دور الكمبوست في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* تحت ظروف الزراعة المحمية

نغم محمود[1]، محمد أبو شعر[2*] وقصي الرحية[1]

(1) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية؛ (2) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز اللاذقية، سورية.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: drmaboushaar@gmail.com

الملخص

محمود، نغم، محمد أبو شعر وقصي الرحية. 2024. دور الكمبوست في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* تحت ظروف الزراعة المحمية. مجلة وقاية النبات العربية، 42(4): 526–533.
https://doi.org/10.22268/AJPP-001276

أجريت دراسة لاختبار كفاءة نوعين من الكمبوست (كمبوست بقايا تقليم الحمضيات، وكمبوست بقايا تقليم الزيتون) في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) تحت ظروف العدوى الاصطناعية. أظهرت النتائج تباين كلا نوعي الكمبوست في الخصائص الكيميائية والحيوية مما أدى إلى تباين دورهما في التأثير في شدة المرض بعد 50 يوماً من العدوى، حيث خفض كمبوست الزيتون شدة الإصابة بالمرض إلى 33.3% وتفوق معنوياً على كمبوست الحمضيات 50.0%، مقارنة مع الشاهد غير المعامل التي بلغت 58.3%، ورافق ذلك وجود زيادة في النشاط الأنزيمي لكلٍّ من أنزيمي البيروكسيداز والبولي فينول أوكسيداز في معاملات الكمبوست مقارنة مع الشاهد غير المعامل، ويشير هذا إلى دور الكمبوست في استحثاث المقاومة الجهازية للمرض في نباتات البندورة/الطماطم.

كلمات مفتاحية: كمبوست، مرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم، المقاومة المستحثة، أنزيم بيروكسيداز، أنزيم بولي فينول أوكسيداز.

المقدمة

تزرع البندورة/الطماطم في الكثير من دول العالم وتلعب الزراعة المحمية دوراً مهماً من الناحية الاقتصادية، إلا أن زراعتها تتأثر بالعديد من الأمراض النباتية (Kumar *et al.*, 2018)، ومنها مرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL)، الذي يعدّ من الأمراض المهمة التي تنتقل عن طريق التربة مسبباً ضرراً كبيراً لنباتات البندورة/الطماطم، ومؤدياً لخفضٍ كبير في الإنتاج بنسبة 15–60%، ويمكن أن تصل إلى 80% في الإصابات الشديدة (Ozbay & Sanoubar & Barbanti, 2017؛ Pietro *et al.*, 2003؛ Newman, 2004). تعتمد وقاية النبات إلى حدٍّ ما على المبيدات الكيميائية ومدخنات التربة، وأدى استخدامها في كثير من الأحيان إلى انتشار واسع لآثارها الجانبية المتعلقة بالإضرار بالبيئة، إضافة لخطرها على صحة الإنسان والحيوان بفعل البقايا السامة. لذا أدت ترقية إدارة الآفات الزراعية للتقليل من تداولها والتوجه نحو الزراعة العضوية إلى زيادة الاهتمام بالمكافحة الأحيائية في الوقاية من الأمراض النباتية. يعدّ استخدام الكومبوست أحد أساليب المكافحة الحيوية التي يمكن أن تكون بديلاً جزئياً عن استخدام المبيدات الكيميائية، بالإضافة لكونها طريقةً آمنة واقتصادية (Chellemi *et al.*, 2016؛ Ruzzi & Aroca, 2015؛ Schafer & Adams, 2015).

اقترح Hoitinik *et al.* (1975) لأول مرة استخدام الكومبوست في كبح الممرضات النباتية المنقولة بالتربة، وأظهرت العديد من الدراسات التي أجريت ضمن الدفيئات التأثير الإيجابي للكومبوست في تطور مسببات الأمراض قاطنة التربة، مثل *Pythium ultimum* و *Rhizoctonia solani*, (Alfano *et al.*, 2011؛ St. Martin & Brathwaite, 2012؛ Tian & Zheng, 2013؛ Xu *et al.*2012).

تعتمد آليات كبح الكومبوست للممرضات النباتية على خصائصه الفيزيائية والكيميائية والحيوية، والتي تتمثل بالتأثيرات المباشرة كتحسين بنية التربة، وتوافر العناصر الغذائية، تحسين قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وعلى مشاركة المجتمع الميكروبي في واحدة أو مجموعة من الأفعال (كالمنافسة على المكان والغذاء، التضاد، إنتاج الأنزيمات

https://doi.org/10.22268/AJPP-001276
© 2024 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

المحللة، التطفل، الافتراس وتحريض المقاومة في النبات) (Mehta *et al.*, 2014؛ Neher *et al.*, 2022).

هدف هذا البحث إلى اختبار كفاءة نوعين من الكومبوســـت في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم تحت ظروف العدوى الاصطناعية.

مواد البحث وطرائقه

موقع تنفيذ التجارب

نفذت الدراسة خلال الموسم الزراعي 2022/2021، في إحدى الدفيئات البلاستيكية في مركز البحوث الزراعية بمحافظة اللاذقية، تحت ظروف العدوى الاصطناعية بمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*.

الكومبوست المستخدم في الدراسة

حُضّر نوعان من الكومبوست اشتقت موادها الأولية من بقايا تقليم الحمضيات والزيتون صيف 2020 في محطة بحوث سيانو، وسمّيت كالتالي: C (90% بقايا حمضيات+10% زرق دواجن) وO (90% بقايا زيتون+ 10% زرق دواجن). فرمت البقايا النباتية إلى قطع صغيرة (1 سم وسطياً) باستخدام آلة تقطيع، ورطبت المواد الأولية بالماء حتى الإشباع وخلطت جيداً، ووضعت في مجسم اسطواني الشكل من شباك معدنية (قطر 1 م وارتفاع 1.5 م)، حيث خصصت أسطوانة لكل نوع من البقايا النباتية، وغطيت كل أسطوانة بغطاء من البولي إيثلين لحفظ الرطوبة وعدم جفاف الطبقة السطحية من الكومبوست، مع تقليب دوري للمكونات مرة واحدة كل 3–7 أيام لتشجيع التخمر في كافة أجزاء البقايا ومجانستها، وتعويض فاقد الرطوبة وعدم المغالاة في إضافة الماء كي لا يفقد الكومبوست جزءاً من مواده. روقب تطور درجات الحرارة في الكومبوست والتي كانت 30–35°س في بداية عملية التخمير لتبلغ بعد أسبوع 65°س وبقلب الكومة عند حرارة 70°س على عمق 30 سم من سطح الكومة وهي أعلى درجة حرارة تمّ تسجيلها. حددت نهاية عملية التخمير والتي استمرت ستة أشهر بانخفاض حرارة الأكوام إلى ما دون 38°س. تمت غربلة الناتج النهائي باستخدام منخل قطر فتحاته 0.5 سم، وتعبئته في أكياس مثقبة من البولي إيثلين سعة 50 ليتراً، وتخزينه في مكان مظلم لحين الاستخدام. أخذت عينات ممثلة من كل كومبوست لإجراء التحاليل الكيميائية والحيوية اللازمة.

الفطر الممرض

استخدمت في هذه الدراسة عزلة محلية من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* من جذور نباتات بندورة/طماطم أبدت الأعراض النموذجية لمرض عفن التاج والجذور، وتمّ الحصول عليها من مختبر الأمراض الفطرية في مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية. نُمّي الفطر في أطباق بتري (9 سم) على مستنبت البطاطا/البطاطس– دكستروز– آغار ثم التعقيم بالمؤصدة عند حرارة 121°س وضغط 1 بار لمدة 20 دقيقة وإضافة مضاد حيوي Rifampicin بتركيز 100 مغ/ليتر. حُضّنت الأطباق عند حرارة 25°س في الظلام لمدة 7 أيام ثم حفظت عند حرارة 4°س لحين الاستخدام. ولتنفيذ التجربة، حُضّر معلق الفطر الممرض ذي التركيز 7×10^6 بوغ/مل بإضافة الماء المعقم إلى المزرعة الفطرية وكشطها وتمرير المعلق عبر طبقة من الشاش المعقم، وضبط التركيز المطلوب.

المادة النباتية

نفذت الاختبارات الحيوية باستخدام بادرات بندورة بعمر 4 أوراق حقيقية من صنف مندلون (إنتاج شركة ويست فريزيان، هولندا)، الذي اعتمد مؤخراً على نطاق واسع في الزراعة المحمية في الساحل السوري لمقاومته للذبول الوعائي الفيوزاريومي، وجودة ثماره.

تقدير كثافة مجتمعات الفطور والبكتريا في الكومبوست

اتبعت تقنية التخفيف في أطباق بتري حاوية على مستنبت غذائي مناسب لتقدير العدد الكلي المستزرع من البكتريا والفطور (Termorshuizen *et al.*, 2006). حضرت سلسلة التخفيفات (10^{-1} إلى 10^{-8}) لكل معاملة انطلاقاً من المعلق الأساس ووضعت لمدة 30 دقيقة على هزاز كهربائي عند 180 دورة بالدقيقة. حُضّر المعلق الأساسي بوضع 10غ من الكومبوست في زجاجة معيارية سعة 250 مل وإضافة الماء المقطر والمعقم ليصل حجم المعلق إلى 100مل. استخدم مستنبتTSA (تريبتون صويا آغار) (15 غ تريبتون+ 5 غ ببتون الصويا+ 5 غ كلوريد الصوديوم+ 12 غ آغار) في 1 ليتر ماء مقطر معقم بالمؤصدة/الأوتوغلاف عند حرارة 121°س وضغط 1 بار لمدة 20 دقيقة لعزل وتنمية البكتريا، ومستنبت البطاطا/البطاطس–دكستروز–آغار لعزل الفطور بعد إضافة مضاد حيوي Rifampicin بتركيز 100 مغ/ليتر بعد التعقيم. زرعت في كل مرة من كل تخفيف كمية 10 ميكروليتر، نشرت طولياً على سطح المستنبت الغذائي، وكررت الزراعة ثلاث مرات في كل طبق، وخُصّصت ثلاثة أطباق لكل تخفيف. حضنت الأطباق الملقحة في الظلام عند 25°س لمدة 6 أيام. أجري فحص الأطباق بشكل دوري وأحصي عدد الوحدات المشكلة لمزرعة (Cfu)/غرام (وزن جاف) بالنسبة

للبكتيريا خلال 1–3 يوم من الوسط المدروس، وبالنسبة للفطور خلال 2–6 أيام مع مراعاة نمو الفطور سريعة النمو في حال ظهورها.

تجارب الدفيئة البلاستيكية

أجري الاختبار في الأصص، باستخدام تربة زراعية عقمت بالفورمالين بتركيز 2% من المحلول التجاري 37% (حسن وآخرون، 2020) ومن ثم غطيت برقائق من البولي إيثلين الشفاف لمدة أسبوعين، وبعد ذلك تمّت تهويتها لمدة ثلاثة أسابيع مع التحريك المتكرر للتخلص من الآثار السامة للمادة المعقمة، ثم أضيف تورب تجاري (بوتغراوند إتش، شركة كلاسمان، ألمانيا) بنسبة 1:3 (حجم: حجم) معقم بالمؤصدة عند حرارة 121°س لمدة ساعة. أضيف الكومبوست بنسبة 20% للوسط الزراعي السابق حسب المعاملات. شملت التجربة 6 معاملات بواقع ثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة و3 نباتات لكل مكرر، وكانت المعاملات كالتالي: O= تربة معاملة بكومبوست الزيتون، C = تربة معاملة بكومبوست الحمضيات، S = شاهد تربة دون أية إضافات، OF = تربة معاملة بكومبوست الزيتون ومعداة بالفطر الممرض، CF= تربة معاملة بكومبوست الحمضيات ومعداة بالفطر الممرض، SF = شاهد تربة معدى بالفطر الممرض.

غسلت جذور البادرات للتخلص من الأتربة العالقة بها، وقُصَّت أطراف الجذور بهدف إحداث جروح لتشجيع العدوى بالفطر الممرض. لقح المجموع الجذري للبادرات بمعلق الفطر الممرض لمدة عشر دقائق ومن ثم زرعت في أصص (قطر 10 سم، عمق 8.5 سم) وبواقع بادرة لكل أصيص. حضنت النباتات في بيت بلاستيكي في مركز بحوث اللاذقية تحت الظروف الطبيعية من الإضاءة والحرارة، وروقبت النباتات لمدة 50 يوماً بعد التشتيل والعدوى. قلعت النباتات وغسلت جذورها وقيمت درجة الإصابة وفقاً لسلم تقييس خماسي (جدول 1). كما أخذت القراءات الخاصة بمؤشرات النمو التالية: الوزن الطري والجاف للمجموع الخضري والجذري مقدرة بالغرام/نبات وارتفاع النبات مقدراً بالـ سم. حسبت شدة الإصابة من المعادلة التالية (McKinney, 1923):

$$\text{شدة الإصابة \%} = \frac{\text{مجموع [عدد النباتات المصابة عند كل درجة} \times \text{قيمة الدرجة}]}{\text{عدد النباتات الكلي} \times \text{أعلى درجة إصابة في سلم التقييس}} \times 100$$

استخلاص وتقدير نشاط أنزيمي البيروكسيداز وبولي فينول أوكسيداز

قُدِّر نشاط أنزيمي البيروكسيداز وبولي فينول أوكسيداز حسب ما نشر سابقاً (Hammerschmidt *et al.*, 1982) في موعدين: بعد 15 و 30 يوماً من المعاملة بالفطر الممرض، حيث جمعت عينات من أوراق البندورة/الطماطم في أكياس بلاستيكية تحمل رقم المعاملة ورقم المكرر، وأخذ من كل عينة 1 غ، سحقت في 3 مل من محلول فوسفات البوتاسيوم المبرد (pH=7، 0.1M) ضمن جفنة بورسلان، ثم وضع الناتج في أنابيب أبندورف سعة 2 مل، وعرضت للطرد المركزي بواسطة جهاز لمدة 10 دقائق عند سرعة 10000 دورة/دقيقة، عند حرارة 4°س. حفظ الرائق الناتج بالتجميد لحين تقدير النشاط الأنزيمي.

تم تحضير 3.5 مل من محلول فوسفات البوتاسيوم المذكور أعلاه و200 ميكروليتر من مستخلص العينة و 200 ميكروليتر من الجوايكول (0.25%) و 200 ميكروليتر من بيروكسيد الهيدروجين (0.1mM) لأخذ قراءات الامتصاص الضوئي لكل عينة، وسجلت قراءات الامتصاص الضوئي للعينات مرة كل 30 ثانية لمدة (3–5) دقائق عند طول موجة 430 نانومتر باستخدام جهاز المطياف الضوئي لحساب النشاط الأنزيمي الممثل بعدد ميكرومولات الماء الأوكسجيني التي تتفكك بفعل النشاط الأنزيمي في 100 مغ من العينة خلال دقيقة واحدة. حُسب النشاط الأنزيمي وفق معادلة الشركة المصنعة للمادة القياسية للأنزيم (Technical bulletin) على الشكل التالي:

$$PA = B \times SDF / Rt \times V$$

حيث PA= نشاط أنزيم البيروكسيداز، B = كمية الماء الأوكسجيني H_2O_2 المنخفضة بين الزمن الأولي والزمن النهائي، SDF= معامل تخفيف العينة، Rt = زمن التفاعل مقدراً بالدقيقة، V= حجم العينة المضافة إلى حجرة المطياف الضوئي مقدرة بـ مل.

بالنسبة لتقدير نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز أخذ 1.95 مل من محلول فوسفات البوتاسيوم و1 مل من محلول الكاتيكول catechol و50 ميكروليتر من مستخلص العينة وقيس نشاط الأنزيم عند طول موجة 410 نانومتر وعرف نشاط الأنزيم على أنه التغير في الامتصاص الضوئي (الفرق بين القراءتين النهائية والأولية لجهاز المطياف الضوئي) (Soliva *et al.*, 2000؛ Arnnok *et al.*, 2010).

التحليل الإحصائي

اتبع تصميم القطاعات العشوائية الكاملة في التجربة، وحللت النتائج إحصائياً بطريقة تحليل التباين ANOVA لجميع العناصر المدروسة، وقورنت الفروقات بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى احتمال 5%.

النتائج والمناقشة

الخصائص الكيميائية والحيوية لنوعي الكومبوست

أظهرت نتائج التحليل الكيميائي (جدول 2) تباين نوعي الكومبوست في خصائصها الكيميائية، وتميزت بقيم متقاربة لرقم حموضتها (pH) المائل للقلوية، وتباينت في ناقليتها الكهربائية ومحتواها من العناصر الغذائية ونسبة المادة العضوية. تفوق كومبوست الزيتون بمحتواه من

العناصـــر الغذائية (الآزوت والبوتاس) والمادة العضـــوية وناقليته الكهربائية على كومبوست الحمضيات.

أظهرت دراسة الخصائص الحيوية تطور كثافة مجتمعات الفطور والبكتريا المتنوعة وتوطنها في نوعي الكومبوسـت المدروسـة، والتي قد تلعب دوراً مهماً في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي، وتشـــجيع نمو النبات. لوحظ تفوق كومبوست الحمضيات بكثافة مجتمعات البكتريا الكلية على كومبوست الزيتون بينما تفوق كومبوســـت الزيتون بكثافة مجتمعات الفطور الكلية (جدول 3).

تشير الدراسات إلى أن محتوى الكومبوست من العناصر الغذائية الموجودة بأشـــكال متاحة للنبات والمواد العضـــوية كالمركبات العطرية والدبالية والفينولية أو المركبات النشطة حيوياً/بيولوجياً تحمي النبات من الممرضـات من خلال تحسـين الحالة الغذائية أو السـمية المباشـرة إزاء الممرض أو من خلال المقاومة الجهازية المسـتحثة (Siddiqui *et al.*, 2008؛ Spatafora & Tringali, 2012).

جدول 1. سلم تقييس (0-4) لتقدير شدة الإصابة بمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم (الرحية، غير منشور)

Table 1. Disease scale (0-4) for estimating severity of infection with crown and root rot disease of tomatoes (Rahiya, unpublished).

الدرجة Level	الوصف Description
0	لا توجد إصابة (جذور سليمة بيضاء اللون) No infection (healthy, white roots)
1	بقع بنية صغيرة فاتحة اللون على الجذر الرئيسي والجذور الثانوية، غير مترافقة بأعراض واضحة على النبات Small, light brown spots on the main root and secondary roots, not accompanied by obvious symptoms on the plant
2	تصبح البقع على الجذور الرئيسية ومنطقة التاج بنية غامقة وأكثر امتداداً مع تحلل الجذور الجانبية الليفية، يرافق ذلك ظهور اصفرار وشحوب خفيف على النبات The spots on the main roots and crown area become dark brown and more extensive as the fibrous lateral roots decompose, accompanied by the appearance of pale yellowing on the plant
3	تعفن بني غامق جزئي للحاء التاجي والخشب الداخلي وظهور جذور تعويضية حديثة غير مصابة فوق منطقة التاج، توقف نمو النبات واصفرار عام، تساقط الأزهار وصغر حجم الثمار. Partial dark brown rot of the crown bark and inner wood, appearance of new, uninfected compensatory roots above the crown area, cessation of plant growth, general yellowing, drop of flowers, and small size fruits
4	تحلل كامل الجذور وموت النبات Complete decomposition of the roots and death of the plant

تأثير معاملات الكومبوست في شدة إصابة نباتات البندورة/الطماطم وبعض معايير النمو تحت تأثير الإصابة بالفطر الممرض FORL في ظروف العدوى الاصطناعية في البيت البلاستيكي

تبين النتائج (جدول 4) كفاءة معاملات الكومبوست في حماية نباتات البندورة/الطماطم من الإصابة بمرض عفن التاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي تحت ظروف العدوى الاصطناعية والتربة المعقمة، فقد تفوق كومبوست الزيتون على كومبوست الحمضيات في تخفيض شدة المرض معنوياً، إذ بلغت شدة الإصابة بالفطر الممرض 33.3 و 50%، على التوالي، مقارنة بشاهد التربة المعداة 58.3%.

جدول 2. الخصائص الكيميائية لأنواع الكومبوست المستخدمة.

Table 2. Chemical properties of compost types used.

كومبوست حمضيات Citrus compost	كومبوست زيتون Olive compost	
7.89	7.33	درجة الحموضة pH
1.53	2.46	الناقلية الكهربائية EC
1.05	1.20	الآزوت المعدني Mineral nitrogen
0.128	0.129	الفوسفور المتاح Available phosphorus
2017	2345	البوتاسيوم المتاح Available potassium
19.08	21.03	الكربون العضوي % Organic carbon %
18.17	17.52	C/N ratio

جدول 3. الخصائص الحيوية لأنواع الكومبوست المستخدمة.

Table 3. Biological characteristics of compost types used.

عدد الوحدات المشكلة للمستعمرات/غ كومبوست (وزن جاف) Number of CFU/g compost (dry weight)		
فطور كلية ($\times 10^5$) Total fungi ($\times 10^5$)	بكتيريا كلية ($\times 10^8$) Total bacteria ($\times 10^8$)	الكومبوست Compost
1.61 b	30.5 a	حمضيات Citrus
7.03 a	15.5 b	زيتون Olive
0.08 c	0.65 c	تورب تجاري Commercial media
0.16	0.78	أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 5% $LSD_{0.05}$

القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05.

جدول 4. تأثير معاملات الكومبوست في درجة وشدة الإصابة بمرض عفن تاج وجذور نباتات البندورة/الطماطم ودورها في تحسين نمو النبات.
Table 4. The effect of compost treatments on the degree and severity of crown and root rot disease of tomato plants and their role in improving plant growth.

شدة الإصابة % Disease severity%	درجة الإصابة (4-1) Infection level	ارتفاع النبات (سم) Plant height (cm)	الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ) Dry weight of roots (g)	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ) Dry weight of shoots (g)	الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ) Fresh weight of roots (g)	الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ) Fresh weight of shoots (g)	المعاملات Treatments
0	0	70.96 a	0.73 c	4.03 d	9.92 b	28.10 a	O
0	0	73.33 a	0.81 ab	5.40 b	11.84 a	28.36 a	C
0	0	67.41 b	0.75 bc	4.01 d	8.09 c	19.09 b	S
33.3 b	1.33 b	67.58 b	0.84 a	6.07 a	12.04 a	28.62 a	OF
50.0 a	2.00 a	66.75 bc	0.83 ab	4.86 c	11.94 a	28.34 a	CF
58.3 a	2.11 a	63.85 c	0.52 d	3.65 e	7.49 c	18.71 b	SF

O= معاملة التربة بكومبوست الزيتون، C= معاملة التربة بكومبوست الحمضيات، S= شاهد تربة سليمة دون إضافات، OF= معاملة التربة المعداة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الزيتون، CF= معاملة التربة المعداة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الحمضيات،SF= شاهد تربة معداة بالفطر الممرض FORL. القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

O= Treating the soil with olive compost, C= Treating the soil with citrus compost, S= Healthy soil control without additives, OF= Treating the soil with the inoculum of the pathogenic fungus FORL + olive compost, CF= Treating the soil with the inoculum of the pathogenic fungus FORL + citrus compost, SF= Control soil infested with the inoculum of the pathogenic fungus FORL. Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05.

كان لجميع معاملات الكومبوست في التربة السليمة وتلك المعداة بالفطر الممرض FORL أثر إيجابي في نمو نباتات البندورة/الطماطم، رغم الأثر السلبي للإصابة بالفطر الممرض، فقد سجل وجود ارتباط عكسي بين شدة الإصابة % ومؤشرات النمو المدروسة (جدول 5). استخدم الكومبوست في دراسة تونسية سابقة في مكافحة مرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي، وأشارت إلى أن إضافة مستخلص الكومبوست إلى وسط نمو نباتات البندورة/الطماطم قد خفضت الإصابة بالفطر الممرض FORL وشجعت النمو الخضري والجذري لنباتات البندورة/الطماطم (Hibar *et al*., 2006)، وبيّن Morales-Corts *et al.* (2018) دور الكومبوست في تعزيز نمو نباتات البندورة/الطماطم إضافةً لتأثيره الواضح والفعال في كبح الممرضين الفطريين *Rhizoctonia solani* و *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، كما أظهرت أنواع الكومبوست المستخدمة في الدراسة التي أجراها الرحية (2015) تأثيراً في تخفيض مرض تفلن جذور البندورة/الطماطم الذي يسببه الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* تحت ظروف العدوى الاصطناعية وزيادة في نمو بادرات البندورة/الطماطم.

تأثير معاملات الكومبوست في تحريض المقاومة في نباتات البندورة/الطماطم لمرض عفن التاج والجذور في ظروف العدوى الاصطناعية بالفطر الممرض FORL في البيت البلاستيكي

أظهرت نتائج اختبار النشاط الانزيمي بعد 15 و 30 يوماً من الزراعة دور الكومبوست في استحثاث المقاومة في نباتات البندورة/الطماطم غير المعداة، حيث سجل ارتفاع في نشاط أنزيم البيروكسيداز في النباتات المعاملة بكومبوست الزيتون وكومبوست الحمضيات بعد 15 يوماً وبلغ 1.47 و 1.11 ميكرومول/مغ، على التوالي، مقارنة مع نباتات شاهد التربة السليمة (0.87 ميكرومول/مغ)، وكذلك سجل هذا الارتفاع بعد 30 يوماً وبلغ 0.49 و 0.71 ميكرومول/مغ، على التوالي، مقارنة مع نباتات شاهد التربة السليمة (0.15 ميكرومول/مغ) (جدول 6). وقد يعود هذا التأثير إلى تفاعل الكائنات الحية الدقيقة الطبيعية المستعمرة للكومبوست مع جذور النباتات وتحريض أنظمتها الدفاعية أو أن إضافة الكومبوست للتربة قد ساهمت بتنشيط الأحياء الدقيقة القاطنة في التربة والمستعمرة لمحيط جذور النباتات المعاملة.

بلغ مستوى نشاط أنزيم البيروكسيداز في نباتات شاهد التربة المعداة بالفطر الممرض FORL بعد 15 و30 يوماً من العدوى 1.12 و 0.36 ميكرومول/مغ، على التوالي، وبلغ مستواه في نباتات شاهد التربة السليمة 0.87 و 0.15 ميكرومول/مغ، على التوالي، ويشير هذا إلى دورٍ محتمل يقوم به الكومبوست في تحريض المقاومة الطبيعية في النبات إزاء الفطر الممرض. وعند تتبع النشاط الأنزيمي في نباتات البندورة/الطماطم المعداة بالفطر الممرض والمعاملة بنوعي الكومبوست، كان مستوى نشاط أنزيم البيروكسيداز في النباتات المعاملة بالكومبوست والفطر الممرض معاً منخفضاً بعد 15 يوماً من المعاملة ليرتفع بعد 30 يوماً في النباتات المعداة والمعاملة بكومبوست الزيتون والحمضيات 0.64 و 0.71 ميكرومول/مغ مقارنة مع مستوى نشاط الأنزيم في نباتات شاهد التربة المعداة البالغ 0.36 ميكرومول/مغ. وقد يعود هذا التغير في النشاط الأنزيمي في النباتات المعداة إلى عوامل عديدة تقود التفاعل المعقد بين الكائن الممرض والكائنات الدقيقة الطبيعية في التربة والكومبوست وجذر النبات.

جدول 5. معامل الارتباط بين درجة الإصابة بمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم ومؤشرات نمو نباتات البندورة/الطماطم.

Table 5. Correlation coefficient between the degree of tomato crown and root rot disease and growth indicators of tomato plants.

الوزن الرطب للمجموع (غ) Wet weight of (g)		الوزن الجاف للمجموع (غ) Dry weight of (g)		ارتفاع النبات (سم) Plant height (cm)	درجة الإصابة infection Degree
الخضري shoots	الجذري root	الخضري shoots	الجذري root		
-0.3075	-0.2901	-0.5197	-0.1965	-0.3743	معامل الارتباط Correlation coefficient (r)
0.1187 ns	0. 1422 ns	0.0055**	0.3508 ns	0.0544 ns	P(r=0)

أظهرت النتائج (جدول 6) حصول زيادة في نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز في النباتات المعاملة بكومبوست الزيتون والحمضيات (0.61 و 0.60 وحدة امتصاصية/دقيقة، على التوالي) بعد 15 يوماً من الزراعة بالأصص مقارنة بنباتات شاهد التربة السليمة (0.51 وحدة امتصاصية/دقيقة)، وازدياد نشاط الأنزيم ليبلغ 2.44 وحدة امتصاصية/دقيقة لدى نباتات كومبوست الزيتون والحمضيات بعد 30 يوماً من المعاملة مقارنة بنباتات شاهد التربة السليمة (2.26 وحدة امتصاصية/دقيقة)، مما يؤكد دور الكومبوست في تنشيط هذا الأنزيم.

كذلك بينت النتائج ارتفاع مستوى نشاط الأنزيم في نباتات شاهد التربة المعداة بعد 15 و30 يوماً من العدوى بالفطر الممرض FORL حيث بلغ مستوى نشاط أنزيم بولي فينول اوكسيداز 0.79 و 2.63 وحدة امتصاصية/دقيقة، على التوالي، مقارنة بمستواه في نباتات شاهد التربة السليمة البالغ 0.51 و 2.26 وحدة امتصاصية/دقيقة، على التوالي، مما يشير إلى أن الممرض يعمل على تحريض ردود فعل مقاومة لدى النبات العائل المصاب تتمثل بازدياد نشاط أنزيم بولي فينول اوكسيداز.

كما أظهرت النتائج ارتفاعاً في نشاط أنزيم البولي فينول أوكسيداز نتيجة المعاملة بالكومبوست للنباتات المعداة بالفطر الممرض وسجل أعلى مستوى لنشاط أنزيم البولي فينول أوكسيداز عند معاملة النباتات المعداة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الزيتون حيث وصل نشاط الأنزيم إلى 0.90 وحدة امتصاصية/دقيقة بعد 15 يوماً من المعاملة ليزداد بعد 30 يوماً من المعاملة ويصل إلى 2.86 وحدة امتصاصية/دقيقة، متفوقاً بذلك وبفروق معنوية على معاملة كومبوست الحمضيات الذي سجل أقل مستوى لنشاط الأنزيم بعد 15 و 30 يوماً من المعاملة وبلغ 0.65 و 1.99 وحدة امتصاصية/دقيقة، على التوالي، مقارنة مع نشاط الأنزيم في نباتات شاهد التربة المعداة البالغ 0.79 و 2.63 وحدة امتصاصية/دقيقة، على التوالي. نستنتج مما سبق أن معاملة نباتات البندورة/الطماطم المعداة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الزيتون قد حرضت ردود فعل دفاعية إزاء الإصابة بالفطر الممرض FORL .

شجعت إضافة كومبوست الزيتون على زيادة نشاط أنزيم البولي فينول أوكسيداز وبالتالي حثّ النبات على ردود فعل دفاعية ضدّ الإصابة بالفطر الممرض، بينما لم يبدِ كومبوست الحمضيات أي تأثير.

جدول 6. تباين نشاط أنزيم البيروكسيداز $\times 10^{-3}$ (ميكرومول/مغ) وأنزيم بولي فينول أوكسيداز (وحدة امتصاصية/دقيقة) في نباتات البندورة/الطماطم المعاملة بالكومبوست تحت ظروف العدوى الاصطناعية في البيت البلاستيكي.

Table 7. Variation of peroxidase activity $\times 10^{-3}$ (µmol/mg) and polyphenol oxidase activity (absorption units/min) in tomato plants treated with compost under artificial infection conditions in the greenhouse.

نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز (وحدة امتصاصية/دقيقة) Polyphenol oxidase activity (absorbance units/min)				نشاط أنزيم البيروكسيداز $\times 10^{-3}$ (ميكرومول/مغ) Peroxidase activity $\times 10^{-3}$ (µmol/mg)				
المعاملات المعداة بالفطر الممرض FORL Treatments inoculated with the pathogenic fungus FORL		المعاملات السليمة (بدون عدوى) Healthy (no infection)		المعاملات المعداة بالفطر الممرض FORL Treatments inoculated with the pathogenic fungus FORL		المعاملات السليمة (بدون عدوى) Healthy (no infection)		المعاملات Treatments
30	15	30	15	30	15	30	15	
2.86 a	0.90 a	2.44 a	0.61 a	0.64 a	0.89 b	0.49 b	1.47 a	O
1.99 b	0.65 c	2.44 a	0.60 a	0.71 a	1.04 b	0.71 a	1.11 ab	C
2.63 a	0.79 b	2.26 b	0.51 a	0.36 b	1.12 a	0.15 c	0.87 b	S

O= معاملة التربة بكومبوست الزيتون، C= معاملة التربة بكومبوست الحمضيات، S= شاهد تربة سليمة دون إضافات. القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في نفس العمود لا يوجد بينها فروق معنوية عند مستوىاحتمال 5%.

O= Treating the soil with olive compost, C= Treating the soil with citrus compost, S= Healthy soil without additives. Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P= 0.05.

تعود أهمية الكومبوست في كبح الممرضات النباتية إلى تحفيزه للاستجابات الدفاعية في النبات (Burketova *et al*., 2015)، وقد أشار Pharand *et al.* (2002) إلى إن إضافة الكومبوست إلى وسط نمو نباتات البندورة/الطماطم قد خفض الإصابة بالفطر الممرض FORL، ويعزى ذلك بشكل أساسي إلى الاستجابات الدفاعية في النبات كترسيب الكالوس وتكوين حواجز ميكانيكية في مواقع اختراق الفطور الممرضة للنبات مما يمنع انتشار الممرضات إلى الأوعية الناقلة، إنّ هذه الحواجز ناجمة عن زيادة تصنيع وترسيب اللجنين لتقوية جدر الخلايا النباتية وزيادة صلابتها وبالتالي تعيق اختراق الممرضات النباتية (Kumar *et al.*, 2010 ؛Harish *et al.*, 2009). كما لعب الكومبوست، وخصوصاً كومبوست الزيتون، دوراً مهماً كمحفز للمقاومة في نباتات البندورة/الطماطم إزاء مرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي المتسبب عن الفطر الممرض FORL ، والذي تمثل بزيادة في نشاط أنزيمي البيروكسيداز والبولي فينول أوكسيداز، وانعكس ذلك إيجابياً على مؤشرات نمو نباتات البندورة/الطماطم تحت ظروف العدوى الاصطناعية والتربة المعقمة. نوصي بإجراء مزيدٍ من الدراسات والتجارب تحت ظروف العدوى الطبيعية.

Abstract

Mahmoud, N., M. Abou Shaar and Q. El-Rahiye. 2024. The Role of Compost in Biological Control of Tomato Crown and Root Rot Disease Caused by the Fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Under Protected Cultivation Conditions. Arab Journal of Plant Protection, 42(4): 526-533. https://doi.org/10.22268/AJPP-001276

A study was conducted to investigate the role of two compost types: citrus pruning residues compost (C) and olive pruning residues compost (O), in the biological control of tomato crown and root rot disease caused by the fungus *Fusarium oxysporum*. f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) under artificial infection conditions. Results obtained showed that both compost types differed in chemical and biological properties, which led 50 days after infection to a variation in their effect in influencing disease severity. The olive compost reduced the severity of the disease to 33.3% and was significantly superior to citrus compost 50.0%, compared to the untreated control, which reached 58.3%. Compost treatment was associated with an increase in the enzymatic activity of both peroxidase and polyphenol oxidase enzymes in tomato plants as compared to the untreated control. These results confirm the role of compost in inducing resistance to disease in tomato plants.

Keywords: Compost, tomato crown and root rot disease, induced resistance, peroxidase, phenol oxidase.

Affiliation of authors: *N. Mahmoud[1], M.A. Shaar[2*] and Q. El-Rahyeh[1]. (1) Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Syria; (2) General Authority of Scientific Agricultural Research, Latakia Center, Syria. [*]Email address of the corresponding author: drmaboushaar@gmail.com*

المراجع

الرحية، قصي. 2015. تحسين الكفاءة الحيوية للسماد العضوي وتأثيرها في مرض تفلن جذور البندورة *Pyrenochaeta lycopersici*. أطروحة دكتوراه، قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية. 127 صفحة.

***[Al-Rahiya, Q.** 2015. Improvement of organic fertilizer biological efficiency and its effect on tomato corky root disease Pyrenochaeta lycopersici. Ph. D. thesis, Plant Protection Department, University of Aleppo, Syria. 127 pp. (In Arabic)].*

حسن عبد الله عبد الكريم، عبير رؤوف محمود ولينة قاسم محمد. 2020. تشخيص عزلات محلية من بكتيريا *Lactobacillus plantarum* وتقويم كفاءتها في مكافحة مرض ذبول فيوزاريوم على البندورة/الطماطم. مجلة وقاية النبات العربية، 38(2):149-161. https://doi.org/10.22268/AJPP-38.2.149161

*[**Hasan, A.A., A.R. Mahmoud and L.K. Mohamed.** 2020. Diagnosis of local isolates of the bacterium Lactobacillus plantarum and assessment of its efficiency in controlling tomato fusarium wilt. Arab Journal of Plant Protection, 38(2):149-161. (In Arabic)]*
https://doi.org/10.22268/AJPP-38.2.149161

Alfano, G., G. Lustrato, G. Lima, D. Vitullo and G. Ranalli. 2011. Characterization of composted olive mill wastes to predict potential plant disease suppressiveness. Biological Control, 58(3):199-207. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.05.001

References

Arnnok, P., C. Ruangviriyachai, R. Mahachai, S. Techawongstien and S. Chanthai. 2010. Optimization and determination of polyphenol oxidase and peroxidase activities in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) pericarb. International Food Research Journal, 17(2):385-392.

Burketova, L., L. Trda, P.G. Ott and O. Valentova. 2015. Bio-based resistance inducers for sustainable plant protection against pathogens. Biotechnology Advances, 33(6): 994-1004. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.01.004

Chellemi, D.O., A. Gamliel, J. Katan and K.V. Subbarao. 2016. Development and deployment of systems-based approaches for the management of soil borne plant pathogens. Phytopathology, 106(3):216-225. https://doi.org/10.1094/phyto-09-15-0204-rvw

Hammerschmidt, R., E.M. Nuckles and J. Kuć. 1982. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. Physiological Plant Pathology, 20(1):73-82. https://doi.org/10.1016/0048-4059(82)90025-X

Harish, S., M. Kavino, N. Kumar, P. Balasubramanian and R. Samiyappan. 2009. Induction of defense-related proteins by mixtures of plant growth promoting endophytic bacteria against Banana bunchy top virus. Biological Control, 51(1):16-25. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.06.002

Ruzzi, M. and R. Aroca. 2015. Plant growth-promoting Rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196:124-134. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.042

Sanoubar, R. and L. Barbanti. 2017. Fungal diseases on tomato plant under greenhouse conditions. European Journal of Biological Research, 7(4):299-308. https://doi.org/10.5281/zenodo.1011161

Schafer, T. and T. Adams. 2015. The Importance of Microbiology in Sustainable Agriculture. Pp. 5-6. *In:* Principles of Plant-Microbe Interactions. B. Lugtenberg (ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3

Siddiqui, Y., S. Meon, M.R. Ismail and A. Ali. 2008. *Trichoderma*-fortified compost extracts for the control of *Choanephora* wet rot in okra production. Crop Protection, 27(3-5):385-390. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.07.002

Soliva, R.C., P. Elez, M. Sebastián and O. Martín. 2000. Evaluation of browning effect on avocado purée preserved by combined methods. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 1(4):261-268. https://doi.org/10.1016/S1466-8564(00)00033-3

Spatafora, C. and C. Tringali. 2012. Valorization of vegetable waste: identification of bioactive compounds and their chemo-enzymatic optimization. The Open Agriculture Journal, 6:9-16. https://doi.org/10.2174/1874331501206010009

St. Martin, C.C.G. and R.A.I. Brathwaite. 2012. Compost and compost tea: Principles and prospects as substrates and soil-borne disease management strategies in soil-less vegetable production. Biological Agriculture and Horticulture, 28(1):1-33. https://doi.org/10.1080/01448765.2012.671516

Termorshuizen, A.J., E. Van Rijn, D.J. Van Der Gaag, C. Alabouvette, Y. Chen, J. Lagerlöf, A.A. Malandrakis, E.J. Paplomatas, B. Rämert, J. Ryckeboer, C. Steinberg and S. Zmora-Nahum. 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. Soil Biology and Biochemistry, 38(8):2461-2477. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.03.002

Tian, X. and Y. Zheng. 2013. Compost teas and reused nutrient solution suppress plant pathogens *in vitro*. HortScience, 48(4):510-512. https://doi.org/10.21273/hortsci.48.4.510

Xu, D., W. Raza, G. Yu, Q. Zhao, Q. She and Q. Huang. 2012. Phytotoxicity analysis of extracts from compost and their ability to inhibit soil-borne pathogenic fungi and reduce root-knot nematodes. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28(3):1193-1201. https://doi.org/10.1007/s11274-011-0922-0

Hibar, K., M. Daami-Remadi, H. Jabnoun-Khiareddine, I.E.A. Znaïdi and M. El Mahjoub. 2006. Effet des extraits de compost sur la croissance mycélienne et l'agressivité du *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 10(2):101-108.

Hoitink, H.A.J., A.F. Schmitthenner and L.J. Herr. 1975. Composted bark for control of root rot in ornamentals Arboriculture & Urban Forestry, 1(11):217-218. https://doi.org/10.48044/jauf.1975.053

Kumar, A., P.C. Mali and V.K. Manga. 2010. Changes of some phenolic compounds and enzyme activities on infected pearl millet caused by *Sclerospora graminicola*. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 2(1):6-10.

Kumar, S.P., A. Srinivasulu and K.R. Babu. 2018. Symptomology of major fungal diseases on tomato and its management. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7(6):1817-1821.

McKinney, H. 1923. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. Journal of Agricultural Research, 26:195-217.

Mehta, C.M., U. Palni, I.H. Franke-Whittle and A.K. Sharma. 2014. Compost: its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. Waste Management, 34(3):607-622. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.012

Morales-Corts, M.R., R. Pérez-Sánchez and M.A. Gómez-Sánchez. 2018. Efficiency of garden waste compost teas on tomato growth and its suppressiveness against soil borne pathogens. Scientia Agricola, 75(5):400-409. https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0439

Neher, D.A., H.A. Hoitink, J. Biala, R. Rynk and G. Black. 2022. Compost use for plant disease suppression. Pp. 847-878. *In:* The Composting Handbook. R. Rynk (ed.). Academic Press, Elsevier, London, UK.

Ozbay, N. and S.E. Newman. 2004. Fusarium crown and root rot of tomato and control methods. Plant Pathology Journal, 3(1):9-18. https://doi.org/10.3923/ppj.2004.9.18

Pharand, B., O. Carisse and N. Benhamou. 2002. Cytological aspects of compost-mediated induced resistance against Fusarium crown and root rot in tomato. Phytopathology, 92(4):424-438. https://doi.org/10.1094/phyto.2002.92.4.424

Pietro, A.D., M.P. Madrid, Z. Caracuel, J. Delgado-Jarana and M.I. Roncero. 2003. *Fusarium oxysporum*: exploring the molecular arsenal of a vascular wilt fungus. Molecular Plant Pathology, 4(5):315-325. https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00180.x

Received: October 16, 2023; Accepted: November 26, 2023

تاريخ الاستلام: 2023/10/16؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2023/11/26