

تقويم أولي لفعالية محرض المقاومة Acibenzolar-S-Methyl (ASM) في تحفيز استجابات
الدفاع والنمو عند نباتي البندورة/الطماطم والباذنجان تجاه الإصابة
بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita*

أحمد محمد مهنا

قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية، البريد الإلكتروني: A.M.Mouhanna@gmail.com

الملخص

مهنا، أحمد محمد. 2018. تقويم أولي لفعالية محرض المقاومة Acibenzolar-S-Methyl (ASM) في تحفيز استجابات الدفاع والنمو عند نباتي البندورة/الطماطم والباذنجان تجاه الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita*. مجلة وقاية النبات العربية، 36(3): 223-230. هدفت الدراسة لمعرفة فاعلية محرض المقاومة Acibenzolar-S-Methyl (ASM) في تحفيز استجابات النمو والدفاع عند نباتي البندورة/الطماطم والباذنجان تجاه الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* تحت ظروف البيت الزجاجي. تمت معاملة النباتات بتركيز مختلفة من محرض المقاومة ASM (30، 50، و70، و90 جزءاً بالمليون)، ثم أجريت العدوى بمعلق من نيماتودا تعقد الجذور تركيزه 2000 يرقة/مل تربة، ونفذت التجربة مرتين في فترتين مختلفتين. أظهرت النتائج انخفاض عدد العقد النيماتودية في النباتات المعاملة بمحرض المقاومة ASM المختبر، مع تفوق المعاملة باستخدام التركيز 50 جزء بالمليون حيث بلغت نسبة انخفاض عدد العقد النيماتودية 35.5% في نباتات البندورة، و17.4% في نباتات الباذنجان، وذلك بالمقارنة مع نباتات الشاهد المصاب. وبحساب تأثير المقاومة في مؤشرات النمو في نباتات البندورة السليمة والمصابة بنيماتودا تعقد الجذور، أعطى التركيز 50 جزء بالمليون زيادة معنوية في معظم صفات النمو المدروسة وتوق على تلك المتحصل عليها من بقية التركيزات. كما أدى التركيز 70 جزء بالمليون إلى زيادة في معدل نسبة عقد الأزهار في النباتات السليمة بنسبة 18.2% بالمقارنة مع نباتات الشاهد السليم، في حين لم يظهر ازدياد في وزن المجموع الجذري عند استخدام مختلف التركيزات من محرض المقاومة ASM. أما في نباتات الباذنجان فقد اختلفت التركيزات المستخدمة من محرض المقاومة ASM في تأثيرها في مختلف مؤشرات النمو حيث أدت إلى زيادة معنوية في جميع معدلات النمو لتلك النباتات سواء كانت سليمة أو مصابة بنيماتودا تعقد الجذور.

كلمات مفتاحية: البندورة/الطماطم، الباذنجان، Acibenzolar-S-Methyl (ASM)، معدل النمو، تحريض المقاومة، *Meloidogyne incognita*.

المقدمة

الجذور أحد أكثر المشاكل النيماتودية أهمية في سورية (العسس، 2003)، حيث تم تسجيلها على العديد من محاصيل الخضر وبخاصة البندورة/الطماطم والخيار والباذنجان، وعلى محاصيل الحقل المهمة كالقطن والشوندر السكري/البنجر والتبغ (Toumi et al., 2014). يعد التطفل الإيجابي الداخلي لنيماتودا تعقد الجذور من أكثر أنماط تطفل النيماتودا تطوراً، حيث تنشأ علاقات تفاعلية متبادلة معقدة بينها وبين النبات. كما تتغلب في العلاقة التوافقية يوقات الطور الثاني المعدي لنيماتودا تعقد الجذور على أنظمة دفاع النبات لتحدث تغيرات مورفولوجية وتشريحية وفيزيولوجية في جذور النباتات القابلة للإصابة (Elling, 2013؛ Meliilo et al., 2014). تتطلب السيطرة على انتشار نيماتودا تعقد الجذور استراتيجيات إدارة مناسبة لنقادي الخسائر الناجمة عنها، وتشمل بعض طرائق الإدارة استخدام المبيدات الكيميائية التي لم تعد خياراً مناسباً، نظراً لارتفاع تكلفتها

تعد النيماتودا المتطفلة على النبات من الآفات الرئيسية التي تؤدي إلى الإضرار بالمجموع الجذري وتثبط وظائفه. وبرغم الخسائر الجمة الناجمة عن الإصابة بهذه الآفات، إلا إنها لم تحظ بالاهتمام المطلوب، مقارنة مع ما حظيت به آفات المجموع الخضري (Dias-Arieira et al., 2013). وتعد محاصيل الخضر من أكثر المحاصيل الزراعية عرضة للإصابة بالنيماتودا (Sikora & Fernandez, 2005)، وتبلغ جمة الخسائر الاقتصادية في إنتاجية هذه المحاصيل نتيجة للإصابة بتلك الآفات النيماتودية حوالي 10% من جمة الإنتاج العالمي، نصف هذه الخسائر يعود إلى الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne spp.* بمفردها (Selim et al., 2014). ويمثل الانتشار الواسع لأنواع نيماتودا تعقد

(Schouteden *et al.*, 2017؛ Sahebani *et al.*, 2011؛ *al.*, 2017) وقد أدى تحريض مقاومة نباتات البندورة تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* باستخدام حمض الصفصاف وميثيل حمض الصفصاف Methyl-Salicylic Acid إلى انخفاض في أعداد بيوض النيماتودا بنسبة 50% وفي أعداد النيماتودا بنسبة 57% (Molinari & Baser, 2010). كما كان لاستخدام محرض المقاومة ASM تأثيراً فعالاً في انخفاض أعداد العقد النيماتودية، وتأخر تشكل مواقع تغذية يرقات نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* في جذور نبات البندورة. وبالمثل، انخفضت أعداد عقد وبيوض نوعي نيماتودا تعقد الجذور *M. javanica* و *M. arenaria* بنسبة 40-80% عند تحريض المقاومة في كروم العنب باستخدام محرض المقاومة ASM (Silva *et al.*, 2002, 2004). وتشير دراسات أخرى بانخفاض أعداد بيوض النيماتودا *M. javanica* بنسبة كبيرة، ولكن لم يتأثر عدد العقد النيماتودية عند معاملة نباتات فول الصويا بمسحلت المقاومة ASM قبل سبعة أيام من العدوى (Puerari *et al.*, 2013).

تعتمد الزراعة الحديثة على الموازنة بين مقاومة النبات لمختلف مسببات المرضية والجودة في الإنتاج كما ونوعاً من خلال تحفيز زيادة نمو المجموع الخضري والجذري لينعكس ذلك إيجاباً على الإنتاجية. لذلك هدفت هذه الدراسة إلى تحديد فعالية محرض المقاومة ASM في تحفيز كل من استجابات المقاومة والنمو لنباتات البندورة والبادنجان تجاه الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* المعزولة من نباتات البندورة.

مواد البحث وطرائقه

نفذت الدراسة على فترتين مختلفتين خلال الفترة 2015-2016 وذلك من منتصف شهر آذار/مارس إلى بداية شهر نيسان/أبريل من كل عام.

تحديد نوع نيماتودا تعقد الجذور

عرف جنس النيماتودا *Meloidogyne spp.* في العينات باستخدام المجهر الضوئي وبالاعتماد على الصفات المورفولوجية لمعهد الكومونولث (CIH, 1972) ومفتاح التصنيف المصور للنيماتودا المتطفلة (Mai & Lyon, 1982). ولتحديد نوع النيماتودا المستخدمة، استخدم البادئان المتخصصان Finc CTCTGCCCAATGAGCTGTCC و Rinc CTCTGCCCTCACATTAAG واللذين يحصران مجالاً مجينياً بطول 1200 زوج قاعدي (bp) للكشف عن *M. incognita* وكذلك البادئان Fjav GGTGCGCGATTGAACTGAGC و Rjav CAGGCCCTTCAGTGGAAGTATAC واللذين يحصران مجالاً مجينياً بطول 670 زوج قاعدي للكشف عن *M. javanica*

وأضرارها البيئية والصحية، بالإضافة إلى اكتساب النيماتودا صفة المقاومة لها مع مرور الوقت. ومن جهة أخرى، لم يعط أسلوب الدورات الزراعية نتائج إيجابية في إدارة نيماتودا تعقد الجذور على وجه الخصوص بسبب المدى العوائل الواسع جداً لهذه النيماتودا (Toumi *et al.*, 2014). كما يعد استخدام الأصناف المقاومة محدوداً أيضاً في برامج إدارة هذه النيماتودا بسبب ندرة مورثات المقاومة لدى النباتات تجاهها، بالإضافة إلى ارتباط فاعلية هذا الأسلوب بالظروف البيئية والنوع السائد من النيماتودا (Dias-Arieira *et al.*, 2013).

تزايد الاهتمام بأسلوب تحريض المقاومة لدى النبات تجاه عدد كبير من مسببات المرضية ومنها النيماتودا كواحدة من استراتيجيات الإدارة المتكاملة التي تحقق فعالية مرتفعة وبتكاليف مناسبة بشرط أن تتوافق مع استراتيجيات الإدارة الأخرى المستخدمة (Dias-Arieira *et al.*, 2013؛ Starr *et al.*, 2002).

تظهر المقاومة كحالة فيزيولوجية في النبات، إما على شكل مقاومة جهازية مكتسبة، وهي التي تتشكل بعد حدوث إصابة أولية للنبات بسبب مرضي أو بعد معاملته بمواد كيميائية معينة، أو تلك التي تظهر على شكل مقاومة جهازية محرضة التي تُحرّض بواسطة سلالات معينة من البكتريا المتعايشة مع الجذور المحفزة لنمو النبات (Pieterse & Van Loon, 2007). تتشابه ردود الفعل الظاهرية لكلا الشكلين إلى حد ما، إلا إنهما يختلفان عن بعضهما البعض تبعاً لنوع العامل المحرض ومسارات الإشارة المختلفة لإنتاج كل منهما (Pieterse & Van Loon, 2004؛ Van Loon *et al.*, 2006). فمثلاً تمتاز المقاومة الجهازية المحرضة بتراكم حمض الياسمين Jasmonic acid والإيثيلين Ethylene (Pieterse *et al.*, 2002)، بينما يتراكم حمض الصفصاف (Salicylic Acid) في المقاومة الجهازية المكتسبة والذي يتحكم بتحريض البروتينات المرتبطة بالكائن الممرض (Kohler *et al.*, 2002). ومن ثم، تعزيز أنظمة الدفاع الطبيعية المختلفة لدى النبات نتيجة لحدوث تغيرات مورفولوجية وبيوكيميائية كتراكم الكالسيوم والفينولات واللجنين في جدر الخلايا النباتية في مواقع الإصابة تعمل كحواجز لمنع انتشار العامل الممرض، بالإضافة لإنتاج مجموعة من الأنزيمات (Prats *et al.*, 2002؛ Radman *et al.*, 2003).

توسع في السنوات الأخيرة تطبيق المقاومة الطبيعية مثل حمض الصفصاف وحمض الياسمين وبعض المحرضات الصناعية الأخرى مثل: Acibenzolar-S-Methyl (ASM)، Benzothiadiazole، Isonicotinic acid (INA)، β -amino-n-butyric acid (BTH)، وذلك لتحريض المقاومة في العديد من المحاصيل الزراعية بهدف السيطرة على مختلف الممرضات النباتية بما فيها النيماتودا المتطفلة على النبات (Dias-Arieira *et al.*, 2013؛ Hernandez *et al.*

من التربة المعقمة، وزرعت فيها بذور البندورة والباذنجان بمعدل 5 مكررات لكل معاملة بالإضافة إلى 5 مكررات لمعاملات الشاهد، وذلك تحت ظروف البيت الزجاجي من حرارة 22-26 °س ورطوبة 70-80%. وبعد 48 ساعة من الزراعة في الصواني، سقيت البذور لكل معاملة بالتركيز المحضرة من محرض المقاومة ASM، وتركت الصواني ضمن ظروف البيت الزجاجي. نقلت الشتول بعد 30 يوماً إلى أصص بلاستيكية بقطر 25 سم وارتفاع 24 سم تحوي نفس الخلطة الترابية المعقمة، وبعد ثلاثة أيام من نقل الشتول للأصص، تم سقي كل نبات مرة ثانية بمعدل 100 مل من تركيز محرض المقاومة ASM المطلوب.

المعاملات المستخدمة وتنفيذ التجربة

شملت التجربة عشر معاملات (جدول 1)، وأجريت العدوى بنيماتودا تعقد الجذور بعد ثلاثة أيام من سقاية الأصص بالتركيز المستخدمة من ASM، حيث حقنت تربة كل أصيص بواقع 10 مل من معلق بيوض ويرقات النيماتودا المحضر مسبقاً (2000 بيضة وريقة/مل) ضمن التربة في ثلاثة حفر صغيرة بجانب الجذور.

جدول 1. المعاملات المستخدمة وتركيز محرض المقاومة ASM لكل من محصولي البندورة/الطماطم والباذنجان.

Table 1. Treatments and resistance inducer ASM concentrations used on tomato and eggplant.

المعاملة*	التركيز (جزء بالمليون)	العدوى بالنيماتودا
Treatment*	Concentration (ppm)	Nematodes
Co.	-	-
Co + Ne	-	+
T30	30	-
T30 + Ne	30	+
T50	50	-
T50 + Ne	50	+
T70	70	-
T70 + Ne	70	+
T90	90	-
T90 + Ne	90	+

*Co= الشاهد، Ne= نيماتودا، T= معاملة بالتركيز 30، 50، 70 و 90 جزء بالمليون من محرض المقاومة ASM.

* Co= Control, Ne=Nematode, T= Treatment with 30, 50, 70, 90 ppm of the resistance inducer ASM.

القرارات

أخذت قراءة مؤشرات النمو بحساب أطوال النباتات، وعدد الأزهار وعدد العقد الزهرية أسبوعياً ولمدة ثمانية أسابيع، وفي نهاية التجربة، تم حساب الوزن الرطب لكل من المجموع الخضري والجذري. كما تمت دراسة تأثير محرض المقاومة في القدرة المرضية للنيماتودا من خلال حساب عدد العقد النيماتودية المتشكلة على جذور كل نبات عند نهاية التجربة، وتم التأكد منها بدراستها مجهرياً.

(Zijlstra, 1997؛ Zijlstra *et al.*, 2000). استخلص الحمض النووي DNA من العقد الجذرية لجذور نباتات البندورة المصابة بنيماتودا تعقد الجذور وذلك حسب الطريقة الموصوفة من قبل Zijlstra وآخرون (2000).

أجري تفاعل البلمرة المتسلسل PCR في حجم قدره 25 ميكرو لتر باستخدام Master mix (Promega) واستخدم المدور الحراري peqSTAR 96 Universal Gradient بعد أن تمت برمجته وفق ما يلي: 94 °س لمدة دقيقتين، ثم 35 دورة تحت الشروط التالية: 94 °س لمدة 30 ثانية و 54 °س لمدة دقيقة واحدة (للبادئين Finc & Rinc) و 64 °س (للبادئين Rjav & Fjav) و 72 °س لمدة دقيقتين. أنهى التفاعل عند حرارة 72 °س لمدة خمس دقائق. فصلت نواتج عملية التضخيم على هلامة الأغاروز 1.5% والتي تحوي بروميد الإيثيديوم EtBr. في محلول رحلان 1X TBE. وثقت النتائج بتصوير الهلامة باستخدام الأشعة فوق البنفسجية. استخدم مؤشر معياري للـ DNA معروف الوزن الجزيئي مؤلف من 11 قطعة (Promega cat. G3161).

تحضير لقاح نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*

جمعت جذور نباتات بندورة/طماطم من أحد البيوت البلاستيكية في محافظة طرطوس (أرزونة) والتي أبدت أعراض إصابة واضحة بنيماتودا تعقد الجذور. استخلصت بيوض ويرقات النيماتودا من الجذور المصابة بتقطيعها ونقعها بهيبوكلو ريت الصوديوم (NaClO) 0.4% (Hussey & Barker, 1973) لمدة 3 دقائق مع الرج، بعدها مررت تحت ماء الصنبور بسلسلة من المناخل المخبرية المتداخلة تتدرج أقطارها من 200 إلى 400 مش (Mesh) بهدف جمع بيوض ويرقات النيماتودا. جمعت البيوض واليرقات العالقة على المناخل ذات القطر 200 مش في دورق زجاجي، وحضر معلق بالماء المقطر بتركيز 2000 بيضة وريقة/مل (Southy, 1986).

محرض المقاومة (ASM) Acibenzolar-S-Methyl المستخدم والمادة النباتية

تم استخدام محرض المقاومة ASM، بتركيز 30، 50، 70 و 90 جزء بالمليون. استخدم في هذه التجربة الصنف البلدي لنبات الباذنجان وصنف "كاليفورنيا" لنبات البندورة/الطماطم.

تحضير التربة والشتول

حضر خليط من التربة والرمل بنسبة 2:1، وتم تعقيمه في جهاز الأوتوكلاف عند حرارة 120 °س لمدة 80 دقيقة وترك حتى يبرد لحين الاستخدام. بعد ذلك، تم تجهيز صواني تشتيل نظيفة، وتم ملؤها بخليط

التحليل الإحصائي

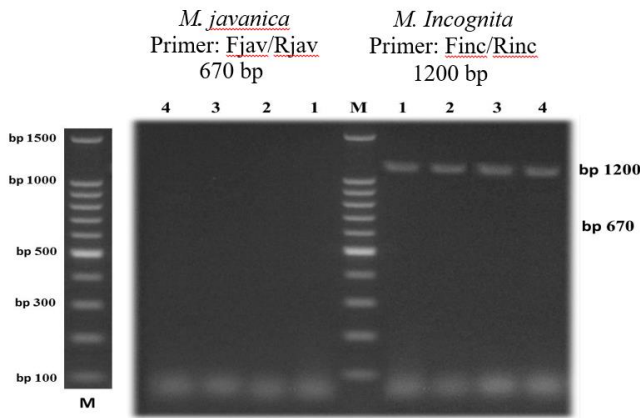
صممت التجربة بطريقة القطاعات العشوائية البسيطة. تضمنت التجربة استخدام نوعين من النباتات (البندورة والباذنجان)، وعشر معاملات لكل نوع نباتي وخمسة مكررات لكل معاملة (كل منها خمسة نباتات). بلغ عدد النباتات الكلي 100 نبات (أصيص). حلت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج XLSTAT باختبار one way ANOVA (Kruskal-Wallis)، ومقارنة الفروق بين المتوسطات بحساب أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%.

النتائج

الكشف الجزيئي عن نوع النيماتودا

بينت نتائج تفاعل البوليمراز المتسلسل (PCR) التي أجريت على العينات المصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. أن جذور البندورة مصابة بنيماتودا تعقد الجذور من النوع *M. incognita* وليس من النوع *M. javanica* حيث لوحظ وجود حزمة وزنها الجزيئي 1200 زوج قاعدي والتي نتجت من تفاعل البادئين Finc/Rinc المتخصصين في الكشف عن النوع *M. incognita* مع جينوم النيماتودا في حين لم يلاحظ أي حزمة ذات وزن جزيئي 670 زوج قاعدي لتفاعل البادئين Fjav/Rjav المتخصصين في الكشف عن النوع *M. javanica* (شكل 1).

المعاملات السليمة بنسبة زيادة بلغت 18.2% مقارنة مع الشاهد السليم. أما بالنسبة لوزن المجموع الجذري فقد أظهرت كل من نباتات الشاهد السليم والمصاب توفراً على بقية النباتات المعاملة بتركيز مختلفة من مرض المقاومة ASM (جدول 2).



شكل 1. نتائج استخدام زوج البادئات Finc/Rinc المتخصصة للكشف عن *M. incognita* وزوج البادئات Fjav/Rjav المتخصص في الكشف عن *M. javanica* على هلامه الأغاروز 1.5% = M سلم وزن جزيئي معياري للـ DNA.

Figure 1. Results of PCR amplification using the primer pair Finc/Rinc for the detection of *M. incognita* and the primer pair Fjav/Rjav for the detection of *M. javanica* on 1.5% agarose gel. M= Ladder of molecular weight DNA markers (100 bp).

تأثير مرض المقاومة ASM في مؤشرات نمو نبات الباذنجان المصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*

بينت النتائج وجود فروق معنوية أيضاً بين التراكيز المستخدمة من مرض المقاومة ASM في سقاية نباتات الباذنجان السليمة والمصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* مقارنة مع نباتات الشاهد لكن بدرجة أقل عما هي عليه في نباتات البندورة (جدول 3). بالنسبة لنباتات الباذنجان السليمة، توقفت النباتات المعاملة بتركيز 50 جزء بالمليون من مرض المقاومة ASM من حيث طول النبات ووزن المجموع الجذري بنسبة زيادة 2.8% و 11.3%، على التوالي، مقارنة مع نباتات الشاهد السليم، في حين توقفت النباتات المعاملة بتركيز 70 جزء بالمليون من حيث عدد الأزهار ووزن المجموع الخضري بنسبة زيادة 31.2% و 1.3%، على التوالي مقارنة مع الشاهد السليم.

كما توقفت النباتات المعاملة بكل من التركيزين 30 و 50 جزء بالمليون من حيث النسبة المئوية لعقد الأزهار بنسبة زيادة بلغت 5% و 4.3%، على التوالي، مقارنة مع نباتات الشاهد السليم. أما بالنسبة لنباتات الباذنجان المصابة بنيماتودا تعقد الجذور، توقفت النباتات المعاملة بتركيز 90 جزء بالمليون من حيث طول النبات ووزن المجموع الخضري

تأثير مرض المقاومة ASM في مؤشرات نمو نبات البندورة المصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*

أظهرت النتائج تأثيراً إيجابياً لاستخدام مرض المقاومة ASM في غالبية مؤشرات النمو المدروسة لنباتات البندورة سواء كانت سليمة أو معدة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* وذلك مقارنة مع نباتات الشاهد (جدول 2). كانت الفروق معنوية بين مختلف التراكيز المستخدمة من ASM والشاهد، حيث توقفت النباتات المعاملة بتركيز 50 جزء بالمليون من مرض المقاومة ASM من حيث طول النبات وعدد الأزهار ووزن المجموع الخضري، وذلك بالمقارنة مع بقية المعاملات ونباتات الشاهد، وبلغت نسب الزيادة في هذه الصفات 20.8% و 38% و 77%، على التوالي، وذلك في المعاملات المعدة بنيماتودا تعقد الجذور مقارنة مع نباتات الشاهد المصاب. في حين بلغت نسب الزيادة للصفات نفسها 31.65% و 40.5% و 57%، على التوالي، في المعاملات السليمة مقارنة مع نباتات الشاهد السليم. أما بالنسبة لصفة النسبة المئوية لعقد الأزهار فقد توقفت النباتات المصابة المعاملة بتركيز 70 جزء بالمليون على بقية المعاملات المصابة بنسبة زيادة بلغت 14% مقارنة مع الشاهد المصاب، بينما توقفت النباتات السليمة المعاملة بتركيز 50 جزء بالمليون على بقية

بنسبة زيادة 24.6% و 22.4% بالمقارنة مع نباتات الشاهد المصاب، 68.3% و 11.9%، على التوالي، مقارنة مع نباتات الشاهد المصاب. وتفوقت النباتات المعاملة بتركيز 70 و 50 جزء بالمليون من حيث عدد الأزهار والنسبة المئوية لعقد الأزهار، على التوالي، بنسبة زيادة بلغت

جدول 2. تأثير محرض المقاومة ASM في مؤشرات النمو لنبات البندورة/الطماطم السليمة والمعدة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، بعد 60 يوماً من آخر معاملة.

Table 2. Effect of ASM resistance inducer on some tomato vegetative parameters infected and non-infected with *Meloidogyne incognita*, 60 Days after the last treatment.

وزن المجموع الخضري (غ) Foliage fresh weight (g)	وزن المجموع الجذري (غ) Root weight (g)	النسبة المئوية لعقد الأزهار (%) Fruit set %	عدد الأزهار No. of flowers	طول النبات (سم) Plant height (cm)	المعاملات* Treatments*
32.6 f	17.8 b	65.0 e	8.4 cd	45.6 c	Co.
28.2 h	20.2 a	61.6 fg	4.2 g	37.4 f	Co + Ne
29.8 g	17.0 bc	64.8 e	8.6 c	53.2 b	T30
35.6 e	15.2 d	61.8 fg	5.2 fg	39.2 d	T30 + Ne
51.2 a	15.4 d	74.8 b	11.8 a	60.0 a	T50
50.0 b	15.8 cd	66.4 d	5.8 ef	45.2 c	T50 + Ne
42.2 c	17.6 b	76.8 a	10.4 b	52.8 c	T70
38.4 d	17.4 b	70.3 c	7.4 d	41.4 d	T70 + Ne
29.8 g	16.0 cd	60.8 g	11.0 ab	52.8 b	T90
28.2 h	14.8 d	62.1 f	6.7 de	39.1 d	T90 + Ne
0.9565	1.2059	1.1923	1.0541	0.9128	LSD _{0.05}

القيم الموجودة في الجدول هي عبارة عن متوسطات لخمس مكررات.

القيم التي يتبعها الأحرف في العمود نفسه لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال 5%.

* Co = الشاهد، Ne = نيماتودا، T = معاملة بتركيز 30، 50، 70 و 90 جزء بالمليون من محفز المقاومة ASM.

Values in the table represent the mean of five replicates.

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

* Co= Control, Ne= Nematode, T= Treatment with 30, 50, 70 and 90 ppm of resistance inducer ASM.

جدول 3. تأثير محرض المقاومة ASM في مؤشرات النمو لنبات البانجانج السليمة والمعدة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، بعد 60 يوماً من آخر معاملة.

Table 3. Effect of ASM resistance inducer on some vegetative parameters of infected and non-infected tomato plants with *Meloidogyne incognita*, 60 Days after last treatment.

وزن المجموع الخضري (غ) Foliage fresh weight (g)	وزن المجموع الجذري (غ) Root weight (g)	النسبة المئوية لعقد الأزهار (%) Fruit set %	عدد الأزهار No. of flowers	طول النبات (سم) Plant height (cm)	المعاملات* Treatments*
30.6 ab	16.0 bc	78.8 b	12.2 cd	42.8 b	Co.
23.2 e	16.8 ab	69.0 g	8.2 e	34.2 g	Co + Ne
28.2 c	16.8 ab	82.8 a	11.6 d	40.4 e	T30
26.4 d	16.6 b	73.0 f	9.0 e	36.6 f	T30 + Ne
29.8 b	17.8 a	82.0 a	13.0 bc	44.0 a	T50
26.0 d	15.0 cd	77.2 cd	12.4 cd	41.6 cd	T50 + Ne
31.0 a	14.4 d	77.6 bc	16.0 a	42.0 bcd	T70
26.8 d	14.8 d	73.4 f	13.8 b	41.4 de	T70 + Ne
30.2 ab	13.0 e	76.2 d	11.8 d	41.4 de	T90
28.4 c	14.8 d	74.8 e	9.2 e	42.6 bc	T90 + Ne
0.894768	1.150416	1.219364	1.114344	1.0846	LSD _{0.05}

القيم الموجودة في الجدول هي عبارة عن متوسطات لخمس مكررات.

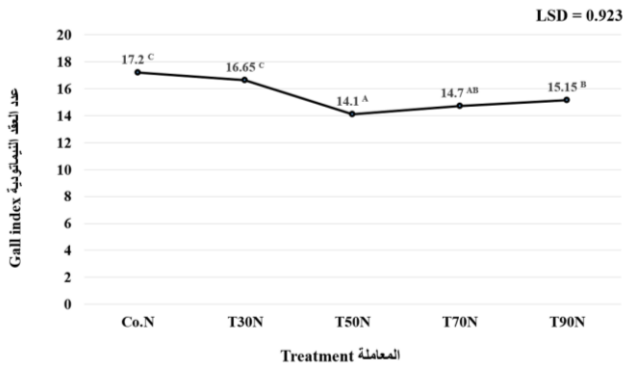
القيم التي يتبعها نفس الأحرف في نفس العمود لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال 5%.

* Co = الشاهد، Ne = نيماتودا، T = معاملة بتركيز 30، 50، 70 و 90 جزء بالمليون من محفز المقاومة ASM.

Values in the table represent the mean of five replicates.

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

* Co= Control, Ne= Nematode, T= Treatment with 30, 50, 70 and 90 ppm of resistance inducer ASM.



شكل 3. تأثير محرض المقاومة ASM في تحريض المقاومة لنبات الباذنجان تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*. Co= الشاهد، Ne= نيماتودا، T= معاملة بتركيز 30، 50، 70 و 90 جزء بالمليون من محفز المقاومة ASM.

Figure 3. Effect of ASM in inducing resistance in eggplant against root-knot nematode *M. incognita*. Co= Control, Ne= Nematode, T= Treatment with 30, 50, 70 and 90 ppm of resistance inducer ASM.

المناقشة

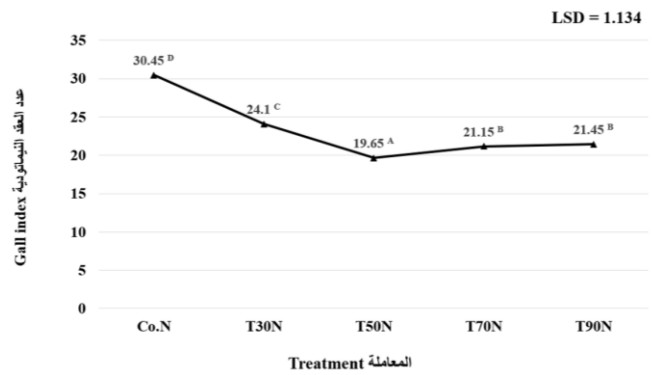
العديد من الأبحاث بينت فعالية مركبات كيميائية مختلفة من بينها محرض المقاومة ASM في الحد من شدة ظهور أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* على العديد من المحاصيل كالبازيلاء وفول الصويا والذرة وغيرها (Vieira *et al.*, 2013). جاءت هذه الدراسة لتؤكد ضمن البيئة السورية كفاءة محرض المقاومة Acibenzolar-S-Methyl (ASM) في خفض عدد العقد النيماتودية على جذور نباتات الباذنجان والبندورة المصابة بنيماتودا *M. incognita*، وذلك بتحفيز ردود فعل النبات الدفاعية تجاه يرقات نيماتودا تعقد الجذور (Meliilo *et al.*, 2014). بينت هذه الدراسة أن أكثر التراكيز تأثيراً في خفض عدد العقد النيماتودية على جذور نباتات الباذنجان والبندورة هو التركيز 50 جزء بالمليون وذلك مقارنة مع معاملة الشاهد والتراكيز الأخرى المستخدمة، وتبين أن التركيز الأمثل الذي يوازن ما بين تحريض المقاومة أي تخليق النبات بروتينات المقاومة والتي على ما يبدو غير مستساغة للنيماتودا أي التأثير على نوعية الغذاء المتشكل في مواقع تغذية يرقات النيماتودا على الجذور، وبنفس الوقت الحفاظ على مؤشرات النمو في النبات. كما تبين أن نسبة الانخفاض في الإصابة لا تتناسب طردياً مع زيادة تركيز محرض المقاومة ASM، وذلك على خلاف محرض المقاومة Acibenzolar-S-Methyl (ASM) الذي تتناسب فعاليته طردياً مع التركيز المستخدم (Chinnasri *et al.*, 2003)؛ (Molinari & Baser, 2010).

خلال هذه الدراسة عوملت نباتات البندورة والباذنجان بالتراكيز المختلفة من ASM خلال مراحل النمو المبكرة، فقد سقيت البذور بعد

دور محرض المقاومة ASM في تحريض المقاومة في البندورة تجاه

نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*

درُس تأثير ASM في تحريض مقاومة نبات البندورة تجاه نيماتودا تعقد الجذور استناداً لعدد العقد النيماتودية المتشكلة على الجذور مقارنة مع الشاهد المصاب غير المعامل بمحرض المقاومة ASM. أظهرت النتائج أن لـ ASM دوراً في خفض عدد العقد النيماتودية، حيث انخفض متوسط عدد العقد النيماتودية على الجذور عند معاملة نباتات البندورة المعادة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* بتركيز 50 جزء بالمليون بنسبة 35.5% مقارنة مع نبات الشاهد المصاب. أي أن النباتات المعاملة بتركيز 50 جزء بالمليون تفوقت معنوياً على بقية النباتات المعاملة بتركيز مختلفة من ASM بالمقارنة مع نباتات الشاهد (شكل 2).



شكل 2. تأثير محرض المقاومة ASM في تحريض مقاومة نبات البندورة تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*. Co= الشاهد، Ne= نيماتودا، T= معاملة بتركيز 30، 50، 70 و 90 جزء بالمليون من محفز المقاومة ASM.

Figure 2. Effect of ASM in inducing resistance responses of tomato against root-knot nematode *M. incognita*. Co= Control, Ne= Nematode, T= Treatment with 30, 50, 70 and 90 ppm of resistance inducer ASM.

دور محرض المقاومة ASM في تحريض المقاومة في نبات الباذنجان

تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*

بينت النتائج أن لمحرض المقاومة ASM تأثيراً إيجابياً في خفض عدد العقد النيماتودية على جذور نباتات الباذنجان أيضاً عند استخدامه بتركيز مختلفة مقارنة مع نباتات الشاهد المصاب، حيث تفوقت النباتات المصابة المعاملة بتركيز 50 جزء بالمليون على بقية المعاملات ونباتات الشاهد، وانخفض عدد العقد النيماتودية عند هذا التركيز بنسبة 17.4% مقارنة بنبات الشاهد المصاب. كما لم تُظهر النباتات المعاملة بتركيز 70 جزء بالمليون فرقاً معنوياً بينها وبين المعاملة بتركيز 50 جزء بالمليون حيث بلغت نسبة انخفاض عدد العقد النيماتودية 14.5% مقارنة مع نبات الشاهد (شكل 3).

بنيماتودا تعقد الجذور. فقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي في كلا النباتين (البندورة والباذنجان) أن النباتات المعددة بالبنيماتودا والتي استُخدم فيها محرض المقاومة بتركيز 50 جزء بالمليون أعلى نسبة مقاومة لنييماتودا تعقد الجذور في حين انخفضت تقريباً في معظم مؤشرات النمو عندها مقارنة مع بقية المعاملات والشاهد.

مما سبق نستنتج بأن تأثير محرض المقاومة ASM لم ينحصر في زيادة مقاومة نباتي البندورة والباذنجان لنييماتودا تعقد الجذور وإنما تعداها إلى زيادة نسبة النمو، الأمر الذي يدل على أهمية النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة كخطوة إضافية نحو تعزيز استخدام محرضات المقاومة في تحفيز كل من المقاومة والنمو بالتوازي لتكون واحدة من الاستراتيجيات التي قد تؤدي إلى تحسين إنتاج المحاصيل، ولابد من المزيد من الدراسات على المستوى الجزيئي لتحسين معرفتنا حول الآليات التي يستخدمها محرض المقاومة ASM في تحفيز استجابات المقاومة والنمو لدى النباتات.

48 ساعة من زراعتها وكررت السقاية بعد ثلاثة أيام من التشتيل. مما يشير إلى قدرة النبات على تفعيل آليات دفاعه وتحفيز ردود الفعل الدفاعية تجاه النيماتودا خلال مراحل مبكرة من نموه، مما يدل على إمكانية معاملة البذور قبل زراعتها بمحرضات المقاومة مع الأخذ بعين الاعتبار أن نيماتودا تعقد الجذور مترافقة مع تربة وجذور مختلف المحاصيل الزراعية (Hernandes *et al.*, 2017).

كما بينت نتائج هذه الدراسة كفاءة ASM في تحقيق الزيادة المعنوية للنمو عند سقاية بذور وشتول نباتات البندورة والباذنجان بالتراكيز المستخدمة من محرض المقاومة ASM سواء كانت سليمة أو مصابة بنيماتودا تعقد الجذور. ويدل ذلك أن محرض المقاومة ASM قد حفز مختلف آليات النمو التي ظهرت بمعدلات أعلى منها في الشاهد غير المعامل بـ ASM وهذا ما أشار اليه Puerari وآخرون (2013) على نباتات فول الصويا المعاملة بـ ASM. ومما تجدر الإشارة إليه هو التناسب العكسي بين صفتي المقاومة والنمو في المعاملات المعددة

Abstract

Mouhanna, A.M. 2018. Primary evaluation of Acibenzolar-S-Methyl (ASM) efficiency on vegetative parameters and resistance responses of tomato and eggplant to root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. Arab Journal of Plant Protection, 36(3): 223-230.

This study aimed to evaluate the efficiency of Acibenzolar-S-Methyl (ASM) on some vegetative parameters (height, number of flowers, fruit set, root and foliage fresh weight) and resistance responses of tomato and eggplant to root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. under greenhouse conditions. Plants treated with different concentrations (30, 50, 70, 90 ppm) of ASM, and then inoculated with 2000 juvenile/ml nematodes suspension. The experiments were conducted over two different periods. Results obtained showed a decrease in number of root-knot nematodes in ASM treated plants. Treatment with 50 ppm of ASM showed superiority to all other ASM treatments, where the average number of galls was 35.5 % in tomato and 18.1% in eggplant as compared to root-knot infected control. In tomato, 50 ppm ASM treatment significantly increased all studied plant growth indicators. Fruit set increased by 18.2% following 70 ppm ASM treatment as compared to the healthy control. In eggplant, the ASM concentrations had a different effect on all growth indicators studied, whether healthy or infected with root-knot.

Keywords: Tomato, eggplant, acibenzolar-S-methyl (ASM), *Meloidogyne* spp., growth rate, induced resistance.

Corresponding author: Ahmad M. Mouhanna, Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Damascus University, Damascus, Syria, email: a.m.mouhann@gmail.com

References

- Hernandes, I., O.D.C. Brito, M.R. Cardoso, J.C.A. Ferreira, H.H. Puerari and C.R. Dias-Arieira. 2017. Acibenzolar-S-methyl on *Meloidogyne javanica* control in lettuce. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil and Plant Science, 6: 660-664. <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1329453>
- Hussey, R.S. and K.R. Barker. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. Plant Disease Reporter, 57: 1025-1028.
- Kohler, A., S. Schwindling and U. Conrath. 2002. Benzothiadiazole induced priming for potentiated responses to pathogen infection, wounding, and infiltration of water into leaves requires the NPR1/NIM1 gene in Arabidopsis. Plant Physiology, 128:1046–1056. <https://doi.org/10.1104/pp.010744>

- العسس، خالد. 2003. المدخل إلى علم النيماتودا النباتية. جامعة دمشق كلية الزراعة. 359 صفحة.
- Chinnasri, B., B.S. Sipes and D.P. Schmitt. 2003. Effects of acibenzolar-S methyl application to *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne javanica*. Journal of Nematology, 35: 110-114.
- Commenweath Institute of Helminthology (C.I.H.). 1972. Descriptions of Plant Parasite Nematodes. CAB International, 370 pp.
- Dias-Arieira, C.R., S.D.M. Santana-Gomes, H.H. Puerari, L.F. Fontana, L.M. Ribeiro and D. Mattei. 2013. Induced resistance in the nematodes control. African Journal of Agricultural Research, 8: 2312-2318. <https://doi.org/10.5897/AJARX12.0112>
- Elling, A.A. 2013. Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. Phytopathology, 103:1092-1102. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-13-0019-RVW>

- Selim, M.E., M.E. Mahdy, M.E. Sorial, A.A. Dababat and R.A. Sikora.** 2014. Biological and chemical dependent systemic resistance and their significance for the control of root-knot nematodes. *Nematology*, 16: 917-992. <https://doi.org/10.1163/15685411-00002818>
- Sikora, R.A. and E. Fernandez.** 2005. Nematode parasites of vegetables. Pages 319-392. In: *Plant-Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. M. Luc, R.A. Sikora and J. Bridge (eds.). 2nd Ed. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Silva, L.H.C.P., J.R. Campos, M.R. Dutra and V.P. Campos.** 2004. Aumento da resistência de cultivares de tomate a *Meloidogyne incognita* com aplicação de acibenzolar-S-metil. *Nematologia Brasileira*, 28: 199-206.
- Silva, L.H.C.P., J.R. Campos, V.P. Campos and M.R. Dutra.** 2002. Época de aplicação do acibenzolar-S-metil e da abamectina no controle de *Meloidogyne* sp. em tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, 27:194.
- Southy, J.F.** 1986. *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Her Majesty's Stationary Office, London. 202 pp.
- Starr, J.L., J. Bridge and R. Cook.** 2002. Resistance to plant parasitic nematodes: history, current use future potential. Pages 1-22. In: *Plant Resistance to Parasitic Nematodes*. J.L. Starr, R. Cook and J. Bridge (eds.). CAB International, Wallingford, UK. <https://doi.org/10.1079/9780851994666.0001>
- Toumi, F., L. Waeyenberge, R. Yousef, H. Khali, K. Al-Assas and M. Moens.** 2014. Distribution of the root-knot nematode *Meloidogyne* spp., in tomato greenhouses at Lattakia and Tartus Province in Syria. *Pakistan Journal of Nematology*, 32: 163-172.
- Van Loon, L.C., M. Rep and C.M.J. Pieterse.** 2006. Significance of inducible defense-related proteins in infected plants. *Annual Review of Phytopathology*, 44: 135-162. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.44.070505.143425>
- Vieira dos Santos, M.C., R.H.C. Curtis and I. Abrantes.** 2013. Effect of plant elicitors on the reproduction of the root-knot nematode *Meloidogyne chitwoodi* on susceptible hosts. *European Journal of Plant Pathology*, 136: 193-202. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0155-6>
- Zijlstra, C.** 1997. A fast PCR assay to identify *Meloidogyne hapla*, *M. chitwoodi*, and *M. fallax*, and to sensitively differentiate them from each other and from *M. incognita* in mixtures. *Fundamental and Applied Nematology*, 20: 505-511.
- Zijlstra, C., D.T.H.M. Donkers-Venne and M. Fargette.** 2000. Identification of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using sequence characterised amplified region (SCAR)-based PCR assays. *Nematology*, 2: 847-853. <https://doi.org/10.1163/156854100750112798>
- Mai, W.F. and H.H. Lyon.** 1982. *Pictorial Key to Genera of Plant Parasitic Nematodes*. Lomestode Publishing Associates, London, UK. 192 pp.
- Meliilo, M.T., P. Leonetti and P. Veronico.** 2014. Benzothiadiazole effect in the compatible tomato-Meloidogyne incognita interaction: changes in giant cell development and priming of two root anionic peroxidases. *Planta*, 240:841-854. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2138-7>
- Molinari, S. and N. Baser.** 2010. Induction of resistance to root-knot nematodes by SAR elicitors in tomato. *Crop Protection*, 29: 1354-1362. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.07.012>
- Pieterse, C.M.J. and L.C. van Loon.** 2004. The spider in the web of induced resistance signaling pathways. *Current Opinion in Plant Biology*, 7: 456-464. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.05.006>
- Pieterse, C.M.J. and L.C. Van Loon.** 2007. Signaling cascades involved in induced resistance. Pages. 65-88. In: *Induced resistance for plant defense: A sustainable approach to crop protection*. D. Walters, A. Newton, and G. Lyon (eds.). Oxford, UK, Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9780470995983.ch4>
- Pieterse, C.M.J., S.C.M. Van Wees, J. Ton, J.A. Van Pelt and L.C. Van Loon.** 2002. Signalling in rhizobacteria-induced systemic resistance in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Biology*, 4:535-544. <https://doi.org/10.1055/s-2002-35441>
- Prats, E., D. Rubiales and J. Jorrin.** 2002. Acibenzolar-S-methyl-induced resistance to sunflower rust (*Puccinia helianthi*) is associated with an enhancement of coumarins on foliar surface. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 60: 155-162. <https://doi.org/10.1006/pmpp.2002.0385>
- Puerari, H.H., C.R. Dias-Arreira1, T.S. Dadazio, D. Mattei, T.R.B. da Silva and R.C.F. Ribeiro.** 2013. Evaluation of acibenzolar-S-methyl for the control of *Meloidogyne javanica* and effects on the development of susceptible and resistant soybean. *Tropical Plant Pathology*, 38: 044-048. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762013000100006>
- Radman, R., T. Saez, C. Bucke and T. Keshavarz.** 2003. Elicitation of plants and microbial cell systems. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 37:91-102. <https://doi.org/10.1042/BA20020118>
- Sahebani, N., N.S. Hadavi and F.O. Zade.** 2011. The effects of b-amino-butyric acid on resistance of cucumber against root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33: 443-45. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0564-0>
- Schouteden, N., E. Lemmens, N. Stuer, R. Curtis, B. Panis and D. De Waele.** 2017. Direct nematicidal effects of methyl jasmonate and acibenzolar-S-methyl against *Meloidogyne incognita*. *Natural Product Research*, 31: 1219-1222. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1230111>

Received: February 14, 2018; Accepted: October 11, 2018

تاريخ الاستلام: 2018/2/14؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2018/10/11