Effect of two levels of organic matter on some physical properties of tow soil types and tomato productivity under greenhouse system

Dr. Jehad Ibraheem[*]
Dr. Ghiath Alloush[**]
Seba Saeed[***]

(Received 12 / 9 / 2024. Accepted 5 / 2 /2025)

□ ABSTRACT □

Soil amendments and treatments significantly improve soil structure and enhance crop growth, preventing soil degradation and reduced yields of crops grown in it, and one of them, the addition of manure. A study was conducted by planting tomato plants in plastic columns with a height of 50 cm and a diameter of 25 cm in a greenhouse at Lattakia University campus in 2021 using two types of soil, Loamy soil (L), and sandy Loam soil (SL), and by adding three levels of organic matter (cow manure) 0%, 4% and 8% for each soil, with three replicates. The experiment consisted of 18 columns that were distributed in a completely random design.

The effect of these additions on some physical indicators was tracked, and the results showed a decrease that the bulk density of the loamy soil (L) decreased by 0.09 g/cm^3 at the 4% addition level and decreased by 0.22 g/cm^3 at the 8% addition level. As for the (SL) sandy loam soil, the bulk density decreased by 0.10 g/cm^3 at the 4% addition level and 0.20 g/cm3 at an addition level of 8%. The improved bulk density had a positive impact on tomato productivity. The hydrodynamic parameters (a, b) (which are experimental parameters), where the (a) experimental parameter in soil (L) increased from 0.0132 to 0.0862 at the 4% addition level, and to 0.267 at the 8% organic matter addition. This is an increase by 0.253 compared to the control (0.0132). For the SL soil, the parameter (a) increased from 0.118 in the control treatment to 0.489 at the 4% addition level and to 1.035 at the 8% addition level. This constitutes an increase of 0.917 at the 8% addition level compared to the control (0.118).

The parameter (b) increased from -7.314 to -5.562 at the level of addition of 8% in the loamy soil (L). An increase by 1.752 in the loamy soil (Al-Hanady soil), while the parameters b increased in the soil (SL) (Al-Hatra) from -5.475 to -4.236 at 8% level of organic matter application, an increased by 1.239 in the sandy loam soil (SL).

The results show that the addition of organic matter affected the increase in tomato productivity in the two cultivation media. The increase in the loamy soil (L) by 12.6% and 25 % in the 4 and 8% treatments, respectively, compared to the control. While in the sandy loam soil (SL), productivity was increased by 19.5%and 26.9% in the 4 and 8 % treatments, respectively, compared to the control.

Key Word: Organic matter, Bulk density, soil water retention parameters, Greenhouses, Tomato.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University,lattakia, Syria**
[**] **Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University,lattakia, Syria**
*****Postgraduate student (Ph.D), Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University,lattakia, Syria**

تأثير مستويات مختلفة من المادة العضوية في بعض الخواص الفيزيائية لنوعين من الترب وإنتاجية نبات البندورة تحت نظام الزراعة المحمية

د. جهاد ابراهيم*

د. غياث علوش**

صبا سعيد***

(تاريخ الإيداع 12 / 9 / 2024. قبل للنشر في 5 / 2 / 2025)

□ ملخّص □

تعمل التعديلات ومعالجات التربة على تحسين بنيتها بشكل كبير وتعزيز نمو المحاصيل، وذلك لمنع تدهورها وانخفاض غلة المحاصيل المزروعة فيها، ومن هذه المعالجات إضافة السماد العضوي.

أُجريت دراسة بزراعة نبات البندورة ضمن أعمدة بلاستيكية بارتفاع 50سم وقطر 25سم في بيت بلاستيكي في موقع جامعة اللاذقية عام 2021 باستخدام نوعين من الترب، تربة لومية L، وتربة لومية رملية SL، وبإضافة ثلاث مستويات من المادة العضوية (زبل بقري) 0%، 4% و 8% لكل تربة، ووزعت المعاملات بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة، وبثلاث مكررات لكل معاملة وكان عدد الأعمدة 18.

تم تتبع أثر هذه الإضافات على بعض المؤشرات الفيزيائية، وقد بيّنت النتائج انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة اللومية L عند مستوى الإضافة 4% بمقدار 0.09غ/سم^3 وبمقدار 0.22غ/سم^3 عند مستوى الإضافة 8%، وبالنسبة للتربة اللومية الرملية SL فقد انخفضت الكثافة الظاهرية بمقدار 0.10غ/سم^3 عند مستوى الإضافة 4% و0.20غ/سم3 عند مستوى إضافة 8% مما انعكس إيجابياً على الإنتاجية. زادت الثوابت الهيدروديناميكية (a, b) (وهي ثوابت تجريبية) في التربة L حيث ارتفع الثابت a من 0.0132 إلى 0.0862 عند مستوى إضافة 4%، وإلى 0.267 عند مستوى إضافة 8%، وهي زيادة بمقدار 0.253 مقارنة بالشاهد (0.0132)، أما في التربة SL فقد زاد الثابت a من 0.118 في الشاهد إلى 0.489 عند مستوى إضافة 4% وإلى 1.035 عند مستوى إضافة 8%، وهي زيادة وقدرها 0.917 مقارنة بالشاهد (0.118).

أما بالنسبة للثابت b فقد ارتفع من −7.314 إلى −5.562 عند مستوى إضافة 8%، أي بزيادة وقدرها 1.752 في التربة اللومية L (تربة الهنادي)، وازداد في التربة SL (الحترة) من −5.475 إلى −4.236 عند مستوي الإضافة 8% أي بزيادة وقدرها 1.239.

وتوضح النتائج أن إضافة المادة العضوية قد أثّرت في زيادة إنتاجية البندورة في وسطي الزراعة. وكانت الزيادة في التربة اللومية بمعدل 12.6% عند مستوى الإضافة 4%، و 25% في معدل الإضافة 8% وذلك مقارنة بالشاهد بدون إضافة المادة العضوية، أما التربة SL فقد كانت الزيادة في الإنتاجية في المستوى الأول من الإضافة (4%) 19.5%، و 26.9% عند المستوى الثاني (8%).

الكلمات المفتاحية: المادة العضوية، الكثافة الظاهرية، الثوابت الهيدروديناميكية، الزراعة المحمية، البندورة.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

*أستاذ – كلية الهندسة الزراعية- جامعة تشرين- اللاذقية- سوريا.

**أستاذ- كلية الهندسة الزراعية- جامعة تشرين- اللاذقية- سوريا.

***طالب دكتوراه – كلية الهندسة الزراعية- جامعة تشرين- اللاذقية- سوريا.

مقدمة:

تعد التربة خليط معقد من المعادن والماء والهواء والمواد العضوية والكائنات الحية، وذلك ضمن منظومة مكونة من ثلاثة أطوار وهي الطور الصلب، والطور السائل، والطور الغازي، حيث يصعب الفصل بين أطوار التربة الثلاثة، فهي تتداخل وترتبط فيما بينها بشكل كبير، فالطور الصلب بشقيه المعدني والعضوي يمثل خزان للعناصر الغذائية التي يتطلبها النبات لنموه، والذي يؤمن نقلها إلى جذور النبات ما يسمى بمحلول التربة (الطور السائل) وهذا يتطلب توفر رطوبة مناسبة في التربة لامتصاص الماء والعناصر الغذائية، أي أن النبات يتطلب حالة فيزيائية مناسبة خلال مراحل نموه، فهي المسؤولة عن عمليات نقل وتخزين العناصر الغذائية داخل قطاع التربة (Guber, 2007)، ومن هنا تأتي أهمية التوازن بين الطورين السائل والغازي ضمن هذه المنظومة.

وهذا التوازن بدوره يحقق نمو أفضل للنبات وإنتاجية أعلى، فقد أصبح زيادة إنتاج الغذاء هاجس عالمي، وفي الوقت الحالي، يشكل أحد أهم التحديات الرئيسية في الزراعة لتلبية متطلبات النمو السكاني والتي ستظل ضرورية في المستقبل بسبب ضغط السكان. وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على جودة المحاصيل في إنتاج الغذاء وأحدها هو نظام التسميد. لأن نمو وإنتاجية محاصيل الخضروات يعتمد بشكل أساسي على نوعية وكمية الأسمدة المستخدمة (Keng *et al*., 2010).

وإن سياسة التسميد المكثف تشجع على تحقيق إنتاج أعلى، ولكن بتكلفة أكبر، كما أنّ الاستخدام المفرط للأسمدة الكيميائية ولاسيما الآزوتية لا يؤدي إلى تفاقم تكاليف الإنتاج فحسب، بل يساهم أيضًا في تلوث البيئة (Guo et al, 2021; Maria and Mariana, 2017)، وتؤدي إلى تحميض التربة في الأراضي الزراعية (Tingyu et al., 2022; Yin et al., 2018).

وكوسيلة للحفاظ على الاستخدام المستدام لخصوبة التربة فإنّ التطبيق المشترك للأسمدة العضوية والكيميائية يعتبر أداة إنتاج مهمة لتحسين الغلة الزراعية. حيث يقلل هذا التسميد من استخدام الأسمدة الكيماوية ويحمي البيئة (Guirado et al., 2021; Iqbal et al.,2019). وقد بين Adekiya وآخرون (2020) أن الأسمدة العضوية الممزوجة بأسمدة الآزوت(N) والفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) تعمل على تحسين نمو النبات والإنتاجية، حيث ترتبط إنتاجية النبات ارتباطاً وثيقاً بالمادة العضوية (Bauer and Black, 1994) لما تلعبه من دور أساسي في تحسين خواص التربة الفيزيائية وتأمين تهوية ممتازة وتصريفًا ونشاطًا ميكروبيًا، وهذا بدوره يحسن كفاءة امتصاص العناصر الغذائية من قبل المحاصيل (Lirikum et al., 2022, Neelam *et al*., 2011). والذي يعود إلى تحسن الخواص الهيدروليكية للتربة التي تلعب دوراً مهماً في نقل الماء والمغذيات فيها، فهي تعتبر من بين أهم الثوابت التي تقيس جودة التربة وسعتها لتخدم النظام البيئي (da Silva *et al*., 2020). وتتضمن هذه الخواص معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع وغير المشبع، والكثافة الظاهرية، والماء المتاح، ونقطة الذبول الدائم، ونسبة منع الارتشاح، والسعة الحقلية، وسعة مسك الماء، وعمق الماء الجوفي والتي هي مطلوبة لفعاليات إدارة المياه المتنوعة.

ويعتبر التسميد العضوي أحد الطرق الأكثر استخداماً لزيادة قدرة الترب على الاحتفاظ بالماء في تطبيقات إدارة التربة. ويتم تعريف سعة الاحتفاظ بالماء على أنها كمية الماء المحتجزة في التربة لاستخدامها من قبل النباتات، وتحدد هذه الكمية إلى حد كبير من خلال قوام التربة وبشكل أدق بناء التربة ومحتواها من المادة العضوية (Soil Management Guide , 2008)، وبالتالي تقليل رشح الماء داخل التربة والقضاء الجزئي على عواقب انضغاط التربة بعد عمليات الخدمة (Urbanovicova *et al*., 2018; Kroulik *et al*., 2011).

لا بد من الاهتمام بصحة التربة، فهي جوهر نظام الإنتاج السليم، الذي يعتبر مطلب المزارعين الأول من الزراعات المتنوعة، وقد انتشرت الزراعات المحمية ومنها زراعة نبات البندورة، حيث زاد اهتمام المزارعون بإنتاجها بسبب طول فترة الإثمار، والربحية العالية، وقدرتها على تحسين الدخل وتأمين الغذاء للإنسان(Tola, 2014; Awas *et al*., 2010).

ينتمي نبات البندورة (*Lycopersicon esculentum* Miller)، إلى لعائلة الباذنجانية Solanaceae (Taylor,1986)، وهو أحد أكثر المحاصيل الخضرية المهمة اقتصادياً في العالم (Lahoz *et al*., 2016)، و يحتل المرتبة الثانية بعد البطاطا عالميا (Pishgar-Komleh et al. 2017; FAO 2023)، وينمو على نطاق واسع في مختلف الترب والظروف المناخية (Azad *et al*., 2019). يعمل كمصدر مهم للمواد الغذائية التي تكون غنية بالفيتامينات، والمعادن، والألياف الغذائية، بما في ذلك مضادات الأكسدة مثل الليكوبين والبيتا كاروتين، والتي تعمل بمثابة مضاد للسرطان (Afsana *et al*., 2017, Dragan *et al*., 2010).

والمزارع في سوريا يسعى أيضا وراء زيادة الإنتاج، فقد انتشرت البيوت البلاستيكية في المنطقة الساحلية، وقد تجاوز عدد البيوت البلاستيكية في المنطقة الساحلية من سورية 165,000 بيت، تشكل البندورة حوالي 85% منها (المجموعة الإحصائية الزراعية 2020).

حيث يقوم بإضافة الزبل البقري لرفع القدرة الإنتاجية لأرضه، وكانت هذه الإضافات إمّا 4% او 8% وعليه تم تناول هذين المستويين من الإضافة العضوية في دراستنا هذه، بغية تتبع أثر هذه الإضافة العضوية بوجود التسميد المعدني من حيث تأثيرها على قوة مسك الماء في التربة أي على منحنيات الشد الرطوبي والثوابت الهيدروديناميكية، والكثافة الظاهرية وانعكاس ذلك على الإنتاجية من جهة وعلى حركة العناصر ضمن آفاق التربة فكانت أهداف البحث:

1. البحث عن أثر إضافة مستويات مختلفة من المادة العضوية على بعض الخصائص الفيزيائية وتغيراتها لنوعين من الترب وعلى إنتاجية نبات البندورة.
2. البحث عن تأثير مستويات المادة العضوية في نوعين من الترب على حركة وانغسال بعض العناصر الغذائية.

طرائق البحث ومواده:

مواد التجربة:

1. التربة: تم استخدام نوعين من الترب (تربة جمعت من منطقة الهنادي التي تبعد 10كم جنوب شرق مدينة اللاذقية، وتربة تسمى اصطلاحاً حترة جمعت من التكشفات البركانية لتربة الحترة في منطقة بانياس).

2. الزبل البلدي: عبارة عن زبل بقري تم الحصول عليه من مبقرة جب رملة – الغاب التابعة للمؤسسة العامة للمباقر.

3. المادة النباتية: نبات البندورة (هجين روز).

تحضير التجربة والزراعة:

تم تجفيف الترب هوائياً وتنخيلها على أقطار 5ملم لاستخدامها في الزراعة، وتنخيل قسم منها على أقطار 2ملم لإجراء التحاليل المخبرية وتحديد بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية (جدول 1). خضعت التربتين والزبل البلدي للتحليل المخبري لتحديد أهم الخواص الخصوبية ومحتواها من العناصر الغذائية (Ryan *et al*., 2001)، والتي تم توضيحها في الجدول 1. وكذلك تمّ تجفيف الزبل هوائياً وتنقيته من الشّوائب إضافته إلى وسط التجربة بعد تنخيله على أقطار 2ملم، كذلك تمّ اجراء التحاليل الكيميائية كما هو مبين في الجدول 1.

تمت زراعة شتول البندورة ضمن أعمدة اسطوانية الشكل داخل البيت البلاستيكي ارتفاعها 50سم وقطرها 25سم وبسماكة 7ملم وذلك باستخدام (التربة والحترة)، كوسطين للزراعة، حيث كان وزن التربة في العمود 25كغ، وقد تم تطبيق التسميد الأساسي واللاحق وفق البرنامج التسميدي المشار له لاحقا وذلك خلال موسم النمو (تشرين1–نيسان) من العام 2022/2021 (جدول 2).

جدول 1: أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربتي الدّراسة والزبل البقري المستخدم.

القيم هي متوسط ثلاث عينات أُخذت عشوائياً.

الخواص		تربة الهنادي	الحترة	زبل أبقار
تحليل ميكانيكي (%)	طين	20.23	17.57	–
	سلت	2.91	3.18	–
	رمل	76.86	79.25	–
	قوام التربة*	لومية L	لومية رملية SL	–
السعة الحقلية % وزناً		22.31	20.16	_
نقطة الذبول % وزناً		11.57	8.87	_
الكثافة الظاهرية غ/سم^3		1.21	1.24	_
الكثافة الحقيقية غ/سم^3		2.64	2.83	_
pH (2.5:1 تربة:ماء)		7.52	7.58	7.71
EC (2.5:1 تربة:ماء) ميليموس/سم		0.165	0.190	8.84
C–عضوي (%)		0.88	0.28	24.94
OM (%)		1.5	0.48	43.0
$CaCO_3$ (%)		1.17	3.83	20.75
CEC (ميليمكافىء/100 غ تربة)		21.85	56.12	–
الآزوت	TN (%)	0.074	0.020	1.213
	NO_3(مغ/كغ تربة)	56.1	30.5	
	NH_4(مغ/كغ تربة)	20.0	10.0	
العناصر المتاحة (مغ/كغ تربة)	P	18.1	13.9	1020.3
	K	201.4	776.4	592.5
	Ca	4240	9307	4053
	Mg	624	1760	2544
N/C		11.69	13.65	20.56

***تم تحديد نوع الترب باستخدام مثلث القوام الألماني (TGL 24300/05) (1985)**

يبين الجدول (1)، أن كلا التربتين ذات pH وEC مناسبتين لزراعة البندورة، وكلاهما ذات محتوى عالي من العناصر الغذائية (Mg, Ca, K, P, N)، وذات محتوى منخفض من المادة العضوية، وزبل الأبقار ذو درجة تخمر جيدة حيث أن نسبة N/C 20.56 ومحتوى جيد من العناصر الغذائية الكبرى.

تصميم التجربة:

صُمّمت التجربة بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة وبثلاث مكررات لكل معاملة وكان عدد الأعمدة (18) عمود كما هو مبين في المخطط (1)، وذلك لدراسة تغيرات الخواص الفيزيائية للتربة وانغسال العناصر الغذائية في الوسط

المسامي وتتبع حركتها عبر آفاق التربة باستخدام أقداح فخارية صغيرة صُنّعت في المخبر من طين عالي النقاوة، تم زراعتها في التربة من خلال ثقوب ضمن الأعمدة وعلى أعماق مختلفة شكل (1)، لسحب عينات مياه من هذه الأعماق وتحديد تراكيزها مع الزمن لمعرفة تأثير نوع التربة ونسبة المادة العضوية على انغسال العناصر الغذائية. واقتصرت دراستنا هنا على الهدف الأول (على الجانب الفيزيائي)، وإنتاجية نبات البندورة.

	OM(0%)	OM(4%)	OM(8%)
H	$H\text{-}OM_{0\%}$	$H\text{-}OM_{4\%}$	$H\text{-}OM_{8\%}$
R	$R\text{-}OM_{0\%}$	$R\text{-}OM_{4\%}$	$R\text{-}OM_{8\%}$
H	$H\text{-}OM_{4\%}$	$H\text{-}OM_{8\%}$	$H\text{-}OM_{0\%}$
R	$R\text{-}OM_{4\%}$	$R\text{-}OM_{8\%}$	$R\text{-}OM_{0\%}$
H	$H\text{-}OM_{8\%}$	$H\text{-}OM_{0\%}$	$H\text{-}OM_{4\%}$
R	$R\text{-}OM_{8\%}$	$R\text{-}OM_{0\%}$	$R\text{-}OM_{4\%}$

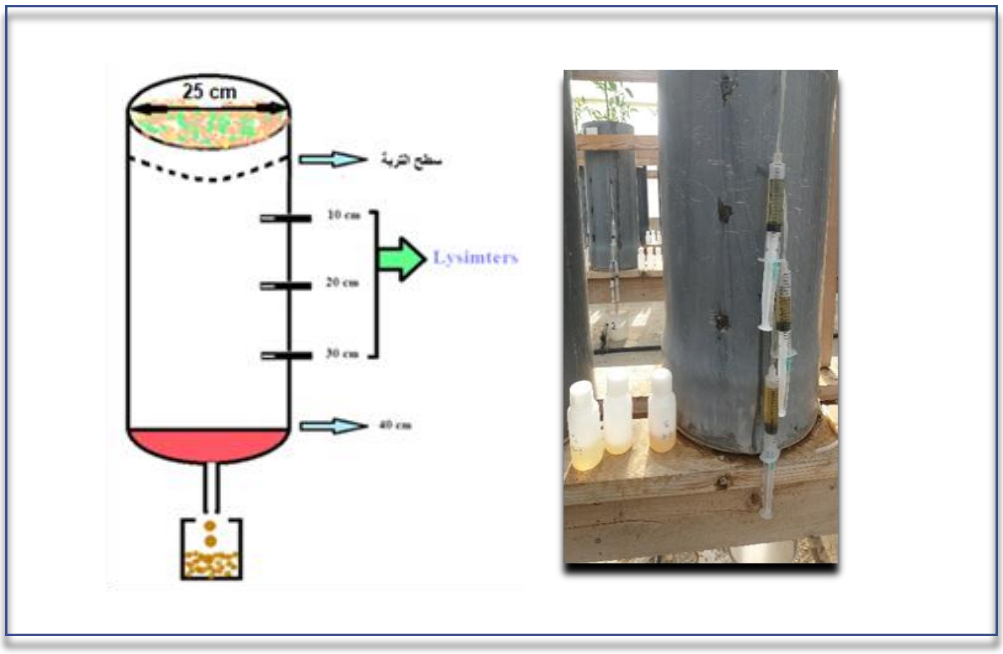
مخطط (1): يوضح توزع معاملات التجربة وفق القطاعات العشوائية الكاملة

حيث: H : تربة أولى، لومية L (تربة الهنادي)، R: تربة ثانية لومية رملية SL (تربة الحترة- بانياس).

OM(0%): هي معاملة الشاهد لكل من نوعي الترب المستخدمة بدون أي إضافة من المادة العضوية (زبل بقري).

OM(4%): هي المعاملة التي تلقت 4% مادة عضوية (زبل بقري) لكل من نوعي الترب المستخدمة في التجربة.

OM(8%): هي المعاملة التي تلقت 8% مادة عضوية (زبل بقري) لكل من نوعي الترب المستخدمة في التجربة.



الشكل (1): تصميم أعمدة الزراعة في البيت البلاستيكي بنظامي التربة L والحترة sL

البرنامج التسميدي:

تمّ خلط الأسمدة الأساسية من نترات الأمونيوم (33% N)، سوبر فوسفات الثلاثي (46% P_2O_5)، وسلفات البوتاسيوم (50% K_2O) وذلك بالكميات التي يشير لها الجدول 3 لجميع الأعمدة، وتمّت إضافة الزبل البقري بالنسب 0، 4، و8% بحسب المعاملة. بلغ وزن التربة التي تتسع لها الأعمدة 25 كغ جافة هوائياً، وكان الوزن الجاف تماما للتربة L (تربة الهنادي) 24.44غ، وللتربة SL (الحترة) 23.31غ، حيث كان متوسط الرطوبة الجافة هوائياً لهما M% (2.68% ,7.25%) على التوالي، بعد ذلك تم استكمال البرنامج التسميدي خلال مراحل نمو النبات وفق الجدول (3).

جدول (3): البرنامج التسميدي المتبع في دراسة الأعمدة.

الإضافات السمادية	بعد التشتيل (أسبوع)
سوبر فوسفات مثلث (TSP, 46% P_2O_5)=25غ سلفات البوتاسيوم (50% K_2O)=20 غ نترات الأمونيوم (33% N)= 20 غ	تسميد أساسي 0 – 4 – 8% زبل بقري بحسب المعاملة
عالي الفوسفور $K_2O–P_2O_5–N$(13:40:13) = 2 غ	2
عالي الفوسفور $K_2O–P_2O_5–N$ (13:40:13) = 2 غ	4
متوازن $K_2O–P_2O_5–N$(20:20:20) = 2 غ	6
متوازن $K_2O–P_2O_5–N$(20:20:20) = 2 غ	8
متوازن $K_2O–P_2O_5–N$(20:20:20) = 2 غ	10
عالي البوتاس $K_2O–P_2O_5–N$(30:15:15) = 2 غ	12
عالي البوتاس $K_2O–P_2O_5–N$ (30:15:15) = 2 غ	14
عالي البوتاس $K_2O–P_2O_5–N$ (30:15:15) = 2 غ	16 – النهاية

الزراعة والعناية بالتجربة:

تمّت زراعة شتول البندورة (صنف هجين روز) في الأعمدة البلاستيكية، وهي شتول متجانسة بعمر 30 يوم (4–6 أوراق حقيقية) بتاريخ 2021/10/11 وبعد حوالي شهر تمت تربية النبات على ساق واحدة وإزالة الأوراق الأبطية واستمرت هذه العملية طيلة الموسم، وعند العنقود الخامس تم تطويش النباتات (إزالة البرعم القمي) بتاريخ 2022/3/10 وتمت عملية جني الثمار على مراحل حسب نضج الثمار، وفي نهاية التجربة تمّ الحصاد بتاريخ 2022/4/7.

الري: تمّ ترطيب تربة الأعمدة بمعدل مرتين أسبوعياً لتصل الرطوبة إلى السعة الحقلية للتربة في مراحل النمو الأولى وحتّى ظهور العنقود الزهري الثالث، ومن ثُمّ كان الري، حسب قراءة جهاز قياس المحتوى الرطوبي للتربة على عمق 15سم.

المكافحة: تمّت عمليات المكافحة الوقائية للأمراض الفطرية (اللفحة، بياض زغبي، وبياض دقيقي)؛ والإصابات الحشرية (الذبابة البيضاء وحافرة الأنفاق). لم تظهر أي أعراض مرضية أو حشرية على نباتات التجربة.

التحاليل الفيزيائية على التربة:

– في نهاية التجربة: بعد حصاد المحصول تم أخذ عينات تربة غير مخربة البناء بواسطة أسطوانات معدنية من جميع المعاملات بمكرراتها الثلاث لتحديد: الكثافة الظاهرية، منحنيات الشد الرطوبي في التربة، و الثوابت الهيدروديناميكية.

- عند بداية التجربة: تم تحديد نوع الترب المستخدمة كما هو مبين في الجدول (1)، وتم ضبط مستويات الرطوبة في معاملات التربة باستخدام جهاز قياس الرطوبة (LUTRON-PMS-714) بعد معايرته في المخبر حيث تم التوصل إلى المعادلات التالية حسب المعاملات المدروسة جدول (3)

جدول (3): معادلات المعاملات المدروسة لضبط مستويات الرطوبة فيها

المعاملة	المعادلة	R^2
تربة(L) شاهد (دون إضافة مادة عضوية)	Y=0.968X-4.940	0.960
تربة (L) مع مستوى اضافة $OM_{(=4\%)}$	Y=2.084X-25.52	0.991
تربة (L) مع مستوى اضافة $OM_{(=8\%)}$	Y=1.564X-15.32	0.836
تربة(SL) شاهد (دون إضافة مادة عضوية)	Y=1.004X-12.86	0.981
تربة (SL) مع مستوى اضافة $OM_{(=4\%)}$	Y=1.168X-14.53	0.971
تربة (SL) مع مستوى اضافة $OM_{(=8\%)}$	Y=1.545X-22.82	0.988

حيث: Y: قراءة الجهاز، X: المحتوى الرطوبي % وزناً.

ومن خلال قراءة الجهاز، تم تحديد المحتوى الرطوبي الحالي للتربة (M%) لحساب كمية الماء الواجب اضافتها لكل عمود لرفع الرطوبة إلى المستوى المطلوب (السعة الحقلية) وذلك بوضع الجهاز بشكل عمودي في التربة مع مراعاة التلامس التام معها وحتى عمق 15سم وتكون قراءة الجهاز هي Y ويتم تعويضها في المعادلة الموافقة للمعاملة للحصول على الرطوبة الحالية لحظة القياس (M%)، وبعد ذلك يتم حساب وزن التربة بالعمود عند هذه الرطوبة من العلاقة (1):

$$mm = \frac{ms(100 + M\%)}{100}$$

حيث:

mm: وزن التربة في العمود مع الرطوبة الحالية.

ms: وزن التربة الجاف تماما في كل عمود وهي معروفة لكل عمود.

M%: الرطوبة الحالية للتربة وتؤخذ من قراءة الجهاز. كما هو مبين في الشكل (1)

وبعد حساب mm، نحسب كمية الماء الواجب اضافتها للوصول إلى السعة الحقلية من تطبيق العلاقة (2):

$$\Delta H2O = \left(\frac{M2 + 100}{M1 + 100} - 1\right) * mm$$

حيث أن:

ΔH_2O: كمية الماء الواجب اضافتها لرفع رطوبة التربة من الرطوبة الحالية إلى أخرى مطلوبة (سعة حقلية).

M2: الرطوبة المطلوبة % وزناً عند السعة الحقلية.

M1: الرطوبة الحالية % وزناً وتؤخذ من قراءة الجهاز.

mm: وزن التربة مع الرطوبة الحالية وتم حسابها من العلاقة (1).

وكانت القراءة تتم بشكل أسبوعي في ظروف التبخر العادية وأقل في ظروف التبخر العالي (3-4) مرات.

النتائج والمناقشة:

1 –تأثير إضافة مستويات مختلفة من المادة العضوية على منحنيات الشد الرطوبي والثوابت الهيدروديناميكية:

منحني الشد الرطوبي هو المنحني الذي يوضح العلاقة بين المحتوى الرطوبي للتربة وقوة مسك الماء فيها وهو يؤثر في جميع العمليات المسؤولة عن عمليات النقل والتخزين داخل قطاع التربة، ويتأثر بعوامل كثيرة منها قوام التربة، وبناء التربة، وحجم المسام، وتوزع المسام، والكثافة الظاهرية، والمادة العضوية (Strudleym *et al*., 2008; Zhou *et al*., 2008). فهو مهم للنمذجة الزراعية البيئية (Ventrella *et al*. 2012; Castellini *et al*. 2016; da Silva *et al*. 2017) ، أو لجدولة الري وتحسينه (Katerji *et al*. 2013; Rallo *et al*., 2018).

ونظراً لأهمية هذا المنحني تم تحديده على عينات تربة غير مخربة البناء اسطوانية الشكل في المخبر بواسطة جهاز الضغط الغشائي بتطبيق ضغوط متزايدة على عينات تربة مشبعة، وهذه الضغوط كانت عند pF (1.8, 2.5, 3, 3.5, 4.2) وبعد ذلك تم إيجاد العلاقة بين θ الرطوبة الحجمية وΨ الشد الرطوبي، للوصول إلى العلاقة من الشكل: $\Psi = a.\theta^b$ حسب (Gardner *et al*., 1970).

حيث: a,b ثوابت تجريبية للمعاملات المدروسة كما هو مبين في جدول رقم (4) وشكل رقم (2).

جدول (4) يبين العلاقة بين θ الرطوبة الحجمية وΨ الشد الرطوبي للمعاملات المدروسة:

المعاملة	المعادلة	معامل التحديد	الثوابت التجريبية	
		r^2	A	b
تربة(L) شاهد (دون إضافة مادة عضوية)	$\Psi=0.0132*\theta^{-7.3144}$	0.9872	0.0132	-7.3144
تربة(L) مع مستوى إضافة OM(=4%)	$\Psi=0.0862*\theta^{-6.25}$	0. 98	0.0862	-6.25
تربة(L) مع مستوى إضافة OM(=8%)	$\Psi=0.267*\theta^{-5.562}$	0. 98	0.267	-5.562
تربة(SL) شاهد (دون إضافة مادة عضوية)	$\Psi=0.1185*\theta^{-5.475}$	0.98	0.1185	-5.475
تربة (SL) مع مستوى إضافة OM(=4%)	$\Psi=0.489*\theta^{-4.684}$	0.98	0.489	-4.684
تربة(SL) مع مستوى إضافة OM(=8%)	$\Psi=1.035*\theta^{-4.236}$	0.98	1.035	-4.236

نلاحظ من الشكل (2) أنه كلما زاد الشد الرطوبي يتناقص المحتوى الرطوبي للتربة ونلاحظ عند pF=3 يتغير مسار منحنيات الشد الرطوبي وهذا يعود إلى توزيع النظام المسامي في التربة.

كما نلاحظ في الجدول (4) أن الثوابت التجريبية في التربة L زادت حيث أن الثابت a قد زاد من 0.0132 إلى 0.0862 عند مستوى إضافة 4%، وإلى 0.267 عند مستوى إضافة 8%، أي زاد بمقدار 0.253 مقارنة بالشاهد. وفي التربة SL فقد زاد الثابت a من 0.118 في الشاهد إلى 0.489 عند مستوى إضافة 4% وإلى 1.035 عند مستوى إضافة 8% أي كانت الزيادة بمقدار 0.917 عند مستوى إضافة 8% مقارنة بالشاهد. أما بالنسبة للثابت b فقد زاد من –7.314 إلى –5.562 عند مستوى إضافة 8%، أي زاد هذا الثابت في التربة

L بمقدار 1.752 في التربة اللومية (تربة الهنادي). أما في التربة SL فقد زاد الثابت b من −5.475 إلى −4.236 عند مستوي الإضافة 8% أي زاد بمقدار 1.239 في التربة اللومية الرملية (الحترة).

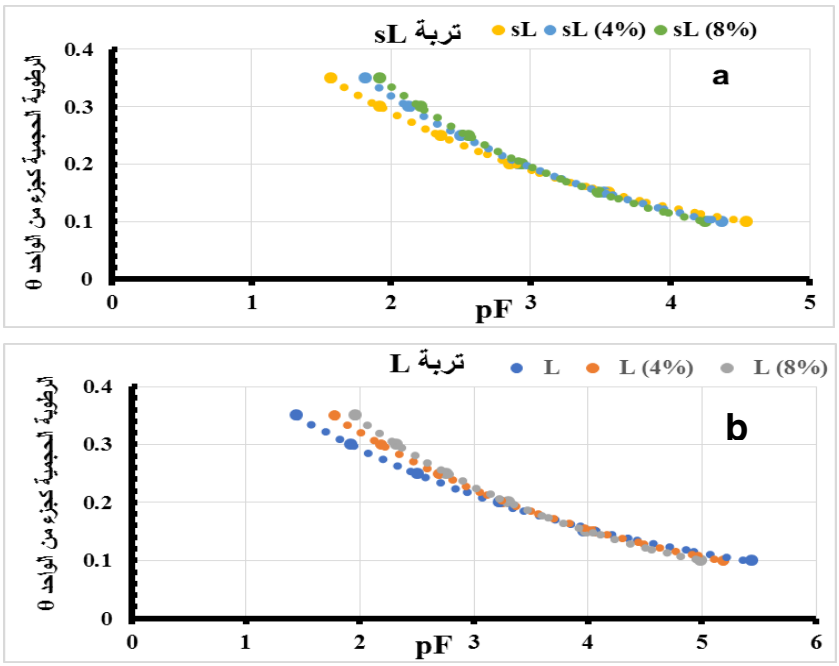
تدل الزيادة للثوابت التجريبية على تحسين الخواص الفيزيائية المائية للتربة بشكل كبير حيث زادت السعة الحقلية للتربة كما هو واضح من منحنيات الشد الرطوبي شكل (2)، خاصة نسبة الماء المتاح عند نفس مستوى الشد الرطوبي ولهذا أهمية كبيرة جدا في إتاحة الماء والعناصر الغذائية بسهولة للنبات وله أيضا أهمية في اقتصاد المياه وزيادة كفاءة استخدامها وقد انعكس ذلك إيجاباً وبوضوح على نمو وإنتاجية النبات.

حيث نلاحظ من الشكل 2-b أن منحنيات الشد الرطوبي على تربة لومية بعد pF=3.2 تغير مسارها حيث تكون الرطوبة قبل pF=3.2 أكبر مع زيادة مستوى المادة العضوية وبعدها يتغير مسار هذه المنحنيات بشكل عكسي بحيث تصبح الرطوبة أكبر في الشاهد عنها في مستويات الإضافة العضوية، وهذا يعود لتغير توزيع النظام المسامي في التربة، حيث أن المادة العضوية تزيد من مسامات التربة الأكبر من 10 ميكرون ومن مسامات التربة التي تحوي الماء المتاح وهذا ينطبق على التربة اللومية الرملية الشكل 2-a ولكن تغير المسار عند pF=3.5 أي أن نوع التربة يلعب دور كبير جدا في مدى استجابة الخواص الفيزيائية للتغيرات الإيجابية، حيث ثبت أن التغطية ببقايا المحاصيل أو دمجها تؤثر بشكل كبير على قدرة الاحتفاظ بالماء في النطاق الرطب (pF <2)، ولكن ليس في النطاق الجاف (pF > 3) (Karlen et al., 1994; Hiel et al., 2016; Mulumba et al.,2008)، وذلك حسب نوع التربة وكمية الكربون العضوي فيها.

وهذا يتفق مع دراسة أخرى أجراها (Guo et al., 2019) على محصول الطماطم في الصين والتي أظهرت تحسن بنية التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالمياه وتعزيز خصوبة التربة بعد ستة أشهر من تطبيق السماد العضوي.

حيث أن إضافة المواد العضوية الخارجية تزيد من محتوى الماء الحجمي عند معظم رؤوس الضغط، ويرجع ذلك أساسًا إلى زيادة المسامية الكلية (Eusufzai and Fujii, 2012).

ولقد حلل Minasny و Mcbratney (2018) نتائج إجمالي 60 دراسة وأبلغا عن زيادة القدرة على الاحتفاظ بالماء مع زيادة كميات الكربون العضوي في التربة ووجدوا أن هذا التأثير كان أكثر وضوحا في التربة الرملية. وفي دراسة لـ Nyamangara وآخرون (2001) حول تأثيرات الجرعات المختلفة من الأسمدة الكيميائية وسماد المزرعة (السماد البلدي) على قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء. وأظهرت نتائجهم أن القدرة على الاحتفاظ بالماء قد زادت مع تطبيق سماد المزرعة مقارنة مع الشاهد والتطبيقات الأخرى.



الشكل (2): يوضح منحنيات الشد الرطوبي عند مستويات المادة

2 –تأثير مستويات مختلفة من المادة العضوية على الكثافة الظاهرية للتربة:

الكثافة الظاهرية هي صفة فيزيائية متغيرة ومن خلالها نستطيع أن نحدد خواص فيزيائية أخرى كونها من الصفات الفيزيائية المركبة وهي تتأثر بعوامل كثيرة منها نوع التربة ونسبة المادة العضوية فيها، وتعتبر أحد أهم المؤشرات الفيزيائية لنمو وإنتاجية النبات، وأبرزت العديد من الدراسات فوائد مختلفة لاستخدام السماد العضوي كمحسن عضوي للتربة ومنها انخفاض الكثافة الظاهرية (Somerville et al. 2018؛ McGrath et al. 2020)، وفي دراستنا هذه تم حساب الكثافة الظاهرية باقتطاع عينات من التربة بواسطة أسطوانات معدنية بسعة 100سم^3 وتحديد الكثافة الظاهرية لها بعد عملية جني المحصول (الجدول5).

جدول (5) يبين قيم الكثافة الظاهرية للمعاملات المدروسة كمتوسط حسابي لمكرراتها الثلاث مقدرة بـ غ/سم3

مستوى الإضافة	نوع التربة	
	لومية L	لومية رملية SL
%0	1.21	1.24
%4	1.12	1.14
%8	0.99	1.04
$LSD_{5\%}$	0.052	0.031

انخفضت الكثافة الظاهرية في التربة اللومية L معنوياً عند مستوى إضافة 4% بمقدار 0.09 غ/سم^3، وانخفضت بمقدار 0.22 غ/سم^3 عند مستوى إضافة 8% وبالنسبة للتربة اللومية الرملية SL فقد انخفضت الكثافة معنوياً بمقدار 0.10 غ/سم^3 عند مستوى إضافة 4% وإلى 0.20 غ/سم^3 عند مستوى الإضافة 8%. أي أن استجابة كلا التربتين لمستويات الإضافة من المادة العضوية كان شبه متماثل، وقد انعكس هذا الانخفاض على إنتاجية ونمو نبات البندورة. حيث أنّ المادة العضوية تقلل الكثافة الظاهرية للتربة وتزيد من نسبة المسامات فيها ومقاومة اختراق جذور النباتات، وبالتالي تتعمق الجذور أكثر ويزداد المجال الحيوي لانتشار المجموع الجذري وتسهل من عملية الارتشاح للماء إلى الأسفل. يشير Zebarth وآخرون (1999) إلى أنّ أكثر التأثيرات الهامة للمادة العضوية على الترب في انخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة القدرة على الاحتفاظ بالماء وثباتية التجمعات الترابية، والتوصيل الهيدروليكي، والنفاذية. وهذا ما أكده (Widmer *et al*., 2002) حيث أنه بتغير الكثافة الظاهرية للتربة تتغير نفاذية التربة للماء والهواء.

وفي دراسة لـ (Bondi et al., 2024) تبين عند تطبيق خمس مستويات من الإضافة العضوية (كومبوست) (10,20,30,50,75)% حيث تمت الدراسة على تربة sandy loam فقد تبين انخفاض قيم الكثافة الظاهرية مع زيادة معدل السماد العضوي، وهذا أيضا اتفق مع دراسات أخرى (Khaleel et al.,1981; Sax et al., 2017; Somerville et al., 2018; Castellini et al., 2022).

نلاحظ من الجدول (5) أنّ قيم الكثافة الظاهرية للتربة بقيت، بشكل عام، ضمن النطاق الذي يُعتبر الأمثل لإنتاج المحاصيل الحقلية، أي 0.9–1.2 جم/سم^3، كما اقترح (Agnese et al. 2011).

3 تأثير مستويات مختلفة من المادة العضوية على الإنتاجية (غ/ نبات):

يظهر تأثير المادة العضوية في إنتاجية نبات البندورة بوضوح في الجدول (6)، حيث أنه بزيادة مستوى المادة العضوية قد زادت الإنتاجية وكانت هذه الزيادة معنوية لمستويي الإضافة مقارنة مع الشاهد للتربة L وكانت قيمتها (3134)غ/نبات، وأيضا كانت المعنوية واضحة بين مستوى إضافة $OM_{(=4\%)}$ و المستوى عند $OM_{(=8\%)}$ وكانت

(3529 ، 3918)غ/نبات، على التوالي. وبذات المنحى كانت زيادة الإنتاجية في التربة SL، حيث كانت الإنتاجية للمستوى $OM_{(=8\%)}$ > $OM_{(=4\%)}$ > الشاهد، وكانت على التوالي (3914، 3686، 3084) غ/نبات.

يتبين من النتائج إن أثر الإضافة العضوية كان واضحاً في زيادة إنتاجية النبات المزروع في وسطي الزراعة، فقد ازداد المستوى الأول 4% عن الشاهد بحوالي 12.6%، أما المعدل الثاني فقد ازداد بـ 25% وذلك في التربة L، أما التربة SL فكانت الزيادة في المستوى الأول من الإضافة (4%) 19.5%، بينما كانت زيادة الإنتاجية عند المستوى الثاني (8%) 26.9% مقارنة بإنتاجية الشاهد. وقد ظهرت هذه الزيادة المعنوية مع تطبيق السماد العضوي والتسميد المعدني مقارنة بالتسميد المعدني لوحده، مع وجود تفوق التسميد العضوي بالمعدل الثاني (8%) على المعدل الأول (4%).

وهذا يعود إلى التحسن الكبير في قيم الثوابت الهيدروديناميكية ونقصان في قيمة الكثافة الظاهرية للتربة، حيث زاد الإنتاج في التربة اللومية بمقدار 12% لكل انخفاض في الكثافة الظاهرية مقداره 0.1غ/سم^3 وبمقدار 25% لكل انخفاض بمقدار 0.22غ/سم^3، ويعود ذلك إلى تحسن ظروف التهوية وسهولة إتاحة الماء والعناصر الغذائية للنبات.

ويتفق هذا مع ما وجده (Rady, 2012) الذي أفاد بزيادة في نمو وإنتاجية البندورة نتيجة للتطبيقات العضوية المعدنية، ومع ما وجده (قادرو، 2020) حيث زادت الإنتاجية بمقدار 19% عند إضافة مادة عضوية بمعدل 2م^3/دونم وعند إضافة 4م^3/دونم زادت 28%.

وقد أكد Adeniyan و Ojeniyi (2003) أن توازن المغذيات النباتية وتحسين إنتاج المحاصيل يكون مضموناً باستخدام الأسمدة العضوية المعدنية.

لقد كانت الزيادة في إنتاجية الثمار نتيجة لاستخدام الأسمدة العضوية المعدنية على مستويات مختلفة ويرجع ذلك أساسًا إلى الاستخدام الأفضل والملائم للعناصر الغذائية المتوفرة. وإلى الأثر الإيجابي لإضافة الأسمدة العضوية للتربة على تحفيز نشاط الكائنات الحية الدقيقة والتي تشجع على تحرير وإتاحة وتوافر N (Tu *et al*., 2006) وغيرها من العناصر الغذائية في التربة وبالتالي يحسّن امتصاصها بواسطة جذور نبات البندورة. وكل ذلك نتيجة لتحسن الخواص الفيزيائية للتربة وتحسن في الثوابت الهيدروديناميكية لها وذلك مع زيادة مستويات الإضافة من المادة العضوية.

جدول (6) إنتاجية نباتات البندورة من الثمار حتى العنقود الخامس تنمو في وسطي الزراعة (تربة لومية، تربة لومية رملية) وبتأثير مستويات إضافة من المادة العضوية.

وسط الزراعة	الإنتاج غ/نبات			الإنتاج %		
	OM(=0%)	OM(=4%)	OM(=8%)	OM(=0%)	OM(=4%)	OM(=8%)
تربة لومية L	3134c	3529b	3918a	100c	112.6b	125a
تربة لومية رملية SL	3084c	3686b	3914a	100c	119.5b	126.9a
	LSD 5%=378			LSD 5%=6.7		

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. انخفضت الكثافة الظاهرية معنويا عند مستويي الإضافة 4% و 8% في التربتين (L, SL).
2. زادت الثوابت الهيدروديناميكية a, b بشكل واضح مع زيادة نسبة المادة العضوية.
3. زادت إنتاجية النبات الواحد من نبات البندورة في الزراعة المحمية مع زيادة مستويات الإضافة من المادة العضوية وعلى نوعين من الترب وبشكل معنوي.

التوصيات:

1. دراسة مستويات الإضافة من المادة العضوية على أنواع أخرى من الأتربة، وذلك باستخدام مواد عضوية أخرى ومقارنتها بها.
2. إضافة 8% مادة عضوية لهذا النوع من الأتربة وهذا كافٍ لإيصال الكثافة الظاهرية إلى مستويات قريبة من حالة التوضع الطبيعي.
3. متابعة البحث لدراسة مدى تأثير استدامة إضافة المادة العضوية وعلى أنواع أخرى من المحاصيل.
4. استمرار البحث لمتابعة دراسة توزيع النظام المسامي في التربة وانغسال العناصر الغذائية فيه.

References:

1. المجموعة الاحصائية الزراعية (2020) منشورات وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، سورية.
2. قادرو، أسامة (2020). أثر انضغاط التربة عند مستويات مختلفة من المادة العضوية على الخصائص الفيزيائية والهيدروديناميكية للتربة وعلى نمو وإنتاج نبات الذرة الصفراء. رسالة ماجستير– كلية الزراعة–جامعة تشرين.
1. Agricultural Statistical Abstract (2020), Publications of the Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Syria.
2- Qadro, Osama (2020). The Effect of Soil Compaction at Different Levels of Organic Matter on the Physical and Hydrodynamic Properties of Soil and on the Growth and Yield of Maize. Master's Thesis, Faculty of Agriculture, Tishreen University.
3. Adekiya AO, Ejue WS, Olayanju A, Dunsin O, Akinpelu O. Different Organic Manure Sources and Npk Fertilizer on Soil Chemical Properties, Growth, Yield and Quality of Okra. Sci. Rep. 2020; 10:16083.
4. Adeniyan ON, Ojeniyi SO. Comparative effectiveness of different levels of poultry manure in the N.P.K. fertilizer and residual soil fertility nutrient uptake and yield of maize. Moor Journal of Agricultural Research 2003; 4(2): 191-197.
5. Afsana N, Islam MM, Hossain ME, Nizam R, Monalesa N, Hussain MA, et al. Response of tomato (Solanum lycopersicum L.) to salicylic acid and calcium. J Appl Life Sci Int 2017 Dec;15(2):1–7.
6. Agnese C, Bagarello V, Baiamonte G, Iovino M. Comparing physical quality of forest and pasture soils in a Sicilian watershed. Soil Sci Soc Am J. 2011; 75:1958–1970.
7. Awas G, Abdisa T, Tolosa K, Chali A. Effect of inter-row spacing with double row arrangement on yield and yield component of tomato (Lycopersicon esculuntum Mill.) at Adami Tulu agricultural research center (Central rift valley of Oromia, Ethiopia). Afr J Agric Res 2010;6(13):2978–81.
8. Azad MA, Islam MS, Hossen MI, Eaton TE. Yield and fruit quality of tomato as influenced by calcium and mulching in rooftop cultivation. Agric Sci 2019 July;10(07):893.
9. Bauer A, Black AL. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. Am. J. Soil Sci. Soc. 1994; 58: 185–193.
10. Bondi C, Castellini M, Iovino M. Temporal variability of physical quality of a sandy loam soil amended with compost. Biologia 2024,5Feb.
11. Castellini M, Iovino M, Pirastru M, Niedda M, Bagarello V. Use of BEST Procedure to Assess Soil Physical Quality in the Baratz Lake Catchment (Sardinia, Italy). Soil Sci Soc J Am. 2016 June;80(3):742-755.

12. Castellini M, Diacono M, Preite A, Montemurro F. Short- and Medium-Term Efects of On-Farm Compost Addition on the Physical and Hydraulic Properties of a Clay Soil. Agronomy. 2022;12:1446.
13. da Silva AC, Armindo RA, Brito AS, Schaap MG. An assessment of pedotransfer function performance for the estimation of spatial variability of key soil hydraulic properties. Vadose Zone J 2017 Sep;16(9):1-10.
14. da Silva AJP, Pinheiro EAR, de Jong van Lier Q. Determination of soil hydraulic properties and its implication for mechanistic simulations and irrigation management. IrrigationScience 2020;1-12.
15. Dragan Ž, Ban D, Oplani, M, Kari L, Bozrl T. Influence of post-harvest temperatures on physicochemical quality of tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.). J Food Agric Environ 2010 Jan;8(1):21–25.
16. Eusufzai, M.K.; Fujii, K. Effect of Organic Matter Amendment on Hydraulic and Pore Characteristics of a Clay Loam Soil. Open J. Soil Sci. 2012, 2, 372–381. [CrossRef]
17. FAO (2023). Tomatoes. Retrieved June 20, 2023, https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/tomato/en/
18. Gardner WR, Hillel D, Benyamini Y. Post irrigation movement of soil water.1. Redistribution. Water resour. Res. USA.1970 June; 6(3): 851-861.
19. Guber A. Unsaturated soil hydraulic conductivity: The field infiltrometer method. Grif and company publishing House, Moscow Russia. Heltenham.2007;270-273.
20. Guirado AA, Rosa MDSJ, Melo QH, William N, Israel PJ, Silva MTD, Kenji TCA. Mineralization of Nitrogen Forms in Soil Cultivated with Yellow Melon Under Organic and Mineral Fertilization. Commun. Soil Sci. Plan. 2021; 52:1706–1719.
21. Guo Z, Han J, Li J, Xu Y, Wang X. Efects of long-term fertilization on soil organic carbon mineralization and microbial community structure. PLoS ONE 2019;14(4).
22. Guo J, Fan J, Zhang F, Yan S, Zheng J, Wu Y, Li J, Wang Y, Sun X, Liu X. Blending Urea and Slow-release Nitrogen Fertilizer Increases Dryland Maize Yield and Nitrogen Use Efficiency while Mitigating Ammonia Volatilization. Sci. Total Environ. 2021; 790, 148058.
23. Hiel, M.P.; Chélin, M.; Parvin, N.; Barbieux, S.; Degrune, F.; Aboulkacem, L.; Colinet, G.; Degré, A.; Bodson, B.; Garré, S. Crop residue management in arable cropping systems under a temperate climate. Part 2: Soil physical properties and crop production. A review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2016, 20, 245–256.
24. Iqbal A, He L, Khan A, Wei S, Akhtar K, Ali I, Ullah S, Munsif F, Zhao Q, Jiang L. Organic Manure Coupled with Inorganic Fertilizer: An Approach for the Sustainable Production of Rice By Improving Soil Properties and Nitrogen Use Efficiency. Agronomy. 2019; 9: 651.
25. Karlen, D.L.; Wollenhaupt, N.C.; Erbach, D.C.; Berry, E.C.; Swan, J.B.; Eash, N.S.; Jordahl, J.L. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. Soil Tillage Res. 1994, 31, 149–167. [CrossRef]
26. Katerji N, Campi P, Mastrorilli M. Productivity, evapotranspiration, and water use efficiency of corn and tomato crops simulated by AquaCrop under contrasting water stress conditions in the Mediterranean region. Agric Water Manage 2013 Dec; 130:14-26.
27. Keng HC, Rung YW, Keng CC, Ting FH, Ren SC. Effects of chemical and organic fertilizers on the growth, flower quality and nutrient uptake of Anthurium and Reanum, cultivated for cut flower production. Scientia Horticulture 2010 June; 125(3):434–441.
28. Khaleel R, Reddy KR, Overcash MR Changes in Soil Physical Properties Due to Organic Waste Applications: A Review. J Environ Qual. 1981;10:133–141.

29. Kroulik M, Kviz Z, Kumhala F, Hula J, Loch T. Procedures of soil farming allowing reduction of compaction. Precision Agriculture. 2011 June;12(3):317-333.
30. Lahoz I, Perez-de-Castro A, Valcarcel M, Macua JI, Beltrand J, Roselloc S, Cebolla-Cornejo J. Effect of water deficit on the agronomical performance and quality of processing tomato. Scientia Horticulture 2016; 200:55–65.
31. Lirikum, Kakati, LN, Thyug L, Mozhui L. Vermicomposting: An Eco-Friendly Approach for Waste Management and Nutrient Enhancement. Trop. Ecol. 2022; 63: 325–337.
32. Maria C, Mariana M. Nitrogen Related Diffuse Pollution from Horticulture Production-mitigation Practices and Assessment Strategies. Horticulturae 2017; 3:25.
33. McGrath D, Henry J, Munroe R, Williams C. Compost improves soil properties and tree establishment along highway roadsides. Urban For Urban Green. 2020; 55:126851.
34. Minasny B, Mcbratney AB. Limited effect of organic matter on soil available water capacity. European Journal of Soil Science 2018 Jan; 69(1):39-47.
35. Mulumba, L.N.; Lal, R. Mulching effects on selected soil physical properties. Soil Tillage Res. 2008, 98, 106–111. [CrossRef]
36. Neelam V, Singh P, Kumar A. Quality and economics of pearl millet as influenced by different nutrient management practices under rainfed condition. Research on Crops 2011 Dec;12(3):701-703.
37. Nyamangara J, Gotosa J, Mpofu SE. Cattle manure effects on structure stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. – Soil and Tillage Research 2001 Nov; 62(3):157-162.
38. Pishgar-Komleh S H, Akram A, Keyhani A, Raei M, Elshout P M F, Huijbregts M A J , Van Zelm R. Variability in the carbon footprint of open-field tomato production in Iran-A case study of Alborz and East-Azerbaijan provinces. Journal of cleaner production, 2017;142: 1510- 1517.
39. Rady MN. A novel organo-mineral fertilizer can mitigate salinity stress effects for tomato production on reclaimed saline soil. South African Journal of Botany 2012 July;81:8-14.
40. Rallo G, Provenzano G, Castellini M, Sirera ÀP. Farm scale application of EMI and FDR sensors to monitor the fraction of transpirable soil water: assessment over an olive grove. Water. 2018 Feb 8; 10(2):168. doi:10.3390/w10020168.
41. Ryan J, Astafan G, Alrasheed A. 2001; Analysis of soil and plant: A laboratory Syria.
42. Sax MS, Bassuk N, van Es H, Rakow D Long-term remediation of compacted urban soils by physical fracturing and incorporation of compost. Urban Urban Green. 2017; 24:149–156.
43. Soil Management Guide 2008; Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives.
44. Somerville PD, May PB, Livesley SJ. Effects of deep tillage and municipal green waste compost amendments on soil properties and tree growth in compacted urban soils. J Environ Manage. 2018; 227:365–374.
45. Strudleym MW, Green TR, Ascough JC. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time. Soil & Tillage Research. 2008 Apr; 99(1):4-48.
46. Taylor B. Biosystematics of the tomato. The Tomato Crop: A scientific Basis for Improvement New York, C&H,1986; 1-30.
47. TGL 24300/05. Aufnahme landwirtschaftlich genutzter standorte, Kornungsarten und Skelettgehalt. -6 S. Akad. Landw. -wiss. DDR, Berlin. 1985.
48. Tingyu L, Xiuyang H, Shuoran L, Xiaoqiao W, Shan F, Ye L, Jinghua L, Ran L, Chong Z, Xiaotong S, Hongwei Z, Dengfeng W, Fengliang Z, Yunze R, Xiaotang J.

Cropland degradation and nutrient overload on Hainan Island: A review and synthesis. Environmental Pollution, 2022;313: 120100.
49. Tola M. Tomato value chain analysis in the central rift valley: the case of Dugda Woreda, East Shoa Zone, Oromia, Ethiopia. MSc Thesis, Haramaya University, Dire Dawa, Ethiopia 2014.
50. Tu C, Ristaino JB, Hu S. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. Soil Biology and Biochemistry, 2006 Feb;38(2):247– 255.
51. Urbanovicova O, Mraz M, Findura P, Krištof K, Krizan M, Jobbagy J. The effect of soil conditioner on the spatial variability of soil environment. Agronomy Research. 2018; 16(5): 2197-2210.
52. Ventrella D, Charfeddine M, Giglio L, Castellini M. Application of DSSAT models for an agronomic adaptation strategy under climate change in Southern Italy: optimum sowing and transplanting time for winter durum wheat and tomato. Ital. J. Agron. 2012 Mar 28; 7(1):109-115 e16.
53. Widmer TL. Mitkowski NA. and Abawi GS. Soil organic matter and management of plant _ parasitic nematodes. J. Of Nematology 2002 Dec; 34(4):289-295.
54. Yin H, Zhao W, Li T, Cheng X, Liu Q. Balancing straw returning and chemical fertilizers in China: Role of straw nutrient resources. Renewable & Sustainable Energy Reviews. 2018; 81:2695.
55. Zebarth BJ, Neilsen GH, Hogue E, Neilsen D. Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. – Canadian Journal of soil science 1999 August; 79(3):501-504.
56. Zhou X, Lin HS, Whitem E A. Surface soil hydraulic properties in four soil series under different land uses and their temporal changes. Catena, 2008 Apr 15; 73(2): 180-188.