde	C4	15.31	14.83	14.30	14.81e
معدل مستويات مياه الري	15.66a	15.19b	14.79c		معدل مستويات مياه الري	15.49a	15.08b	14.70c	
L.S.D. 0.05%	I	0.231			L.S.D. 0.05%	I	0.222		
	C	0.298				C	0.287		
	C*I	0.406				C*I	0.391		

تشير نتائج الجدول (4) إلى أن نقطة الذبول الدائم تأثرت معنوياً ولكلا الموسمين بكل من مستويات الري والمحسنات المضافة للتربة وكذلك بتفاعلهما مع تفوق الموسم الثاني على نتائج الموسم الأول . اذ أسهمت إضافة المحسنات، وخاصة الزيوليت (C1) ومخصب(C2) AquaSave ، في انخفاض معنوي عن الشاهد بمقدار (20.94 –، 21.22–) % على التوالي ، مما يعكس زيادة كمية الماء المتاح للنبات.وهذا يتوافق مع نتائج دراسة (Nakhli *et al.*, 2017) التي اثبتت فعالية الزيوليت في تعزيز الخصائص الفيزيائية والرطوبية للتربة.يعزى هذا الانخفاض إلى دور المحسنات في تحسين الخواص الرطوبية للتربة، فالزيوليت يتميز ببنية بلورية عالية المسامية تمكّنه من الاحتفاظ بجزء من ماء الري وإطلاقه تدريجياً للنبات، يدعم ذلك دراسة اجراها (Salehe *et al.*,2021) التي اكدت فعالية إضافة الزيوليت للتربة على قدرتها على الاحتفاظ بالماء.بينما يعمل AquaSave على امتصاص الماء بالتالي تخزين كميات كبيرة من الرطوبة وتحريرها عند انخفاض محتوى التربة المائي، مما يقلل من كمية

الماء المرتبطة بإحكام بجزيئات التربة (الماء غير المتاح) وهذا يتوافق مع ماتوصل اليه (Tahoun *et al.*,2022) في دراسته.اما بالنسبة لمستويات الري يلاحظ أن انخفاض مستويات الري من 100% إلى 75% و50% أدى لانخفاض قيم نقطة الذبول الدائم لكلا الموسمين مع تفوق الموسم الثاني ، حيث سجلت أقل قيمة عند الري 50% مع معاملة الأكوا (13.70% في الموسم الثاني)، مقارنة بالشاهد (17.90%) لنفس المستوى. هذا يؤكد أن كفاءة المحسنات تكون أكثر وضوحاً تحت ظروف الإجهاد المائي، حيث تقلل من التأثير السلبي لنقص المياه.من خلال مقارنة نتائج الموسمين يلاحظ تفوق الموسم الثاني بشكل عام على الموسم الأول في خفض نقطة الذبول الدائم، وهو ما يمكن تفسيره بـ الأثر التراكمي للمحسنات في التربة من خلال رفع محتوى المادة العضوية وتحسين بنية التربة وزيادة النشاط الميكروبي، مما أدى إلى تحسين قدرة التربة على تخزين المياه المتاحة للنبات.

3) **كثافة ظاهرية** :جدول رقم (5) يوضح تأثير المحسنات المختلفة على الكثافة الظاهرية غ/سم^3 تحت مستويات الري

الموسم الأول					**الموسم الثاني**				
مخصبات	**مستويات الري**			**معدل محسنات التربة**	**مخصبات**	**مستويات الري**			**معدل محسنات التربة**
	100%	**75%**	**50%**			**100%**	**75%**	**50%**	
C0	1.33	1.40	1.41	1.38a	**C0**	1.32	1.40	1.42	1.38a
C1	1.28	1.31	1.35	1.31b	**C1**	1.18	1.27	1.34	1.26b
C2	1.11	1.23	1.37	1.24c	**C2**	1.09	1.17	1.39	1.21c
C3	1.20	1.28	1.40	1.29bd	**C3**	1.20	1.22	1.37	1.26bd
C4	1.11	1.19	1.31	1.20e	**C4**	1.08	1.19	1.32	1.20ce
معدل مستويات مياه الري	1.21a	1.28b	1.37c		**معدل مستويات مياه الري**	1.17a	1.25b	1.37c	
L.S.D. 0.05%	I	0.029			**L.S.D. 0.05%**	I	0.029		
	C	0.038				C	0.037		
	C*I	0.051				C*I	0.050		

تبين نتائج الجدول (5) إلى أن الكثافة الظاهرية للتربة قد تأثرت بشكل معنوي بكل من مستويات الري والمحسنات المستخدمة وكذلك بتفاعلهما.يلاحظ انخفاض معنوي لقيم الكثافة الظاهرية والتي وصلت قيمتها للمعاملة C4 (1.20 غ/سم^3) بانخفاض قدره (−13.04) % عن الشاهد ولكلا الموسمين .وهو ما يعكس الدور الكبير لهذه

المحسنات في تحسين بناء التربة وخفض كثافتها.اذ يعمل الكمبوست على تحسين بنية التربة وخصائصها الفيزيائية مما يرفع من معدل المسامية ويقلل من الضغط الميكانيكي بين الجزيئات. بالتالي يخفض الكثافة الظاهرية وهذا يتوافق مع دراسة اجراها (Duan *et al.*,2023) بينت ان لتطبيق الكمبوست على التربة اثر إيجابي على خفض الكثافة الظاهرية بنسبة 4–5.6%.أما AquaSave فتعمل الاحماض العضوية وخاصة الهيوميك على زيادة احتجاز الرطوبة وتوزيعها ضمن المسام الدقيقة، مما يساهم في تماسك أفضل للتربة وانخفاض كثافتها الظاهرية. وهذا ما توصلت له نتائج دراسة (Seguel *et al.*,2019) .وهذا ما انتهت اليه دراسة (Guo *et al.*,2016) والتي اثبتت وجود ارتباط كبير بين زيادة معدل التسميد العضوي وانخفاض الكثافة الظاهرية للتربة بالتالي التقليل بشكل فعال من انضغاط التربة. بالنسبة لمعاملات الري يلاحظ ارتفاع قيم الكثافة الظاهرية بانخفاض مستويات الري ، في حين ارتفعت قيمة الكثافة الظاهرية لمستوى الري 75% للموسم الأول الى (1.28) غ/سم3 بزيادة قدرها (5.78)% عن الشاهد كان قيمتها للموسم الثاني(1.17) غ/سم^3.وازدادت قيم الكثافة الظاهرية للري 50% من السعة الحقلية لتبلغ (1.37)غ/سم3 لكلا الموسمين . ويُعزى ذلك إلى أن قلة المياه تؤدي لتدهور البنية الحبيبية، وزيادة الكثافة الظاهرية، وانخفاض المسامية الكلية (Kumar *et al.*, 2023). في حين أن الري الكافي يعزز النشاط الميكروبي ويساعد على تحلل المادة العضوية وتكوين تجمعات أكثر استقراراً.أما عند مقارنة الموسمين، فقد تفوق الموسم الثاني على الأول من حيث الانخفاض العام في الكثافة الظاهرية وهذا يعود للدور الفعال للكمبوست ومخصب AQUASAVE في رفع محتوى المادة العضوية وتحسين بنية التربة مع مرور الوقت.بصورة عامة، تؤكد هذه النتائج أن استخدام المحسنات، وخاصة AQUASAVE منفرداً أو مخلوطاً بالكمبوست، يعد وسيلة فعّالة لتقليل الكثافة الظاهرية للتربة، مما يعزز المسامية ويزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية، وبالتالي يساهم في تحسين كفاءة استخدام المياه ومقاومة الجفاف.

4) **مسامية:** جدول رقم (6) يوضح تأثير المحسنات المختلفة على مسامية التربة تحت مستويات الري المختلفة

الموسم الأول					الموسم الثاني				
مخصبات	مستويات الري			معدل محسنات التربة	مخصبات	مستويات الري			معدل محسنات التربة
	%100	%75	%50			%100	%75	%50	
C0	45.80	43.43	42.14	43.79a	C0	46.26	41.33	40.00	42.53a
C1	49.03	47.23	44.93	47.06b	C1	51.50	48.00	45.13	48.21b
C2	54.66	50.03	44.66	49.78c	C2	55.00	52.33	43.66	50.33c
C3	50.03	48.00	42.73	46.92bd	C3	50.50	50.30	44.13	48.31bd
C4	54.40	51.50	46.66	50.85e	C4	56.03	51.30	47.43	51.58e
معدل مستويات مياه الري	50.78a	48.04b	44.22c		معدل مستويات مياه الري	51.86a	48.65b	44.07c	
L.S.D. 0.05%	I	0.628			L.S.D. 0.05%	I	0.662		
	C	0.812				C	0.854		
	C*I	1.10				C*I	1.162		

أوضحت نتائج الجدول (6) وجود فروقات معنوية بين معاملات المحسنات المختلفة تحت مستويات الري في موسمي الدراسة، حيث لوحظ أن إضافة المحسنات أدت عموماً إلى تحسين مسامية التربة مقارنةً بمعاملة الشاهد (C0) . ففي الموسم الأول تفوقت معاملات الخلائط وقد سجلت معاملة (C4) خليط الكمبوست + AQUASAVEأعلى القيم (50.85%) عند مستوى الري 100%، تلتها معاملة (C3) خليط الكمبوست + زيوليت ، في حين أعطت معاملة الشاهد (C0) أقل القيم (43.79%). أما في الموسم الثاني فقد أكدت النتائج الاتجاه نفسه، إذ حققت معاملة C4 أعلى نسبة مسامية (51.58%)، في حين سجلت المعاملة C0 أقل القيم (42.53%). وهذا يعود لدور الكمبوست وAQUASAVE في تحسين مسامية التربة وهذا ما اشارت اليه دراسة قام بها (Duan *et al.*,2023) بينت ان لتطبيق الكمبوست اثر إيجابي في زيادة مسامية التربة بنسة 4.2–5.9% في الطبقة السطحية 0–40سم. وهذا يعود للتحسن الكبير في خصائص التربة الفيزيائية ومحتواها من العناصرالغذائية، كذلك الامر بالنسبة لل AQUASAVE كما بينت دراسة اجراها (YE et al., n.d.) اثبتت فعالية هيوميك اسيد في خفض الكثافة

الظاهرية وبالتالي زيادة مسامية التربة.كما تبين ان انخفاض مستويات الري قد اثر سلبا على النسبة المئوية لمسامية التربة اذ انخفضت المسامية عند مستوى الري 75% بنسبة (−5.39) % و (−6.18)% للموسمين الأول والثاني على التوالي مقارنة بالري 100% سعة حقلية في حين كان الانخفاض اكبر واكثر معنوية بالنسبة للري 50% اذ بلغ (−12.91، −15.05)% للموسمين على التوالي. وهذا ناتج عن الأثر السلبي للاجهاد المائي على بنية التربة اذ يؤدي الى زيادة انضغاط التربة بالتالي انخفاض مساميتها (Zhu *et al*.,2024) .إن التفاعل بين المحسنات ومستويات الري أظهر أن تأثير الإضافات العضوية (الكمبوست منفرداً أو مخلوطاً مع زيوليت وAQUASAVE) كان أكثر وضوحاً في تحسين بنية التربة والمحافظة على مساميتها مقارنة بالمحسنات المفردة. ويُعزى ذلك إلى دور الكمبوست في تحسين الخواص الفيزيائية للتربة من خلال زيادة المحتوى العضوي وتحسين بناء التربة، بينما أسهم كل من الزيوليت والAQUASAVE في تعزيز قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، مما انعكس على استقرار المسامية تحت ظروف الري المختلفة.

5) **مادة عضوية** :جدول (7) يوضح تأثير المحسنات المختلفة على النسبة المئوية للمادة العضوية في التربة % تحت

الموسم الأول					**الموسم الثاني**				
مخصبات	**مستويات الري**			**معدل محسنات التربة**	**مخصبات**	**مستويات الري**			**معدل محسنات التربة**
	100%	**75%**	**50%**			**100%**	**75%**	**50%**	
C0	1.76	1.73	1.62	1.70a	**C0**	1.68	1.65	1.61	1.64a
C1	2.79	2.58	2.23	2.53b	**C1**	3.38	2.86	2.76	3.00b
C2	3.46	2.67	2.56	2.89c	**C2**	3.88	3.72	3.44	3.68c
C3	2.86	2.61	2.36	2.61bd	**C3**	3.60	3.55	3.31	3.49d
C4	3.38	2.70	2.36	2.81ce	**C4**	3.68	3.16	3.16	3.33e
معدل مستويات مياه الري	2.85a	2.66b	2.22c		**معدل مستويات مياه الري**	3.24a	2.99b	2.85c	
L.S.D. 0.05%	I	0.110			**L.S.D. 0.05%**	I	0.119		
	C	0.142				C	0.153		
	C*I	0.193				C*I	0.208		

تُعد المادة العضوية في التربة (Soil Organic Matter, SOM) من أهم المؤشرات الحيوية لجودة التربة واستدامتها، إلا أن محتواها يتأثر بشكل واضح بظروف الجفاف والإجهاد المائي. إذ يؤدي انخفاض توفر المياه إلى تراجع النشاط الميكروبي والإنزيمي المسؤول عن تحلل بقايا النباتات وتكوين المركبات الدبالية، الأمر الذي يقلل من تراكم الكربون العضوي في التربة.(Qu et al., 2023) يلاحظ من نتائج الجدول رقم (7) التأثير المشترك لكل من المحسنات ومستويات الري على النسبة المئوية للمادة العضوية لكلا موسمي التجربة حيث يلاحظ وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات للمحسنات مع تفوق معنوي للمعاملة C2 والتي بلغت (3.68)% بزيادة قدرها (124.39)% عن الشاهد للموسم الثاني،هذا يتوافق مع نتائج الباحث (Dadashi, 2019) وجدت دراستهم ان معاملة الترب بالمحسنات العضوية يعمل على رفع محتوى هذه التربة من المادة العضوية بنسبة (167.17)% مقارنة بالترب غير المعاملة. في حين سجلت معاملات الري انخفاض معنوي وصل الى (−6.66، −8.36) % لمعاملة ري 75% و (−22.10، −13.68)% لمعاملة 50% سعة حقلية للموسمين الأول والثاني على التوالي. وهذا يعود للتأثير السلبي للإجهاد الجفافي والذ يؤدي لتقليل النشاط الميكروبي في التربة مما يضعف قدرتها على التمثيل الغذائي والتحلل الحيوي ويؤيد هذا الدراسة التي قام بها كل من (Bogati & Walczak, 2022) والتي اثبتت ان لانخفاض كميات مياه الري تأثير سلبي كبير على خصائص التربة ومحتواها من المادة العضوية.تشير نتائج التفاعل بين الري والمحسنات الى فعالية المحسنات المضافة في التخفيف من الاثار السلبية للإجهاد المائي حيث يلاحظ دورها الفعال في تحسين نسبة المادة العضوية في التربة خاصة عند مستوى الري 75% حيث تجاوزت القيم المسجلة قيم الشاهد بفارق معنوي ملحوظ.وهذا يتوافق مع نتائج (Zemanek,2011) التي اثبتت ان إضافة السماد العضوي للتربة بتركيز 50 الى 100 طن/هكتار اثر إيجابي في زيادة كمية الماء التي تحتفظ بها .وجدت دراستهم أن استخدام حمض الهيوميك أدى لزيادة المادة العضوية بنسبة (9%) و الماء المتاح بنسبة (52٪) مما يشير إلى زيادة كبيرة في حالة المغذيات في التربة. (Arjumend *et al*.,2015).

وهذا يعود للدور الفعال لل AQUASAVE في زيادة نشاط الاحياء الدقيقة في التربة وهذا ما انتهت اليه تجارب (Ampong *et al*., 2022) على محاصيل مثل القمح والذرة. والتي سلطت الضوء على أن الاحماض الدبالية تؤثر بشكل إيجابي على خصوبة التربة من خلال تحسين بنية التربة وتوافر العناصر الغذائية فيها. هذا يقودنا الى أن تطبيق محسنات التربة العضوية أو خلائطها يعد اجراء فعالا لرفع محتوى التربة من المادة العضوية لاسيما عند تطبيق برنامج ري مناسب .

5) **إنتاجية الحب:** جدول رقم (8) يوضح تأثير محسنات التربة على إنتاجية القمح كغ/دونم تحت مستويات الري

الموسم الأول					الموسم الثاني				
مخصبات	مستويات الري			معدل محسنات التربة	مخصبات	مستويات الري			معدل محسنات التربة
	%100	%75	%50			%100	%75	%50	
C0	314.03	305.63	250.07	289.91a	C0	304.13	286.67	255.07	281.96a
C1	330.53	316.67	256.47	301.22b	C1	337.17	262.77	261.07	287.00ab
C2	398.97	376.67	290.57	355.40c	C2	447.07	375.67	320.27	381.00c
C3	375.67	361.47	281.27	339.47d	C3	415.87	370.07	302.37	362.77d
C4	390.07	363.77	290.37	348.07e	C4	441.27	376.00	338.37	385.21ce
معدل مستويات مياه الري	341.85a	324.84b	273.75c		معدل مستويات مياه الري	389.10a	334.24b	295.43c	
L.S.D. 0.05%	I	4.51			L.S.D. 0.05%	I	4.35		
	C	5.82				C	5.61		
	C*I	7.94				C*I	7.65		

توضح نتائج الجدول (8) التأثير الإيجابي المعنوي لمحسنات التربة في تحسين إنتاجية محصول القمح مقارنةً بالشاهد(C0) ، إذ تفوق خليط الكمبوست + أكوا (C4) للموسم الثاني بزيادة قدرها36.61% . وهذا عائد لتأثير الإيجابي لكل من تأثير الإيجابي للمحسنات العضوية في تحسين بنية التربة وهو ما أثبته (Bogati& Walczak,2022) في دراسته واكده Ahmad *et al.*,2015 في دراسته على نبات القمح اذا أوضح التأثير الإيجابي و الفعال للاحماض العضوية وخاصة الهيوميك في زيادة محتوى رطوبة التربة مما ينعكس إيجابا على زيادة الإنتاجية.بالنسبة لمعاملات الري نلاحظ ارتفاع تدريجي بزيادة مستوى مياه الري من 50% إلى 100%، إلا أنّ مستوى الري المتوسط (75%) أعطى نتائج متميزة عند استخدام المحسنات العضوية والمعدنية متفوقا عن الشاهد حيث بلغت الزيادة لمعاملة C2,C4 (19.94,15.83)% عن الشاهد في حين ارتفعت للموسم الثاني لنفس المعاملات C4,C2 متفوقة معنويا بزيادة قدرها (23.63,23.52) % ، يلاحظ تفوق معاملات الخلائط

الموسمين عند الري الكامل، وتتفق هذه النتائج مع ما ورد في دراسات سابقة مثل نتائج (Abdel-Fattah ,2012) التي أوضحت دور الكمبوست والزيوليت في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وزيادة احتفاظها بالرطوبة، مما يوضح التأثير التكاملي بين المادة العضوية (الكمبوست) والزيوليت أوAQUASAVE في تحسين صفات التربة وزيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية والماء.وهذا ما أثبتته الدراسات اذ أوضحت دراسة ل (Guo *et al*,.2016) ان التأثير الإيجابي الناتج عن الجمع ما بين الكمبوست ومحسنات التربة الأخرى أدى لتعزيز خصائص التربة ونمو النبات بشكل كبير .

6)وزن الالف حبة: جدول رقم (9) يوضح تأثير محسنات التربة على وزن الالف حبة غ لنبات القمح تحت مستويات الري

الموسم الأول					**الموسم الثاني**				
مخصبات	**مستويات الري**			**معدل محسنات التربة**	**مخصبات**	**مستويات الري**			**معدل محسنات التربة**
	%100	**%75**	**%50**			**%100**	**%75**	**%50**	
C0	45.07	34.44	30.81	36.77a	**C0**	44.12	37.69	34.22	38.68a
C1	48.09	38.61	34.08	40.26b	**C1**	46.78	41.54	34.89	41.07b
C2	50.73	48.59	38.83	46.15c	**C2**	52.35	47.35	41.27	46.99c
C3	47.23	41.03	34.72	40.99bd	**C3**	45.36	43.50	34.53	41.13bd
C4	48.10	42.61	35.54	42.08bde	**C4**	51.49	45.34	38.68	45.17ce
معدل مستويات مياه الري	47.84a	41.12b	34.80c		**معدل مستويات مياه الري**	48.02a	43.08b	36.72c	
L.S.D. 0.05%	I	1.79			**L.S.D. 0.05%**	I	1.81		
	C	2.31				C	2.34		
	C*I	3.15				C*I	3.19		

يبين الجدول (9) وجود فروق معنوية بصفة وزن الالف حبة بين معاملات محسنات التربة ومستويات الري لكلا الموسمين اذ لوحظ التأثير الإيجابي للمحسنات بزيادة وزن الالف حبة مقارنة بالشاهد مع تفوق معنوي لمعاملة C2 لكلا الموسمين بزيادة قدرها (25.50)% انخفضت في الموسم الثاني ليصبح الفرق (21.48) % عن الشاهد وهذا يتوافق مع دراسة (Arjumend *et al*., 2015) التي اكدت ان استعمال الاحماض الدبالية خاصة حمض الهيوميك يزيد وزن الالف حبة من (8–16)% .بالنسبة لمستويات الري في حين كان الانخفاض معنوي لوزن الالف حبة بانخفاض مستويات الري المطبقة من 100% إلى 50% حيث انخفض وزن الالف حبة (27.25–)% للموسم الأول وتقلص الفارق بالموسم الثاني بانخفاض (23.53–) % عن الشاهد هذا يتوافق مع نتائج (Karmollachaab *et al*., 2013) .في حين يلاحظ ان المستوى 75% من الري أعطى نتائج متقاربة مع الري الكامل عند استخدام المحسنات حيث تراوح وزن الالف حبة بين (41.03–48.59)غ مما يعكس دورها في تعزيز كفاءة التربة في الاحتفاظ بالرطوبة وإتاحة العناصر الغذائية للنبات. يعزى ذلك لدور الاحماض العضوية وخاصة الهيوميك اسيد المكونة ل AQUASAVE على تحسين خصائص التربة مما ينعكس بشكل إيجابي في تحسن نمو النبات وزيادة وزن الحبوب ويتوافق هذا مع دراسة (Tahoun *et al*.,2022) التي اثبت ان معاملة التربة بحمض الهيوميك عمل على زيادة محصول الحبوب بنسبة (28.3–54.4)% .بالنسبة للتفاعل بين الري *والمحسنات تبين وجود فروقات معنوية بين معاملات محسنات التربة ومستويات الري في كلا الموسمين فيما يتعلق بصفة وزن الألف حبة. إذ لوحظ أن إضافة المحسنات (C1–C4) حسنت هذه الصفة مقارنةً بالشاهدC0 ،وكذلك مع ما أشار إليه Agegnehu *et al*. (2016) من أن دمج الكمبوست مع المحسنات المعدنية يعزز نمو المحاصيل وإنتاجيتها.

الاستنتاجات:

1) أظهرت نتائج التجربة أن اضافة المحسنات العضوية والمعدنية (زيوليت، AQUASAVE، والخلائط مع الكمبوست) أدى إلى تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة بشكل ملحوظ، من خلال زيادة السعة الحقلية، وخفض نقطة الذبول الدائم، وتقليل الكثافة الظاهرية، وزيادة المسامية والمادة العضوية، مما انعكس إيجابًا على إنتاجية القمح.حيث سجلت معاملة (C4) خليط الكمبوست+ AQUASAVE أفضل النتائج في رفع كفاءة استخدام المياه وتحسين التربة، كما حققت زيادة في السعة الحقلية (38.64%) وانخفاضًا في الكثافة الظاهرية (1.20 غ/سم³)، مع أعلى إنتاجية حبوب (385.21 كغ/دونم).
2) كانت المعاملات في الموسم الثاني متفوقة على معاملات الموسم الأول في معظم الصفات المدروسة، مما يشير إلى الأثر التراكمي للمحسنات على خصوبة التربة وبنيتها.

3) أوضحت النتائج أن التأثير المشترك بين المحسنات ومستويات الري (خصوصًا عند 75% من السعة الحقلية) أدى الى تقليل أثر الإجهاد المائي، وحافظ على مستويات إنتاجية مرتفعة مقارنة بالشاهد.

التوصيات:

1) التوسع في استخدام المحسنات العضوية والمعدنية، وخاصة خليط الكمبوست+AQUASAVE بدلاً من الاعتماد على محسن منفرد، نظرًا للتأثير التكاملي الذي أظهرته الدراسة من تعزيز لكفاءة استخدام المياه وتحقيق إنتاجية مرتفعة من القمح.
2) اعتماد مستوى ري 75% من السعة الحقلية مع إضافة المحسنات كخيار عملي لتحقيق إنتاجية عالية مع توفير نسبي لمياه الري.

المراجع:

1) عبد الرزاق، عمر. الجابر ، عايد.(1998): علم التربة (1) عملي، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية – حلب.
2) Abdel-Hassan, S. N., & Radi, A. M. A. (2018). Effect of zeolite on some physical properties of wheat plant growth (Triticum aestivum L.). Plant Archives, 18(2), 2641–2648.
3) Abdel-Fattah, M.K. (2012). Role of zeolite on controlling ammonium and nitrate losses from sandy soil and improving plant growth. Annals of Agricultural Sciences, 57(2): 113–120.
4) Abdelhafez, A. A., Abbas, M. H. H., & Abdelrahman, H. M. (2023). *Urea mixed zeolite: A new approach for reducing nitrogen loss and improving soil fertility*. Egyptian Journal of Soil Science, 63(2), 239–252
5) Agegnehu, G., Nelson, P.N., & Bird, M.I. (2016). Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols. Soil and Tillage Research, 160: 1–13.
6) Ahmad, I., Ali, S., Khan, K., Hassan, F., Ijaz, S. S., Bashir, K., Abbas, Z., Ahmad, M., & Shakeel, A. (2015). Use of coal derived humic acid as soil conditioner for soil physical properties and its impact on wheat crop yield. International Journal of Biosciences, 6(12), 81–89.
7) Al-Busaidi, A., Yamamoto, T., Tanigawa, T., & Abdel Rahman, H. A. (2011). Use of zeolite to alleviate water stress on subsurface drip irrigated barley under hot environments. Irrigation and Drainage, 60(4), 473–480.
8) Ampong, K., Thilakaranthna, M. S., & Gorim, L. Y. (2022). Understanding the Role of Humic Acids on Crop Performance and Soil Health. Frontiers in Agronomy, 4.

9) Arjumend, T., Abbasi, M. K., & Rafique, E. (2015). Effects of lignite-derived humic acid on some selected soil properties, growth and nutrient uptake of wheat (Triticum aestivum L.) grown under greenhouse conditions. Pakistan Journal of Botany, 47(6), 2231–2238.
10) Barbosa, S. M., de Oliveira, G. C., Carducci, C. E., & Silva, B. M. (2014). *Potencialidade de uso de zeólitas na atenuação do déficit hídrico em Latossolo do cerrado Potential use of zeolites in attenuation water deficit in cerrado Latosol*.
11) Bogati, K., & Walczak, M. A. (2022). The Impact of Drought Stress on Soil Microbial Community, Enzyme Activities and Plants. Agronomy, 12(1), 189.
12) Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). The Nature and Properties of Soils (15th ed.).
13) Dadashi, S. (2019). Survey on the Utilization of Urban Waste Compost, Vermicompost, Fertilizer in Different Parts of Iran: A Library Study. CPQ Agriculture, 1(1), 01–07. Retrieved from.
14) Duan, C., Li, J., Zhang, B., Wu, S., Fan, J., Feng, H., He, J., & Siddique, K. H. M. (2023). Effect of bio-organic fertilizer derived from agricultural waste resources on soil properties and winter wheat (Triticum aestivum L.) yield in semi-humid drought-prone regions. Agricultural Water Management.
15) Guo, L., Wu, G., Li, Y., Li, C., Liu, W., Meng, J., Liu, H., Yu, X., & Jiang, G. (2016). Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat–maize rotation system in Eastern China. Soil & Tillage Research, 156, 140–147.
16) Hamed, M., El-Khamisy, R., El-Gamal, B., Salem, T., & Abdelhafez, A. A. (2025). Urea mixed zeolite: A new approach for reducing nitrogen loss from
17) Hoque, M. N., Imran, S., Hannan, A., Paul, N. C., Mahamud, M. A., Chakrobortty, J., Sarker, P., Irin, I. J., Brestic, M., & Rhaman, M. S. (2022). Organic Amendments for Mitigation of Salinity Stress in Plants: A Review. Life, 12(10), 1632.
18) Imran, A., Sardar, F., Khaliq, Z., Nawaz, M. S., Shehzad, A., Ahmad, M., Yasmin, S., Hakim, S., Mirza, B. S., Mubeen, F., & Mirza, M. S. (2022). *Tailored bioactive compost from agri-waste improves the growth and yield of chili pepper and tomato*. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, Article 787764
19) Karmollachaab, A., Bakhshandeh, A., Gharineh, M. H., Telavat, M. R. M., & Fathi, G. (2013). Effect of Silicon application on Physiological characteristics and Grain Yield of Wheat under Drought stress condition. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(1), 30–37.
20) Khalifa, T. H. H., Ramadan, M. S. A., & Eid, M. S. M. (2021). Using Zeolite and Vermicompost Amendments to Improve Water Productivity of Wheat Irrigated by Low-quality Water in the Northern Nile Delta.
21) Kumar, A., Singh, B. K., & Kumar, R. (2023). Impact of drought stress on soil microbial communities and their functional roles in soil health. Environmental Microbiology Reports, 15(5), 1234–1245.
22) Nakachew, K., Gelaye, Y., Gebeyehu, S., Gebeyehu, T., & Eskezia, A. (2025). Exploring the Application of Zeolite Technology in Ethiopia: A Path to Sustainable Agriculture Development. Journal of Plant Nutrition and Soil Science.

23) Nakhli, S. A. A., Delkash, M., Bakhshayesh, B. E., Kazemian, H., & Kazemian, H. (2017). Application of Zeolites for Sustainable Agriculture: a Review on Water and Nutrient Retention. Water Air and Soil Pollution, 228(12), 1–34.
24) Ozores-Hampton, M., Biala, J., Evanylo, G. K., Faucette, B., Cooperband, L. R., Roe, N. E., Creque, J., & Sullivan, D. (2022). Compost use (pp. 777–846).
25) Paradelo, R., Eden, M., Martínez, I., Keller, T., & Houot, S. (2019). Soil physical properties of a Luvisol developed on loess after 15 years of amendment with compost. Soil & Tillage Research, 191, 207–215.
26) Putra, M. J. N. F. I. A., Soemarno, S., & Suntari, R. (2016). Humification degree and its relationship with some soil physical characteristics on robusta coffee (Coffea canephora) plantation. Journal of Degraded and Mining Lands Management, 3(4), 649–658.
27) Qu, Z., Feng, J., & Wang, H. (2023). Impact of drought on soil microbial biomass and extracellular enzyme activity. Frontiers in Plant Science, 14, 1221288.
28) Salehi, M., Zare, M., Bazrafshan, F., Aien, A., & Amiri, B. (2021). Effects of Zeolite on Agronomic and Biochemical Traits and Yield Components of Zea mays L. cv Simone Under Drought Stress Condition. Deleted Journal, 104(1), 157–166.
29) Salehi, M., Zare, M., Bazrafshan, F., Aien, A., & Amiri, B. (2021). Effects of Zeolite on Agronomic and Biochemical Traits and Yield Components of Zea mays L. cv Simone Under Drought Stress Condition. Deleted Journal, 104(1), 157–166.
30) Seguel, O., Parra, C., Homer, I., Kremer, C., & Beyá-Marshall, V. (2019). Efecto del ácido húmico sobre las propiedades físicas de un Haplohumult cultivado con trigo. 47(3), 27–38.
31) Shaaban, A. F. (2022). Integrative Soil Application of Humic Acid and Foliar Plant Growth Stimulants Improves Soil Properties and Wheat Yield and Quality in Nutrient-Poor Sandy Soil of a Semiarid Region. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, soil. New Valley Journal of Agricultural Science, 5(1), 18–30.
32) Tahoun, A. M. A., El-Enin, M. M. A., Mancy, A. A. G., Sheta, M. H., &
33) Yang, Y., Liu, H., Wu, J., Zhang, S., Gao, C., Zhang, S., & Tang, D. (2023). Soil enzyme activities, soil physical properties, photosynthetic physical characteristics and water use of winter wheat after long-term straw mulch and organic fertilizer application. Frontiers in Plant Science, 14.
34) YE, X., LING, A., LIU, Q., HAO, W., LI, Y., XUE, Q., & LIU, G. (n.d.). Effect of Humic Acid on Soil Physical and Chemical Properties in Tobacco Field.
35) Zhang, Y. (2023). Impact of Drought Stress on Yield-Related Agronomic Traits of Different Genotypes in Spring Wheat. Agronomy.
36) Zhao, Y., Wang, L., & Wang, J. (2023). Advances in composting technology and its role in sustainable agriculture: A review. *Journal of Environmental Management, 345*, 118556.
37) Zemánek, P. (2011). Evaluation of compost influence on soil water retention. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 59(3), 227–232.
38) Zhu, X., Peng, W., Xie, Q., & Ran, E. (2024). Effects of Soil Compaction Stress Combined with Drought on Soil Pore Structure, Root System Development, and Maize Growth.

Studying the effect of some organic and mineral soil improvers on improving some physical soil properties under water stress conditions

Abstract

The research was conducted during the 2023/2024 growing seasons at the ACSAD Research Station in the Al-Mayri'iyah area, east of Deir ez-Zor, following a randomized complete block design with split plots, involving two factors (irrigation and soil amendments). Irrigation levels (100%, 75%, and 50% of field capacity) were assigned to the main plots, while soil amendments (C0, C1, C2, C3, C4) were allocated to the subplots. Wheat was cultivated in longitudinal plots with an area of 2 × 8 m², aiming to investigate the effect of zeolite, Aquasave fertilizer, a compost + zeolite mixture, and a compost + Aquasave mixture on soil properties and wheat yield.

The results showed that soil amendments contributed to improving both wheat yield and soil properties across the two seasons. Irrigation levels, organic and mineral amendments, and their interactions had significant effects on all studied traits. Field capacity values increased across all treatments compared to the control in both seasons, with a significant superiority for treatment C4 in the second season, where field capacity reached 38.64%, representing an increase of 8.44% over the control. The permanent wilting point decreased under treatment C1 by −21.22% in the second season, reflecting an increase in available soil moisture.

Regarding physical properties and productivity, the second season outperformed the first. Wheat yield under treatment C4 reached 385.21 kg/dunum, with an increase of 36.61% over the control. Moreover, the second season showed improvements in most traits compared to the first: field capacity increased by 2.3%, organic matter by 27.33%, bulk density decreased by 2.3%, porosity increased by 3.4%, grain yield rose by 18%, and thousand-kernel weight increased by 5.7%. Overall, the best results were obtained with treatments C2 and C4 under full and partial irrigation (75%), achieving the highest efficiency in enhancing soil physical and moisture properties as well as wheat productivity, while the second season was clearly superior compared to the first.

Keywords: Zeolite, Aquasave, Compost mixtures, Water stress, Soil physical and moisture properties, Wheat productivity.