مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 42 العدد 1 (2026): 112-130

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 41 No.1 (2026): 112-130

تأثير معدلات مختلفة من كومبوست مخلفات نبات البندورة والسماد المعدني في إتاحة العناصر المغذية الكبرى في تربة طينية وفي إنتاجية البطاطا (*Solanum tuberosum*)

ديما بهيج الذيب[1*] **سليمان محمود سليم[2]**

[1*] مهندسة قائمة بالأعمال، كلية الهندسة الزراعية–قسم علوم التربة، جامعة دمشق.
dema.altheb@damascusuniversity.edu.sy

[2] أستاذ مساعد، كلية الهندسة الزراعية–قسم علوم التربة، جامعة دمشق.
Suleiman.salim@damascusuniversity.edu.sy

تاريخ الايداع:2023/11/12
تاريخ القبول: 2024/1/23

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص **CC BY-NC-SA 04**

الملخص:

نُفذ البحث حقلياً في محافظة درعا خلال موسم زراعي واحد عام 2022، بهدف دراسة تأثير معدلات مختلفة من كومبوست مخلفات البندورة والسماد المعدني في تيسر العناصر المغذية الكبرى (NPK)، وفي إنتاجية البطاطا في تربة طينية. استعمل تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R. C. B. D.) بست معاملات وثلاثة مكررات وكانت المعاملات وفق الآتي: (T0): شاهد بدون أية إضافة، (T1): 100% تسميد معدني، (T2): 75% سماد معدني و25% كومبوست مخلفات نبات البندورة، (T3): 50% سماد معدني و50% كومبوست مخلفات نبات البندورة، (T4): 25% سماد معدني و75% كومبوست مخلفات نبات البندورة، (T5): 100% كومبوست مخلفات نبات البندورة؛ حيث أضيف السماد الآزوت المعدني والعضوي وفق حاجة النبات من الآزوت. بينت النتائج الدور الفعال لكومبوست مخلفات نبات البندورة في زيادة محتوى التربة من الآزوت الكلي اذ تفوقت المعاملتين (T5) و(T4) على معاملة الشاهد، وكانت النسبة المئوية للزيادة في محتوى التربة من الآزوت الكلي (44.83% و41.38%) على التوالي، كما ازداد محتوى التربة من الفسفور والبوتاسيوم المتاحين بشكل يتناسب طرداً مع زيادة المعدلات المضافة من كومبوست مخلفات نبات البندورة، وكانت النسبة المئوية للزيادة في محتوى التربة من الفسفور والبوتاسيوم المتاحين في المعاملة (T5) مقارنة بمعاملة الشاهد (106.80% و21.41%) على التوالي؛ مما انعكس ايجاباً على محتوى الأوراق من هذين العنصرين. كما بينت النتائج أن كومبوست مخلفات نبات البندورة ساهم في زيادة الإنتاجية في المعاملة (T2) دون فروق معنوية مع المعاملة (T1) وخفض كمية الأسمدة المعدنية بمقدار 25%.

الكلمات المفتاحية: كومبوست، مخلفات نبات البندورة، عناصر مغذي كبرى، بطاطا، درعا.

The Effect of Different Levels of Tomato Plant Waste Compost and Mineral Fertilizer on the Availability of Macronutrient Elements in Clay soil and on Potato productivity (*Solanum tuberosum* L.)

Dema Bahej Altheb[1*] **Suleiman Mahmoud Salim[2]**

[1] Engineer, Agricultural Engineering Faculty- Soil Sciences Department of, Damascus University.

[2] Associate Professor, Agricultural Engineering Faculty- Soil Sciences Department of, Damascus University.

Received: 12/11/2023
Accepted: 23/1/2024

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstrsct:

This research was carried out in the field in Daraa Governorate during one agricultural season in 2022, with the aim of studying the effect of different rates of tomato waste compost and mineral fertilizer on the availability of macronutrient elements (NPK) and potato productivity in clay soil. A randomized complete block design (R.C.B.D.) was used with six treatments and three replications. The treatments were as follows: (T0): Control without any addition, (T1): 100% mineral fertilizer, (T2): 75% mineral fertilizer and 25% compost of tomato plant waste. (T3): 50% mineral fertilizer and 50% compost of tomato plant waste, (T4): 25% mineral fertilizer and 75% compost of tomato plant waste, (T5): 100% compost of tomato plant waste; mineral and organic nitrogen fertilizers was added according to the plant's need for nitrogen. The results showed the effective role of tomato plant waste compost in increasing the soil's total nitrogen content, as the two treatments (T5) and (T4) outperformed the control treatment, and the percentage increase in the soil's total nitrogen content was (44.83% and 41.38%), respectively. The soil content of available phosphorus and potassium also increased in direct proportion to the increase in the rates added from tomato plant waste compost. The percentage increase in the soil content of available phosphorus and potassium in the treatment (T5) compared to the control treatment was (106.80% and 21.41%), respectively; which was reflected positively on the content of these two elements in the leaves. As for productivity, both treatments (T1) and (T2) outperformed the rest of the treatments without any significant differences between them. The results also showed that compost of tomato plant waste contributed to increasing productivity in the treatment (T2) without significant differences with the treatment (T1) and reduced the amount of mineral fertilizers by 25%

Keywords: Compost, Tomato Plant Waste, Macronutrient Elements, Potato, Daraa.

1- المقدمة:

تعتمد احتياطيات الآزوت في التربة على محتوى المادة العضوية من الآزوت نظراً لعدم وجود معادن تحتوي على الآزوت (N) في التربة، اذ أن (98%) من آزوت التربة يتواجد بالشكل العضوي (Havlin *et al.,* 2016)، وبالتالي ترتبط دورة N في التربة ارتباطاً وثيقاً بدورة المواد العضوية؛ وتعد الكائنات الحية الدقيقة مسؤولة عن تحولات آزوت التربة، والتي تلعب دوراً رئيساً في تحديد مدى توفر الآزوت لنمو النبات وإنتاج المحاصيل (Sanchez, 2019). تقدر كمية الآزوت التي تمتصها النباتات ما بين ($50 - 250\ kg.ha^{-1}$) في العام وتشكل هذه الكمية ما بين (1-2%) من كمية الآزوت الكلية الموجودة في التربة، وبما أن معظم أنواع الترب لا يمكنها توفير كميات كافية من الآزوت المتاح للنباتات؛ لذا يجب استعمال مصادر الآزوت المعدنية أو العضوية لتلبية متطلبات النباتات من الآزوت. لا شك أن إمداد النبات بالآزوت يؤدى إلى زيادة تكوين البروتين ويشجع هذا على تكوين أوراق ذات أسطح كبيرة تقوم بعملية التمثيل الكربوهيدراتى بكفاءة عالية (Havlin *et al.,* 2016).

تحتوي القشرة الأرضية ما يقارب ($1.2\ g.kg^{-1}$) من عنصر الفسفور مما يجعل منه العنصر الحادي عشر الأكثر وفرة، بينما يتراوح تركيز الفسفور الكلي في التربة بين ($200 - 800\ mg.kg^{-1}$)؛ ويتواجد في التربة على شكل معدني وعضوي اذ يشكل الفسفور العضوي من (20-80%) من الفسفور الكلي في التربة (Bhattacharya, 2019)؛ وتمتص النباتات الفسفور على شكل $H_2PO_4^{2-}$ وبشكل أقل على شكل HPO_4^{2-}، ويرتبط الفسفور في كل من الترب حديثة التكوين والمعادن الأولية بالكلسيوم والمغنيزيوم, مما يكسبه انحلالية منخفضة بمقدار ($0.5\ mg.L^{-1}$) (Tiessen; 2008).

يُعد الفوسفور عنصراً غذائياً أساسياً في عملية التمثيل الغذائي للنباتات مثل استيعاب الكربون العضوي وتصنيع البروتينات (Sterner and Elser, 2003) والنمو والإزهار وتطور الجذور وانتقال السكريات ونضج الثمار (Havlin *et al.,* 2016)، وكثيراً ما يحد من نمو النبات وإنتاجيته في النظم البيئية الأرضية (Harpole *et al.,* 2011)، وعلى الرغم من وجود الفسفور الكلي بتراكيز عالية في التربة، إلا أن (0.1%) فقط من الفسفور الكلي متاح للنباتات (Liu *et al.,* 2017)؛ اذ أن (95-99%) من الفسفور الكلي غير متاح للنباتات (Gaur and Sunita, 1999)، وذلك بسبب ذوبانيته المنخفضة وتثبيته مع العناصر المعدنية الأخرى في التربة مثل (Ca, Al, Fe) لتكوين فسفات الكلسيوم (في الترب الكلسية) وفسفات الألومنيوم والحديد (في الترب الحامضية) وبالتالي يصبح غير متاح للنباتات (Havlin *et al.,* 2016).

تحتوي القشرة الأرضية ما يقارب ($2.3\ g.\ kg^{-1}$) من عنصر البوتاسيوم (K) وهو العنصر السابع الأكثر وفرة؛ ويعتبر الفلسبار القلوي (أورثوكلاز) والميكا والإليت المصادر الرئيسية للبوتاسيوم في التربة حيث يتحرر منها بعملية التجوية ما يعادل ($g.\ kg^{-1}$ 30-90). يتراوح التركيز الكلي للبوتاسيوم في التربة ما بين ($1.72\ g.\ kg^{-1}$) في رتبة الـ Mollisols و($2.63\ g.\ kg^{-1}$) في رتبة الـ Entisols، على الرغم من أن إجمالي محتوى التربة من البوتاسيوم يتجاوز امتصاص المحاصيل خلال موسم النمو، إلا أن جزءاً صغيراً منه فقط متاح للنباتات (Barker and Pilbeam, 2015). يتواجد البوتاسيوم في التربة بأربعة أشكال: ذائب ومتبادل ومثبت ومرتبط أو بلوري وتمتصه النباتات على شكل شاردي (K^+) (Lalitha and Dhakshinamoorthy, 2014)، وهو من أكثر العناصر الكيميائية امتصاصاً من قبل النباتات بعد الآزوت.

يعتبر عنصر البوتاسيوم مهماً للعديد من خصائص جودة المحاصيل بسبب مشاركته في عملية التمثيل الضوئي ونقل نواتج التمثيل إلى أعضاء التكاثر والتخزين في النباتات (الحبوب والفواكه والدرنات)؛ والتحويل اللاحق إلى كربوهيدرات وبروتينات وزيوت ومنتجات أخرى، كما في الفواكه والخضروات (الحمضيات والموز والبندورة والبطاطا والبصل ...الخ)، ويعمل المستوى الكافي من البوتاسيوم على تحسين حجم الفاكهة ولونها وطعمها وسمك القشرة، وهو أمر مهم لجودة التخزين (Havlin *et al.,* 2016).

يلجأ المزارعين إلى تأمين حاجة النباتات والمحاصيل الزراعية من الآزوت والفسفور والبوتاسيوم باستعمال الأسمدة الكيميائية؛ بالنسبة للأسمدة الآزوتية تعتبر اليوريا $(NH_2)_2CO$ من أكثر الأسمدة استعمالاً في سورية فهي تحتوي (46%) آزوت ولكنها تتعرض للفقد بسبب التحلل المائي لليوريا. وكذلك سلفات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ التي تستعمل في تسميد الترب القلوية وتحتوي (21%) آزوت (Tisdale *et al.,* 1997)؛ لكن لا يتجاوز معدل الاستفادة من الأسمدة المعدنية (50%) (Govindasamyet al., 2023). وبالنسبة للأسمدة الفسفاتية يشكل الفسفور المستعمل كسماد أكثر من 80% من موارد الفسفور (Jeong *et al.,* 2009)؛ ويُعد سماد السوبر فسفات الثلاثي (TSP) من أهم الأسمدة الفسفاتية اذ يحتوي على 45−50% من (P_2O_5) ولهذا السماد قابلية عالية على الذوبان في الماء تصل إلى 97% (Tisdale *et al.,* 1997)، لكن على الرغم من أهمية الفسفور في زيادة انتاج المحاصيل الزراعية وتحسين صفات المحاصيل فإن نسبة الاستفادة من الأسمدة الفسفاتية منخفضة وفقط من 15%−30% من الأسمدة الفسفاتية المضافة يتم الاستفادة منها من قبل النباتات (Syers *et al.,* 2008). أما بالنسبة للبوتاسيوم فيعتبر كل من سلفات البوتاسيوم K_2SO_4 الذي يحتوي (50−53%) K_2O ونترات البوتاسيوم KNO_3 والذي يحتوي 44% K_2O و13% (N) من أكثر الأسمدة البوتاسيوية استعمالاً وأغلاها ثمناً (Havlin *et al.,* 2016).

أدت الزيادة السريعة في عدد السكان والحاجة الملحة لزيادة الإنتاجية الزراعية، مما تتطلب استعمال الأسمدة الكيميائية (Venkiteshwaran *et al.*, 2018)؛ لكن في ظل الأزمة الحالية التي تعاني منها سورية فإن ارتفاع أسعار الأسمدة المعدنية وندرتها في الأسواق المحلية يُعد أحد أهم عوائق الإنتاج الزراعي والذي حال دون تمكن المزارعين من تقديم عمليات الخدمة المناسبة، كما أن انتشار معظم الزراعات في الترب الكلسية والجبسية وتأثير محتوى هذه الترب من كربونات الكلسيوم والجبس في جاهزية عنصر الفسفور مما ينعكس سلباً في الإنتاجية كماً ونوعا، وبالرغم من أن الفسفور يُعد عنصراً غذائياً زراعياً مهماً فإنه في الوقت نفسه غير متجدد وملوثاً للبيئة (Cordell and White, 2014)؛ الأمر الذي يستوجب البحث عن بدائل للأسمدة المعدنية مجدية اقتصادياً وتحقق زيادة في الإنتاج.

أثبتت العديد من الدراسات أن استعمال الأسمدة العضوية التقليدية أو المخلفات النباتية المختلفة تُعد من أكثر الوسائل الفعالة لمعالجة عدم توفر الأسمدة المعدنية واتاحة العناصر الغذائية الكبرى في الترب وزيادة إنتاجية المحاصيل؛ حيث أثبتت الأسمدة العضوية والمخلفات النباتية قدرتها على زيادة نسبة المادة العضوية في التربة ومحتواها من العناصر المغذية وإعادة تأهيل الترب المتدهورة؛ وتحسين بنية التربة ومساميتها وقدرتها على الاحتفاظ بالماء وتزويد النبات بالعناصر الغذائية اللازمة لنموه (Khan and Khalil, 2014)؛ كما أنها آمنة من الناحية البيئية.

يرى Tisdale وآخرون (1997) وVan Slyke (2010) أن هناك فوائد كثيرة للأسمدة العضوية: فهي تُعتبر بمثابة مخزون إضافي للنتروجين على شكل أمونيوم كما يحتوي السماد البلدي على الفسفور والبوتاسيوم. ويؤدي استعمال الأسمدة العضوية إلى زيادة جاهزية الفسفور والعناصر الصغرى للنبات، وتزيد هذه الأسمدة من قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، وتُحسن من بناء التربة مع زيادة متوافقة لمعدَّل النّفاذيّة بينما تُخفض من الكثافة الظاهرية للتربة، كما تعمل على تنظيم pH التربة، وعلى ربط شاردة الألمنيوم $(Al3^{+3})$ في الترب الحامضية بمعقدات ثابتة، بالإضافة إلى أنها تُغني التربة بالمادة العضوية مما ينعكس بالنتيجة على نمو المحاصيل ويُزيد من نشاط الأحياء الدقيقة المفيدة في التربة. ويشير Maftoun وآخرون (2005) أن البقايا والمخلفات العضوية تشكِّل مصدراً رخيص الثمن للمادة العضوية في التربة، كما أنَّها تعمل على تحسين الخصائص المختلفة للتربة مما يساعد على تحقيق زراعة مستقرة.

أشارت Civeira (2010) أن إضافة كومبوست قمامة المدن بـ بثلاثة معدلات (20، 40، 70 طن/هـ) للتربة رفع محتواها من الكربون العضوي والآزوت الكلي والفسفور القابل للإفادة والبوتاسيوم، كما خفض من قيم الكثافة الظاهرية وزاد معدل الرشح. إلا أن استعماله بشكل سيء وغير علمي يسبب ضرراً خطيراً في النباتات، كما بين Weber وآخرون (2014) أن إضافة كومبوست قمامة المدن لتربة رملية بثلاثة معدلات (18، 36، 72 ط/هـ) أسهم بعد 3 سنوات في خفض إنتاجية القمح مقارنة بمعاملة التسميد المعدني كما انخفض محتوى الحبوب والقش من الآزوت. ويعود ذلك إلى التمعدن السريع للمواد العضوية المضافة وتحرر كميات كبيرة من الآزوت وانطلاقها إلى الهواء الجوي، ممل قلل من كفاءة استفادة نبات القمح من الآزوت المتحرر.

بين Seferoğlu وآخرون (2012) أنه عند إضافة مخلفات الزيتون السائلة والصلبة (تفل) للتربة ارتفع محتواها من المادة العضوية بشكل قليل بينما انخفض الرقم الهيدروجيني للتربة؛ وازداد محتواها من الآزوت والفسفور والبوتاسيوم والمغنيزيوم مع زيادة الكميات المضافة من المخلفات الصلبة والسائلة، كما بين Ilay وآخرون (2013) أن استعمال تفل الزيتون كسماد زاد من نمو نبات عباد الشمس وارتفع محتواه النسبي من الفسفور والزنك والبورون.

أوضحت Angelova وآخرون (2013) أن إضافة الكومبوست إلى التربة يسهم في زيادة محتواها من المادة العضوية والآزوت الكلي والعناصر الغذائية الكبرى (P, K, Ca, Mg) فضلاً عن زيادة سعة التبادل الكتيوني وإنتاجية النبات؛ كما أن إضافة سماد الأبقار يسهم أيضاً في زيادة محتوى التربة من المادة العضوية والعناصر الكبرى الكلية والميسرة ورفع إنتاجية الآرز (Peng *et al.,* 2023).

أكد Latare وآخرون (2014) أن حمأة الصرف الصحي أسهمت في زيادة محصول القش والحبوب لكل من القمح والآرز كما تم تسجيل زيادة في محتوى التربة من العناصر الغذائية المتاحة (N, P, K, S, Fe, Mn, Zn) بشكل طردي مع زيادة مستويات إضافة الحمأة. بين Da Silva وآخرون (2021) أن إضافة حمأة الصرف الصحي إلى التربة رفع محتواها من المادة العضوية في التربة وزاد من توافر الآزوت والفسفور والبوتاسيوم والحديد والمنغنيز والزنك والنحاس، مما يعكس تراكماً أعلى لهذه العناصر الغذائية بواسطة النباتات.

يحتل محصول البطاطا المرتبة الرابعة عالمياً من حيث الأهمية بعد كل من الذرة (*Zea mays*) والقمح (*Triticum sp.*) والآرز (*Oryza sativa*) حيث بلغ الإنتاج العالمي 370.4 مليون طن عام (2019) لمساحة (17.34) مليون هكتار (FAO, 2020). وهو من المحاصيل الاقتصادية المهمة في سورية اذ بلغ انتاج سورية للعام (2020) (647319) طناً من البطاطا (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي السورية، 2022؛ ومن المعلوم أن نمو نبات البطاطا وانتاجيته كغيره من المحاصيل الأخرى تابع لعدة عوامل كالصنف والتربة؛ والعوامل البيئية والعمليات الزراعية التي يُعد التسميد من أهمها وخاصة التسميد العضوي. ويعتمد مزارعي البطاطا في سورية على التسميد المعدني مهملين التسميد العضوي بشكل جزئي أو كلي، حيث يلجأ المزارعين إلى زيادة الإنتاج دون الاهتمام بنوعيته.

أما فيما يتعلق باستجابة محصول البطاطا للتسميد العضوي فقد أشار Harris (1978) أن تأثير التسميد العضوي في إنتاجية نبات البطاطا، غالباً ما يفوق تأثير التسميد المعدني في المواسم الجافة وعند انخفاض مستوى رطوبة التربة. ويُعزى ذلك إلى قدرة السماد العضوي والمادة العضوية الناشئة عنه في التربة على الاحتفاظ برطوبة التربة، بينما تكون رطوبة التربة في غياب هذا التسميد غير كافية للسماح للنبات بامتصاص كفايته من العناصر الغذائية سواء الموجودة أصلاً في التربة أو المضافة إليها كسماد معدني.

وبين Alyokhin وآخرون (2005) أن إنتاجية درنات البطاطا في المزارع المسمّدة بروث الحيوانات كانت متفوّقة معنوياً على الشاهد، وكان هناك تبايناً واضحاً في التركيب المعدني لأوراق البطاطا المسمدة بالروث بالمقارنة مع تلك المعاملة بالسماد المعدني.

وأشار Mallory وPorter (2007) أنّ غلَّة البطاطا في التربة المعاملة بالروث والكومبوست والسماد الأخضر، والسماد التكميلي كانت أكبر بحدود 55% مما هي عليه في التربة المعاملة بالسماد المعدني خلال سنة التجربة، كما أنَّ استقرارية الغلَّة كانت أيضاً أفضل عند استعمال الأسمدة العضوية بالمقارنة مع السماد الكيميائي.

وفي دراسة حول التأثير الطويل الأمد لخلائط مختلفة من الأسمدة العضوية والمعدنية في إنتاجية وجودة درنات البطاطا خلال الفترة الممتدة من 1994–2005 وجد Baniuniene وZekaite (2008) أن سماد المزرعة (FYM) أدى إلى زيادة في إنتاجية درنات البطاطا بنسبة 35 – 82% وذلك وفق نسبة الخلط مع الأسمدة المعدنية حيث كانت الإنتاجية مرتفعة في الخلائط المحتوية على سماد معدني آزوتي؛ بينما ساهمت الأسمدة المعدنية في زيادة محتوى درنات البطاطا من النشاء والمواد الجافة. وأشار Sudrajat وآخرون (2023) أن إضافة سماد سيقان الموز بمعدن 20 ($20. ton\ ha^{-1}$) يحسن من صفات وانتاجية درنات البطاطا ودليل الحصاد.

2- مبررات البحث:

– غلاء ثمن الأسمدة المعدنية وعدم توفرها والحاجة لإيجاد بدائل رخيصة الثمن تسهم في تأمين تغذية مناسبة وسليمة للمحاصيل الزراعية والمحافظة على خصوبة التربة وذات مردود اقتصادي.

3- أهداف البحث:

– دراسة تأثير معدلات مختلفة من كومبوست مخلفات البندورة والسماد المعدني في تيسر العناصر الكبرى (NPK)، وفي إنتاجية نبات البطاطا في تربة طينية.

4- مواد وطرائق البحث:

4-1- مواد البحث:

4-1-1- منطقة الدراسة:

نُفذ البحث عام 2022 لموسم زراعي واحد في محافظة درعا في قرية خبب والتي تبعد 50 كم شرق مدينة درعا عند تقاطع خط طول 36E"35.79 ′16 ° وخط عرض 33N"59.14 ′00 ° وترتفع 602م عن سطح البحر ومتوسط الهطل المطري 250مم سنوياً (منطقة الاستقرار الثالثة). يبلغ متوسط درجة الحرارة الدنيا 6–8°C شتاءً و35–38 °C صيفاً.

4-1-2- السماد العضوي: استعمل في هذا البحث كومبوست مخلفات نبات البندورة؛ حيث حضر الكومبوست عن طريق التخمر الهوائي لهذه المخلفات. جُمعت مخلفات نبات البندورة من المزارع المجاورة خلال شهر آب من عام 2021 وطحنت بفرامة خاصة إلى أجزاء ناعمة بقطر 2مم ثم حضرت كومة على شكل طبقات من المواد الآتية: 75% مخلفات نبات البندورة و24% زبل بقر مخمر و1% مولاس (لتنشيط عملية التخمر) وخلطت هذه المواد بشكل جيد، ثم غطيت بغطاء من الخيش للسماح بدخول الهواء مع مراعاة اجراء عملية التقليب والترطيب أسبوعياً. استمرت عملية التخمير أربعة أشهر، وبعد انتهاء عملية التخمير جفف السماد هوائياً ونخل بمنخل أقطار ثقوبه 2مم وحفظ في أكياس بلاستيكية حتى يحين موعد الزراعة، ويبن الجدول (1) الخصائص الكيميائية لكومبوست مخلفات نبات البندورة.

الجدول (1): الخصائص الكيميائية لكومبوست مخلفات نبات البندورة

$\frac{C}{N}$	العناصر الكبرى الكلية			OC	OM	EC (dS. m^{-1})	pH
	K	P	N				
	(%)						
15.24	1.71	0.81	1.91	29.12	50.21	2.31	7.20

4-1-3- المحصول المزروع: استعمل في هذا البحث نبات البطاطا (*Solanum tuberosum* L.) صنف ديامونت (Diamant) وهو صنف هولندي متوسط التأخير، محتواه مرتفع من المادة الجافة، نموه الخضري قوي ودرجة تغطيته للخطوط جيدة، الدرنات بيضاوية الشكل، مستطيلة متوسطة كبيرة الحجم، ملساء لونها الخارجي أصفر ولونها الداخلي أصفر فاتح، العيون سطحية مقاوم للجفاف، إنتاجه جيد جداً للعروة الربيعية.

4-1-4- العروة المزروعة: زرعت الدرنات خلال العروة الربيعية في 2022/02/10.

4-1-5- تنبيت الدرنات: وضعت الدرنات ضمن صناديق بلاستيكية في غرفة مظلمة وغطيت بكيس مرطب من الخيش لمدة ثلاثة أسابيع حتى ظهور النبوتات الصغيرة بطول 1سم.

4-1-6- العمليات الزراعية: حضرت التربة قبل الزراعة بإجراء حراثة عميقة متعامدة بمحراث مطرحي ونعمت التربة بواسطة محراث قرصي ثم قسمت الأرض إلى قطع تجريبية وفق تصميم التجربة. زرعت الدرنات كاملة بدون تقطيع وبأحجام متقاربة على أثلام بأبعاد 75 سم بين الثلم والآخر و25 سم بين الدرنة والأخرى على عمق قدره 10 سم.

4-1-7- التسميد: أضيفت الأسمدة المعدنية في معاملة التسميد المعدني وفق نتائج تحليل التربة قبل الزراعة ووفق حاجة محصول البطاطا حسب التوصية السمادية لوزارة الزراعة وبما يعادل:

170 $kg\ h^{-1}$ على شكل يوريا 46% على ثلاث دفعات، الأولى قبل الزراعة والثانية بعد تكامل الإنبات والثالثة مع بداية الإزهار.

80 كغ $kg\ h^{-1}\ P_2O_5$ على شكل سوبر فسفات ثلاثي 46% دفعة واحدة قبل الزراعة.

0 كغ $kg\ h^{-1}\ K_2O$ لأن التربة غنية بالبوتاسيوم، أما بالنسبة لمعاملات الأسمدة العضوية فقد أضيفت جميع الأسمدة العضوية إلى القطع التجريبية دفعة واحدة قبل شهر من عملية الزراعة وخلطت بشكل جيد مع التربة لعمق 30 سم.

4-1-8- الري: رويت نباتات البطاطا باستعمال مرشات ميكروجت وبمعدل رية كل سبعة أيام وبكميات متساوية لجميع المعاملات، كما فطمت النباتات قبل قلع الدرنات بأسبوعين.

4-1-9- تصميم التجربة: صممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بست معاملات وثلاثة مكررات وبلغ عدد القطع التجريبية (18) قطعة تجريبية حيث بلغت مساحة القطعة التجريبية 20.25م^2 (4.5×4.5 م) بوجود نطاق حماية 1م بين القطع التجريبية وكانت المعاملات وفق معدلات السماد المعدني ووفق التحليل الكيميائي لكومبوست مخلفات نبات البندورة المضافة وفق الجدول الآتي:

الجدول (2): معدلات الإضافة من كمبوست مخلفات نبات البندورة والسماد المعدني

المعاملة	معدل الإضافة من كمبوست نبات البندورة والسماد المعدني
(T0)	شاهد بدون أية إضافة
(T1)	100% تسميد معدني (170:80:0 $kg\ ha^{-1}$ NPK)
(T2)	75% سماد معدني آزوتي (127.50:80:0 $kg\ ha^{-1}$ NPK) و25% كومبوست (2.23 $ton\ ha^{-1}$)،
(T3)	50% سماد معدني آزوتي (85:80:0 $kg\ ha^{-1}$ NPK) و50% كومبوست (4.45 $ton\ ha^{-1}$)
(T4)	25% سماد معدني آزوتي (42.50:80:0 $kg\ ha^{-1}$ NPK) و75% كومبوست (6.68 $ton\ ha^{-1}$)،

(T5)	100% كومبوست (8.90 $ton\ ha^{-1}$)،

حيث أضيف الآزوت المعدني والعضوي وفق حاجة النبات من الآزوت وحسب التوصية السمادية بينما أضيفت كامل كمية الفسفور على شكل معدني.

4-1-10- الحصاد: حصدت الدرنات بالطريقة التقليدية بعد 120 يوم من عملية الزراعة بداية شهر حزيران.

4-1-11- عينات التربة: جُمعت عينات تربة مفردة عشوائية من الطبقة السطحية 0-30سم قبل الزراعة وبعد انتهاء الموسم الزراعي من كل قطعة تجريبية؛ ثم خُلطت بشكل متجانس للحصول على عينة مركبة وجففت ونخلت على منخل أقطار ثقوبه 2مم، ثم أجري عليها بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية والخصوبية، ويبن الجدول (3) والجدول (4) الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية للتربة قبل الزراعة على التوالي.

الجدول (3): الخصائص الفيزيائية للتربة

FC_w	مسامية	sρ	bρ	القوام	التركيب الميكانيكي (%)		
(%)		($g.cm^{-1}$)			طين	سلت	رمل
44	56.78	2.73	1.18	طيني	56	30	14

الجدول (4): الخصائص الكيميائية والخصوبية للتربة

AK	AP	AN	TN	OM	$CaCO_3$	EC ($dS.\ m^{-1}$)	pH
($mg\ kg^{-1}$)			(%)				
480	7.50	6	0.04	0.57	14	0.31	7.95

4-1-12- العينات النباتية: جمعت عينات نباتية عشوائية من كل قطعة تجريبية وذلك في فترة الإزهار بالنسبة للعينات الورقية وفي نهاية موسم النمو بالنسبة للدرنات.

4-1-13- التحليل الاحصائي: حللت البيانات احصائياً باستعمال برنامج التحليل الإحصائي SPSS واستعمل اختبار تحليل التباين (ANOVA) (اختبار F-test) لمعرفة وجود فروق معنوية بين متوسطات العناصر المقاسة ومن ثم قورنت ورتبت المتوسطات وفقا لاختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 5% (Stehlik-Barry and Babinec, 2017).

4-2- طرائق البحث:

4-2-1- تحاليل التربة:

4-2-1-1- التحاليل الفيزيائية: التحليل الميكانيكي: بطريقة الهيدرومتر (Gee and Bauder, 1986)؛ والكثافة الظاهرية (ρb) بطريقة الأسطوانة الحقلية (Blake and Hartge, 1986-a)؛ والكثافة الحقيقية بطريقة البكنومتر (Blake and Hartge, 1986-b) والمسامية حسابياً والسعة الحقلية (FC_w) حقلياً (Cassel and Nielsen, 1986) وفق الآتي: أُختيرت قطعة مستوية من الأرض بمساحة 4 m^2 (2×2) ووضع سد ترابي حول محيط قطعة الأرض بارتفاع 10سم لمنع التسرب الجانبي للمياه، ثم رطبت التربة بالماء بشكل تدريجي بطريقة الغمر لعمق 75 cm. بعد توقف رشح الماء وتشكل طبقة مائية رقيقة على سطح التربة غطيت التربة بشكل محكم بغطاء من البولي إيثيلين لمنع التبخر. وبعد 48 ساعة جمعت عينات عشوائية من

التربة لعمق 15 cm بواسطة مسبار التربة ووضعت في علبة من الألمنيوم محكمة الإغلاق ثم نُقلت إلى المخبر وجففت على درجة حرارة 105 م° حتى الجفاف التام وحسبت السعة الحقلية الوزنية (المحتوى الرطوبي الوزني) كما يلي:

$$FC_w = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

FC_w: السعة الحقلية الوزنية

M_w: وزن الماء المتبخر

M_s: وزن التربة الجاف تماماً.

4-2-1-2- التحاليل الكيميائية: درجة تفاعل التربة: باستعمال جهاز قياس pH meter على معلق تربة-ماء (2.5:1) (and Davey, 1988 Conyers). EC: الملوحة بواسطة قياس الناقلية الكهربائية في مستخلص تربة -ماء (5:1) (Rhoades, 1996). كربونات الكلسيوم ($CaCO_3$) بطريقة الكالسيمتر (Horváth, 2005). المادة العضوية (OM) بطريقة الأكسدة الرطبة باستعمال ديكرومات البوتاسيوم وحمض الكبريت المركز (Nelson and Sommers, 1996). الآزوت الكلي (TN) في التربة بهضم العينة بطريقة كلداهل وذلك باستعمال حمض الكبريت المركز (Bremner, 1996). الآزوت المعدني المتاح (AN) بطريقة كلداهل بالاستخلاص بمحلول 1 نظامي من كلوريد البوتاسيوم (Bremner and Breitenbeck, 1983). الفسفور المتاح (AP) بطريقة أولسن (Olsen, 1954)؛ والبوتاسيوم المتاح (AK) بالاستخلاص بخلات الأمونيوم وتقدير البوتاسيوم بواسطة جهاز مطيافية اللهب (Helmke and Sparks, 1996).

4-2-2- تحليل كومبوست بقايا نبات البندورة العضوية:

الـ pH على معلق (10:1) (مادة عضوية: ماء حجماً)، والـ EC على مستخلص (10:1) (مادة عضوية: ماء حجماً)، المادة العضوية بالترميد على درجة حرارة 450 م°، والآزوت بهضم المادة العضوية بمزيج من حمض الكبريت المركز مع السيلينيوم ثم تقدير الآزوت الكلي بطريقة كلداهل والفسفور والبوتاسيوم الكليان بالهضم باستعمال المحلول السابق نفسه وأخيراً تقدير الفسفور بالطريقة اللونية والبوتاسيوم باستعمال جهاز اللهب (Tandon, 1993).

4-2-3- تحاليل النبات:

جففت عينات الأوراق النباتية في فرن تجفيف على درجة حرارة 70م° حتى ثبات الوزن (لمدة 24 ساعة) ثم طُحنت باستعمال طاحون خاصة (Hanson, 1993). بعد ذلك هُضمت العينات بمزيج من حمض الكبريت المركز مع السيلينيوم وحمض السالسيليك ثم قُدر الآزوت الكلي بطريقة كلداهل (Bremner, 1996) والفسفور الكلي باستعمال الفاندات والموليبدات وتكوين مركب معقد أصفر اللون في وسط حامضي مع الفسفور وقياس شدة اللون على جهاز سبكتروفوتومتر على طول موجة 430 نانومتر (Reuter and Robinson, 1997) والبوتاسيوم الكلي بواسطة جهاز المقياس الضوئي اللهبي (Helmke and Sparks, 1996).

4-2-4- الإنتاجية:

$$\text{الانتاجية } (ton\ ha^{-1}) = \frac{\text{انتاجية القطعة التجريبية}}{\text{مساحة القطعة التجريبية}} \times 10000$$

5- النتائج والمناقشة:

5-1- الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية للتربة وكومبوست مخلفات نبات البندورة قبل الزراعة:

يُلحظ من الجدولين (3) و(4) أن التربة المدروسة ذات قوام طيني وفق مثلث القوام الأمريكي (USDA, 2017)، وتنتمي لرتبة الترب المتشققة Vertisols (Ilaiwi, 2001)؛ وهي متوسطة القلوية (USDA, 2017)؛ وغير مالحة وغير كلسية (FAO, 2007)، وذات محتوى ضعيف من المادة العضوية (FAO, 1980)؛ وضعيف جداً من الآزوت الكلي (Bruce and Rayment, 1982) وذات محتوى منخفض من الآزوت المعدني وعالٍ من البوتاسيوم المتاح (FAO, 2007) ومنخفض من الفسفور المتاح (Olsen, 1954).

5-2- التأثير في متوسط محتوى التربة من العناصر الكبرى (NPK):

5-2-1- التأثير في متوسط محتوى التربة من الآزوت الكلي TN (%):

يتبين من النتائج في الجدول (5) ارتفاع محتوى التربة من الآزوت الكلي بشكل يتناسب طرداً مع زيادة المعدلات المضافة من كومبوست مخلفات نبات البندورة وعكساً مع الكمية المضافة من السماد المعدني الآزوتي. حيث تفوقت كل من المعاملة (T5) (100% كومبوست مخلفات البندورة) و(T4) (25% سماد معدني آزوتي و75% كومبوست مخلفات نبات البندورة) بشكل معنوي على كافة المعاملات وكانت النسبة المئوية للزيادة في محتوى التربة من الآزوت الكلي مقارنة بالشاهد (44.83% و41.38%) على التوالي. وجاءت بالمرتبة الثانية كل من المعاملات (T3) (50% سماد معدني آزوتي و50% كومبوست مخلفات نبات البندورة) و(T2) (75% سماد معدني آزوتي و25% كومبوست مخلفات نبات البندورة) و (T1) (100% تسميد معدني) دون وجود أية فروق معنوية فيما بينها مقارنة بمعاملة الشاهد دون أية إضافة. وكان ترتيب المعاملات وفق محتوى التربة من الآزوت الكلي على النحو الآتي: T5> T4> >T3> T2> T1> T0.

الجدول (5): التأثير في متوسط محتوى التربة من الآزوت الكلي TN (%)

المعاملات	TN (%)	الزيادة عن الشاهد (%)
T0	0.029_c	-
T1	0.034_b	17.24
T2	0.036_b	24.13
T3	0.037_b	27.59
T4	0.041_a	41.38
T5	0.042_a	44.83
$LSD_{(0.05)}$	0.0029	

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية والمختلفة إلى وجود فروق معنوية

يعود سبب انخفاض محتوى التربة من الآزوت الكلي في معاملة التسميد المعدني الآزوتي إلى سرعة ذوبان هذه الأسمدة وسهولة تيسرها وامتصاصها من قبل جذور نبات البطاطا (Mariano *et al.,* 2015). وذلك على النقيض من كومبوست مخلفات نبات البندورة اذ يعود ارتفاع محتوى التربة من الآزوت الكلي مع ارتفاع كمية الكومبوست المضافة إلى أن أكثر من 90% من الآزوت الكلي والكبريت مرتبط بالكتلة الحيوية الميكروبية وبالمواد العضوية في التربة (Condron *et al.,* 2010). كما أن الآزوت العضوي في الكومبوست غير متاح مباشرة للامتصاص من قبل جذور النباتات ولا بد أن يخضع لعملية التمعدن بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وهذا الآزوت العضوي لا يتحلل بشكل كامل خلال سنة واحدة (Cabrera *et al.,* 2005; Angelova *et al.,* 2013). كما قد يعود إلى المنافسة ما بين جذور النباتات والأحياء الدقيقة على آزوت التربة اذ تعتبر الأحياء الدقيقة أكثر فعالية من النباتات في التنافس على الآزوت (Kuzyakov and Xu, 2013).

5-2-2- التأثير في متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح ($mg\ kg^{-1}$):

يظهر من النتائج في الجدول (6) زيادة محتوى التربة من الفسفور الميسر بشكل يتناسب طرداً مع زيادة المعدلات المضافة من كومبوست مخلفات نبات البندورة؛ حيث تفوقت المعاملة (T5) (100% كومبوست مخلفات البندورة) بشكل معنوي على كافة المعاملات بما فيها معاملة التسميد المعدني وارتفع مستوى الفسفور في التربة من المنخفض إلى المتوسط مقارنة مع كل من معاملة التسميد المعدني ومعاملة الشاهد، بينما جاءت في المرتبة الثانية المعاملة (T4) ولم تُلحظ أية فروق معنوية بين المعاملتين (T3) و(T2) اللتان تفوقتا على كل من معاملة التسميد المعدني ومعاملة الشاهد، وكان ترتيب المعاملات وفق محتوى التربة من الفسفور المتاح على النحو الآتي: T5> T4> >T3> T2> T1> T0؛ وكانت النسبة المئوية للزيادة في محتوى التربة من الفسفور المتاح مقارنة بمعاملة الشاهد وفق الآتي: (106.80%، 86%، 72%، 62%، 40%) على التوالي.

الجدول (6): التأثير في متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح ($mg\ kg^{-1}$)

المعاملات	AP (%)	الزيادة عن الشاهد (%)
T0	5_e	-
T1	7_d	40
T2	8.10_c	62
T3	8.60_c	72
T4	9.30_b	86
T5	10.34_a	106.80
$LSD_{(0.05)}$	0.61	

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية والمختلفة إلى وجود فروق معنوية

يعزى سبب ارتفاع محتوى التربة من الفسفور المتاح مع زيادة كمية كومبوست مخلفات نبات البندورة لعدة أسباب:

- أكثر من 50% من الفسفور الكلي في التربة مرتبط بالكتلة الحيوية الميكروبية وبالمواد العضوية في التربة (Condron *et al.*, 2010).
- زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة مع زيادة كمية المواد العضوية في التربة والذي يؤدي إلى زيادة إنطلاق غاز CO_2 في التربة وتشكل حمض الكربون H_2CO_3 ، مما يسهم في تحرر جزء الفسفور الموجود في التربة بصورة غير ميسرة للنباتات (Havlin *et al.*, 2016).
- يسهم تحلل المواد العضوية في زيادة تركيز الأحماض العضوية في التربة التي تقلل من ادمصاص وتثبيت الفسفور وبالتالي ترفع من الفسفور المتاح للنباتات (Laboski and Lamb, 2003; Krey *et al.*, 2013).

5-2-3- التأثير في متوسط محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح ($mg\ kg^{-1}$):

الجدول (7): التأثير في متوسط محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح ($mg\ kg^{-1}$)

المعاملات	AP (%)	الزيادة عن الشاهد (%)
T0	420_e	-
T1	425e	-
T2	450_d	5.88
T3	471_c	10.82
T4	490_b	15.29

21.41	516_a	**T5**
12.81		$\boldsymbol{LSD_{(0.05)}}$

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية والمختلفة إلى وجود فروق معنوية

لا بد من الإشارة أنه وفق نتائج تحليل التربة قبل الزراعة كانت جميع المعاملات ذات محتوى عالٍ من البوتاسيوم المتاح (480 $mg.kg^{-1}$) (الجدول، 7) لذلك لم يضاف سماد معدني بوتاسي للمعاملات؛ وعلى الرغم من ذلك يتبين من النتائج في الجدول (6) ارتفاع محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح بشكل يتناسب طرداً مع معدل كومبوست مخلفات نبات البندورة المضاف. حيث تفوقت جميع المعاملات المضاف لها كومبوست مخلفات نبات البندورة بشكل معنوي على كل من معاملة التسميد المعدني ومعاملة الشاهد. وكان ترتيب المعاملات وفق محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح بقارنة بمعاملة الشاهد على النحو الآتي: T5> T4> >T3> T2> T1 =T0؛ وكانت النسبة المئوية للزيادة في محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح وفق الآتي: (21.41%، 15.29%، 10.82%، 5.88%)على التوالي. ويُلحظ ارتفاع مستوى البوتاسيوم المتاح في المعاملة (T5) من عالٍ إلى عالي جداً. يعزى ارتفاع محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح مع زيادة معدل كومبوست مخلفات نبات البندورة المضاف إلى محتوى الكومبوست المرتفع من البوتاسيوم الكلي وإلى تحرر البوتاسيوم الناتج عن تمعدن المادة العضوية التي تقلل من تثبيت البوتاسيوم (Bader et *al.,* 2021) وإلى زيادة مواقع التبادل الكتيوني الناتجة عن زيادة المادة العضوية والتي لا تثبت البوتاسيوم بقوة على عكس بعض معادن الطين مثل الإليت (Andrews *et al.,* 2002).

5-3- التأثير في متوسط محتوى الأوراق من العناصر الكبرى (NPK):

5-3-1- التأثير في متوسط محتوى الأوراق من الآزوت الكلي TN (%):

يُلحظ من النتائج في الجدول (8) أن التسميد المعدني كان له الأثر الأكبر في زيادة محتوى أوراق نبات البطاطا من الآزوت الكلي مقارنة بالمعاملات التي أضيف لها معدلات مختلفة كومبوست مخلفات نبات البندورة؛ اذ تفوقت المعاملات (T1) (100% تسميد معدني) و(T2) (75% سماد معدني آزوتي و25% كومبوست مخلفات نبات البندورة) و(T3) (50% سماد معدني آزوتي و50% كومبوست مخلفات نبات البندورة) معنوياً على باقي المعاملات، وكان ترتيب المعاملات وفق محتوى التربة من الآزوت الكلي على النحو الآتي: T1> T2> >T3> T4> T5> T0؛ وكانت النسبة المئوية للزيادة في محتوى الأوراق من الآزوت الكلي مقارنة بالشاهد (27.33%، 24.44%، 22.51%، 17.04%، 13.83%) على التوالي.

الجدول (8): التأثير في متوسط محتوى الأوراق من الآزوت الكلي TA (%)

المعاملات	AP (%)	الزيادة عن الشاهد (%)
T0	3.11_c	-
T1	3.96_a	27.33
T2	3.87_a	24.44
T3	3.81_a	22.51
T4	3.64_b	17.04
T5	3.54_b	13.83
$\boldsymbol{LSD_{(0.05)}}$	0.165	

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية والمختلفة إلى وجود فروق معنوية

5-3-2- التأثير في متوسط محتوى الأوراق من الفسفور الكلي TP (%):

يظهر من النتائج في الجدول (9) ارتفاع محتوى أوراق نبات البطاطا من الفسفور الكلي بشكل يتناسب طرداً مع زيادة المعدلات المضافة من كومبوست مخلفات نبات البندورة وعكساً مع الكمية المضافة من السماد المعدني الآزوتي؛ حيث تفوقت كل من المعاملة (T5) (100% كومبوست مخلفات البندورة) و(T4) (25% سماد معدني آزوتي و75% كومبوست مخلفات نبات البندورة) بشكل معنوي على كافة المعاملات وكانت النسبة المئوية للزيادة في محتوى التربة من الآزوت الكلي مقارنة بالشاهد (52.17% و47.83%) على التولي. وجاءت بالمرتبة الثانية كل من المعاملات (T3) (50% سماد معدني آزوتي و50% كومبوست مخلفات نبات البندورة) وT2 (75% سماد معدني آزوتي و25% كومبوست مخلفات نبات البندورة) و (T1) (100% تسميد معدني) دون وجود أية فروق معنوية فيما بينها مقارنة بمعاملة الشاهد دون أية إضافة.

وكانت النسبة المئوية للزيادة في محتوى الأوراق من الفسفور الكلي (34.78%، و25.98%، و26.09%) على التوالي. وكان ترتيب المعاملات وفق محتوى الأوراق من الفسفور الكلي مقارنة بمعاملة الشاهد على النحو الآتي: T5> T4> T3> T1> T0. وبالمحصلة ساهم كومبوست مخلفات نبات البندورة في رفع محتوى أورق نبات البطاطا من الفسفور الكلي من مستوى النقص أو العجز في معاملة الشاهد والمستوى الضعيف في معاملة التسميد المعدني (T1) إلى المستوى الطبيعي في المعاملتين (T4) و(T5) (Haifa-group).

الجدول (9): التأثير في متوسط محتوى الأوراق من الفسفور الكلي TP (%)

المعاملات	AP (%)	الزيادة عن الشاهد (%)
T0	0.230_{c}	-
T1	0.290_{b}	26.09
T2	0.297_{b}	25.98
T3	0.310_{ab}	34.78
T4	0.340_{a}	47.83
T5	0.350_{a}	52.17
$LSD_{(0.05)}$	0.041	

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية والمختلفة إلى وجود فروق معنوية

يعود ارتفاع محتوى الأوراق من الفسفور الكلي بشكل خاص في المعاملتين (T5) و(T4) إلى تمعدن كومبوست مخلفات نبات البندورة والتحرر البطيء للفسفور بحيث يكون متاح بشكل أفضل للامتصاص من قبل جذور النباتات؛ مما ينعكس في زيادة محتوى الأوراق من الفسفور الكلي (Krey *et al.,* 2013; D'Hose et al., 2014)؛ إضافة إلى الدور الذي تلعبه المادة العضوية في خفض تثبت الفسفور(Laboski and Lamb, 2003)، وذلك مقارنة بمعاملة التسميد المعدني (T1) حيث يذوب الفسفور المعدني بشكل سريع مما يجعله عرضة للرشح أو التثبيت بواسطة كربونات الكلسيوم (Mahdi and Mouhamad, 2018) وبالتالي تنخفض قدرة جذور النباتات على امتصاصه.

5-3-3- التأثير في متوسط محتوى الأوراق من البوتاسيوم الكلي TK (%):

يُلحظ من النتائج في الجدول (10) أيضاً ارتفاع محتوى أوراق نبات البطاطا من البوتاسيوم الكلي بشكل يتناسب طرداً مع زيادة المعدلات المضافة من كومبوست مخلفات نبات البندورة حيث تفوقت كل من المعاملة (T5) و(T4) و(T3) بشكل معنوي على كافة المعاملات وكانت النسبة المئوية للزيادة في محتوى التربة من الآزوت الكلي مقارنة بالشاهد (27.55% و22.71% و20.19%) على التولي؛ بينما لم تسجل أية فروق معنوية بين المعاملات (T2) و(T1) و(T0).

الجدول (10): التأثير في متوسط محتوى الأوراق من البوتاسيوم الكلي TK (%)

المعاملات	AP (%)	الزيادة عن الشاهد (%)

-	3.17_b	**T0**
-	3.21_b	**T1**
6.94	3.39_b	**T2**
20.19	3.81_a	**T3**
22.71	3.89_a	**T4**
27.55	4.04_a	**T5**
0.224		$\boldsymbol{LSD_{(0.05)}}$

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية والمختلفة إلى وجود فروق معنوية

وكما ذُكر أعلاه يعود ارتفاع محتوى الأوراق من البوتاسيوم الكلي إلى الدور الذي لعبه كومبوست مخلفات نبات البندورة في زيادة تيسر البوتاسيوم وامتصاصه من قبل جذور النباتات.

5-4-التأثير في متوسط الإنتاجية ($ton\ ha^{-1}$):

يتضح من النتائج في الجدول (11) الدور الإيجابي للتسميد المعدني وكومبوست مخلفات نبات البندورة في زيادة الإنتاجية حيث تفوقت كل من المعاملة (T1) (100% سماد معدني آزوتي) والمعاملة (T2) (75% سماد معدني آزوتي و25% كومبوست مخلفات نبات البندورة) على باقي المعاملات دون وجود فروق معنوية فيما بينهما؛ وكانت النسبة المئوية للزيادة في الإنتاجية مقارنة بالشاهد (54.86% و49.78%) على التوالي. بينما جاءت في المرتبة الثانية المعاملة (T4) وفي المرتبة الثالثة المعاملة (T5) ثم المعاملة (T3) في المرتبة الأخيرة مقارنة بمعاملة الشاهد.

يرجع السبب في زيادة الإنتاجية في المعاملة (T1) والمعاملة (T2) إلى الدور المباشر والإيجابي للسماد المعدني في تحسين صفات النمو الخضري (مساحة المسطح الورقي، التمثيل الضوئي، نمو الجذور) مما ينعكس ايجاباً في زيادة الإنتاجية. كذلك الدور غير المباشر لكومبوست مخلفات نبات البندورة في تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة (المسامية) وجاهزية بعض العناصر الغذائية مما يوفر بيئة أفضل لنمو جذور النباتات (D'Hose *et al.,* 2014). بينما قد يرجع سبب انخفاض الإنتاجية في المعاملة (T3) مقارنة بالمعاملتين (T1) و(T2) إلى انخفاض جاهزية الآزوت الميسر للنبات مما انعكس سلباً على النمو الخضري وبالتالي الإنتاجية وهذا ما يتوافق مع ما وجده Vogtmann وآخرون (1993) الذي أشار إلى أن التسميد بالكومبوست خفض انتاج الخضراوات في العام الأول والثاني بعد التسميد بينما ارتفعت الإنتاجية في العام الثالث.

الجدول (11): التأثير في متوسط الانتاجية ($ton\ ha^{-1}$):

المعاملات	AP (%)	الزيادة عن الشاهد (%)
T0	12_d	-
T1	18.58_a	54.86
T2	17.97_a	49.78
T3	13.12_b	34.31
T4	15.03_c	25.25
T5	14.80_c	23.36
$\boldsymbol{LSD_{(0.05)}}$	0.625	

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية والمختلفة إلى وجود فروق معنوية

5-5-علاقة الارتباط بيرسون (Pearson) بين المؤشرات المدروسة:

يتبين من الجدول (12) وجود علاقة ارتباط معنوية قوية عند مستوى معنوية (0.01) بين كل من الفسفور والبوتاسيوم المتاحين في التربة والفسفور والبوتاسيوم الكليين في أوراق نبات البطاطا، وما بين الآزوت الكلي في الأوراق والإنتاجية وهذا ما يؤكد دور كومبوست مخلفات نبات البندورة في زيادة محتوى التربة والنبات من الفسفور والبوتاسيوم.

الجدول (12): علاقة الارتباط بيرسون

	N كلي تربة	P متاح تربة	K متاح تربة	N كلي نبات	P كلي نبات	K كلي نبات	الانتاجية
N كلي تربة	1						
P متاح تربة	0.924**	1					
K متاح تربة	0.841**	0.890**	1				
N كلي نبات	0.317	0.396	0.016	1			
P كلي نبات	0.884**	0.900**	0.745**	0.363	1		
K كلي نبات	0.889**	0.856**	0.927**	0.089	0.724**	1	
الانتاجية	0.205	0.258	-0.159	0.937**	0.289	-0.104	1

(**) مستوى معنوية (0.01)

6- الاستنتاجات

يسهم كومبوست نبات البندورة في تأمين جزء من حاجة النبات من العناصر الغذائية الكبرى (NPK) وبالتالي خفضت هذه المخلفات كمية السماد المعدني التي يحتاجها النبات، وبالتالي خفض تكاليف الإنتاج المرتفعة التي تعود إلى ارتفاع أسعار الأسمدة المعدنية وعدم توفرها بكميات كافية في السوق المحلية.

7- التوصيات:

تنفيذ البحث على معدلات متزايدة من كومبوست مخلفات البندورة وكفاءة الاستفادة من الآزوت وليس على أساس محتواها من الآزوت لمعرفة تأثيره في خصائص التربة المختلفة.

References:

1. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. (2022). المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. الأعداد 2010-2020. دمشق. سورية.
2. - Alyokhin, A., Porter, G., Groden, E., & Drummond, F. (2005). Colorado potato beetle response to soil amendments: a case in support of the mineral balance hypothesis?. *Agriculture, ecosystems & environment*, *109*(3-4), 234-244.
3. - Harris, P. M. (1978). the potato crop (PM Harris, ed.).
4. - Maftoun, M., Moshiri, F., Karimian, N., & Ronaghi, A. M. (2005). Effects of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach and soil properties. *Journal of plant nutrition*, *27*(9), 1635-1651.
5. - Mallory, E. B., & Porter, G. A. (2007). Potato yield stability under contrasting soil management strategies. *Agronomy Journal*, *99*(2), 501-510.
6. - Van Slyke, L. L. (2010). *Fertilizers and crop production*. Wren Press.
7. Andrews, S. S., Mitchell, J. P., Mancinelli, R., Karlen, D. L., Hartz, T. K., Horwath, W. R., ... & Munk, D. S. (2002). On-farm assessment of soil quality in California's Central Valley. *Agronomy journal*, *94*(1), 12-23.
8. Angelova, V. R., Akova, V. I., Artinova, N. S., & Ivanov, K. I. (2013). The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *19*(5), 958-971.
9. Angelova, V. R., Akova, V. I., Artinova, N. S., & Ivanov, K. I. (2013). The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *19*(5), 958-971.

10. Bader, B. R., Taban, S. K., Fahmi, A. H., Abood, M. A., & Hamdi, G. J. (2021). Potassium availability in soil amended with organic matter and phosphorous fertiliser under water stress during maize (Zea mays L) growth. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *20*(6), 390-394.
11. Baniuniene, A., & Zekaite, V. (2008). The effect of mineral and organic fertilizers on potato tuber yield and quality. *Latvian Journal of Agronomy*, *11*(11), 202-206.
12. Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (Eds.). (2015). *Handbook of plant nutrition*. CRC press.
13. Bhattacharya, A. (2019). Changing environmental condition and phosphorus-use efficiency in plants. *Changing climate and resource use efficiency in plants*, 241-305.
14. Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986-a). Bulk density. *Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods*, *5*, 377-382.
15. Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986-b). Particle density. *Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods*, *5*, 377-382.
16. Bremner, J. M. (1996). Nitrogen-total. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, *5*, 1085-1121.
17. Bremner, J. M., & Breitenbeck, G. (1983). A simple method for determination of ammonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *14*(10), 905-913.
18. Bruce, R. C., & Rayment, G. E. (1982). Analytical methods and interpretations used by the Agricultural Chemistry Branch for soil and land use surveys. Queensland Department of Primary Industries.
19. Cabrera, M. L., Kissel, D. E., & Vigil, M. F. (2005). Nitrogen mineralization from organic residues: Research opportunities. *Journal of environmental quality*, *34*(1), 75-79.
20. Cassel, D. K., & Nielsen, D. R. (1986). Field capacity and available water capacity. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, *5*, 901-926.
21. Civeira, G. (2010). Influence of municipal solid waste compost on soil properties and plant reestablishment in peri-urban environments. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *70*(3), 446-453.
22. Condron, L., Stark, C., O'Callaghan, M., Clinton, P., & Huang, Z. (2010). The role of microbial communities in the formation and decomposition of soil organic matter. *Soil microbiology and sustainable crop production*, 81-118.
23. Conyers, M. K., & Davey, B. G. (1988). Observations on some routine methods for soil pH determination. *Soil Science*, *145*(1), 29-36.
24. Cordell, D., & White, S. (2014). Life's bottleneck: sustaining the world's phosphorus for a food secure future. *Annual Review of Environment and Resources*, *39*, 161-188.
25. D'Hose, T., Cougnon, M., De Vliegher, A., Vandecasteele, B., Viaene, N., Cornelis, W., ... & Reheul, D. (2014). The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. *Applied Soil Ecology*, *75*, 189-198.
26. Da Silva, W. R., do Nascimento, C. W. A., da Silva, F. B. V., de Souza, A. A. B., Fracetto, G. G. M., & de Sá Veloso Ximenes, D. H. (2021). Effects of sewage sludge stabilization processes on soil fertility, mineral composition, and grain yield of maize in successive cropping. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *21*(2), 1076-1088.
27. FAO. (1980). Soil testing and plant analysis. Bull. No. 38/1, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
28. FAO. (2007). Methods of analysis for soil of arid and semi-arid regions. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
29. FAO. (2020). L'actualité agricole en Méditerranée.Ciheam, 2020,33 pp. http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC.
30. Gaur, A. C., & Sunita, G. (1999). Phosphate solubilizing microorganisms-An overview. *Current Trends in Life Science*, *23*, 151-164.
31. Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, *5*, 383-411.

32. Govindasamy, P., Muthusamy, S. K., Bagavathiannan, M., Mowrer, J., Jagannadham, P. T. K., Maity, A., ... & Tiwari, G. (2023). Nitrogen use efficiency—a key to enhance crop productivity under a changing climate. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1121073.
33. Haifa-group. https://www.haifa-group.com/crop-guide/field-crops/crop-guide-potato/nutrients-growing-potatoes
34. Hanson, R. 1993. Sampling plant tissue and soil for analysis. Department of Agronomy, University of Missouri Extension.
35. Harpole, W. S., Ngai, J. T., Cleland, E. E., Seabloom, E. W., Borer, E. T., Bracken, M. E., ... & Smith, J. E. (2011). Nutrient co-limitation of primary producer communities. *Ecology letters*, *14*(9), 852-862.
36. Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2016). *Soil fertility and fertilizers*. Pearson Education India.
37. Helmke, P. A., & Sparks, D. L. (1996). Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. *Methods of soil analysis: Part 3 chemical methods*, *5*, 551-574.
38. Horváth, B., Opara-Nadi, O., & Beese, F. (2005). A simple method for measuring the carbonate content of soils. *Soil Science Society of America Journal*, *69*(4), 1066-1068.
39. Ilaiwi, M. (2001). Soils of the Syrian Arab Republic. Soil resources of southern and eastern Mediterranean countries. CIHEAM, Bari, 227-242. http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=1002096.
40. Ilay, R., Kavdir, Y., & Sümer, A. (2013). The effect of olive oil solid waste application on soil properties and growth of sunflower (Helianthus annuus L.) and bean (Phaseolus vulgaris L.). *International Biodeterioration & Biodegradation*, *85*, 254-259.
41. Jeong, Y. S., Matsubae-Yokoyama, K., Kubo, H., Pak, J. J., & Nagasaka, T. (2009). Substance flow analysis of phosphorus and manganese correlated with South Korean steel industry. *Resources, Conservation and Recycling*, *53*(9), 479-489.
42. Khan, S., & Khalil, S. K. (2014). Integrated use of organic and inorganic fertilizers in wheat and their residual effect on subsequent mungbean. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, *3*(8), 835-844
43. Krey, T., Vassilev, N., Baum, C., & Eichler-Löbermann, B. (2013). Effects of long-term phosphorus application and plant-growth promoting rhizobacteria on maize phosphorus nutrition under field conditions. *European Journal of Soil Biology*, *55*, 124-130.
44. Kuzyakov, Y., & Xu, X. (2013). Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance. *New Phytologist*, *198*(3), 656-669.
45. Laboski, C. A., & Lamb, J. A. (2003). Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer. *Soil Science Society of America Journal*, *67*(2), 544-554.
46. Lalitha, M., & Dhakshinamoorthy, M. (2014). Forms of soil potassium-a review. *Agricultural reviews*, *35*(1).
47. Latare, A. M., Kumar, O., Singh, S. K., & Gupta, A. (2014). Direct and residual effect of sewage sludge on yield, heavy metals content and soil fertility under rice–wheat system. *Ecological engineering*, *69*, 17-24.
48. Liu, S., Meng, J., Jiang, L., Yang, X., Lan, Y., Cheng, X., & Chen, W. (2017). Rice husk biochar impacts soil phosphorous availability, phosphatase activities and bacterial community characteristics in three different soil types. *Applied Soil Ecology*, *116*, 12-22.
49. Mahdi, H. H., & Mouhamad, R. S. (2018). Behavior of phosphorus in the calcareous soil. *Advances in Agricultural Technology & Plant Sciences*, *1*(4), 180018.
50. Mariano, E., Leite, J. M., Megda, M. X., Torres-Dorante, L., & Trivelin, P. C. (2015). Influence of nitrogen form supply on soil mineral nitrogen dynamics, nitrogen uptake, and productivity of sugarcane. *Agronomy Journal*, *107*(2), 641-650.
51. Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, *5*, 961-1010.
52. Olsen, S. R. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate* (No. 939). US Department of Agriculture.

53. Peng, G. A. O., ZHANG, T., LEI, X. Y., CUI, X. W., LU, Y. X., FAN, P. F., ... & ZHANG, H. M. (2023). Improvement of soil fertility and rice yield after long-term application of cow manure combined with inorganic fertilizers. *Journal of Integrative Agriculture*.
54. Reuter, D., & Robinson, J. B. (Eds.). (1997). Plant analysis: an interpretation manual. CSIRO publishing
55. Rhoades, J. D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*, *5*, 417-435.
56. Sanchez, P. A. (2019). *Properties and Management of Soils in the Tropics*. Cambridge University Press.
57. Seferoğlu, S., Bilgehan Aydin, G., & Aydin, M. (2012). Impact of solid and liquid olive oil waste applications on important soil properties. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *58*(sup1), S180-S184.
58. Stehlik-Barry, K., & Babinec, A. J. (2017). *Data analysis with IBM SPSS statistics*. Packt Publishing Ltd.
59. Sterner, R. W., & Elser, J. J. (2003). *Ecological stoichiometry: the biology of elements from molecules to the biosphere*. Princeton university press.
60. Sudrajat, A., Hasani, S., Lidinilah, I. K. A., Rachmawati, Y. S., & Subandi, M. (2023, April). The effect of banana stems compost and various tuber sizes of G4 potato seed on growth, yield and quality of potato Var. Granola. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2646, No. 1). AIP Publishing.
61. Syers, J. K., Johnston, A. E., & Curtin, D. (2008). Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. *FAO Fertilizer and plant nutrition bulletin*, *18*(108), 5-50.
62. Tandon, H. L. S. (1993). *Methods of analysis of soils, plants, waters, and fertilisers* (Vol. 63, pp. 1-204). H. L. S. Tandon (Ed.). New Delhi: Fertiliser Development and Consultation Organisation.
63. Tiessen, H. (2008). Phosphorus in the global environment. In *The ecophysiology of plant-phosphorus interactions* (pp. 1-7). Dordrecht: Springer Netherlands.
64. Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., & Havlin, J. L. (1997). Soil fertility and fertilization prentices. *Hall of India New Delhi. pp*, *449*.
65. USDA. (2017).“Soil Survey Manual: Chapter 3.” Natural Resources Conservation Service. Accessed April 25, 2020.
66. Venkiteshwaran, K., McNamara, P. J., & Mayer, B. K. (2018). Meta-analysis of non-reactive phosphorus in water, wastewater, and sludge, and strategies to convert it for enhanced phosphorus removal and recovery. *Science of the total environment*, *644*, 661-674.
67. Weber, J., Kocowicz, A., Bekier, J., Jamroz, E., Tyszka, R., Debicka, M., ... & Kordas, L. (2014). The effect of a sandy soil amendment with municipal solid waste (MSW) compost on nitrogen uptake efficiency by plants. *European journal of Agronomy*, *54*, 54-60.