

فعالية الكايتوسان في استحثاث مقاومة جهازية مكتسبة ضد الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood على الطماطم/البندورة

هادي مهدي عبود¹، فرقد عبد الرحيم عبد الفتاح²، اياد عبد الواحد الهيتي² وحمود مهدي صالح¹
(1) دائرة الأبحاث الزراعية والبيولوجية، ص. ب. 765، بغداد، العراق؛ (2) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، أبو غريب، بغداد، العراق.

الملخص

عبود، هادي مهدي، فرقد عبد الرحيم عبد الفتاح، اياد عبد الواحد الهيتي وحمود مهدي صالح. 2002. فعالية الكايتوسان في استحثاث مقاومة جهازية مكتسبة ضد الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood على الطماطم/البندورة. مجلة وقاية النبات العربية. 20: 93-98.

أوضحت نتائج هذه الدراسة فعالية عالية للكايتوسان في استحثاث مقاومة جهازية في نبات الطماطم/البندورة لمكافحة مرض تعقد الجذور (*Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood)، حيث وجد أن مستوى الاستحثاث للمقاومة اعتمد على كل من التركيز وطريقة المعاملة. أظهرت تجارب البيت الزجاجي المتضمنة نفع البذور أو تغطيس جذور البادرات في أربعة تراكيز من الكايتوسان (0.5، 1.0، 1.5 و 2.0 مغ/مل) ولثلاث فترات زمنية (20، 40، 60 دقيقة) أن معاملة نفع البذور لمدة عشرين دقيقة بالتركيز 1.5 مغ/مل أظهرت أعلى مستوى من الاستحثاث إذ بلغ معدل عدد العقد الجذرية 31.0 عقدة/نبات مقارنة بمعاملة الشاهد 50.6 عقدة/نبات فضلاً عن تفوقها على بقية التراكيز المختبرية ولكافة فترات التعرض. أما فيما يخص معاملة تغطيس الجذور فعلى الرغم من عدم وجود فروق معنوية في مستوى الاستحثاث الذي أظهرته التراكيز 1.0، 1.5 و 2.0 مغ/مل إلا أنها جميعاً تفوقت معنوياً على معاملي التغطيس بالتركيز 0.5 مغ/مل ومعاملة الشاهد ولجميع فترات التغطيس المختبرة. أظهرت معاملة رش المجموع الخضري للبادرات مرتين عند الإعداء بنيماتودا تعقد الجذور وبعد أسبوع منه بجميع التراكيز المختبرة تفوقاً معنوياً على معاملة الرش لمرة واحدة سواء عند الإعداء بالنيماتودا أو بعد أسبوع منه وتحت الظروف الحقلية.

كلمات مفتاحية: نيماتودا، استحثاث مقاومة جهازية، كايتوسان

المقدمة

و B-1,3 glucanase (8)، فضلاً عن تحفيز النباتات المعاملة لإنتاج مركبات الفايثوالكسينز (Phytoalexins) (13). ولكون مثل هذه النشاطات الاحيائيكيميائية تعد آليات دفاعية مهمة في مقاومة النيماتودا (7، 11)، فقد هدفت هذه الدراسة إلى تقييم فعالية الكايتوسان كعامل محث للمقاومة الجهازية المكتسبة في الطماطم/البندورة ضد مرض تعقد الجذور المتسبب عن النيماتودا (*Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood).

مواد البحث وطرقه

اعتمدت عزلة نقيّة لنيماتودا تعقد الجذور من النوع *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood، تم إكثارها على نباتات فول ليما (*Phaseolus lunatus* L.) في أصص بلاستيكية داخل البيت الزجاجي عند درجات الحرارة 27±3 س. استعملت بيوضها كلقاح بمعدل 2000 بيضة/نبات في اختبارات الأصص في البيت الزجاجي و 8000 بيضة/نبات في الاختبارات الحقلية. كما استعملت بذور الطماطم/البندورة صنف "Supermarmmond" الحساس للإصابة بالنيماتودا (1). حضر محلول الكايتوسان (إنتاج شركة Sigma) على ضوء اتصالات شخصية مع الأستاذ Lee H. Hadwiger من جامعة ولاية واشنطن/بولمان في الولايات المتحدة الأمريكية مع بعض التحوير، وذلك بخلط 0.5 غرام من الكايتوسان مع 20 مل ماء مقطر وإضافه 0.1 مل من حامض الخليك الثلجي، وترك المزيج مدة 24 ساعة عند درجة حرارة الغرفة. استعمل الطرد المركزي (1000 دورة/دقيقة مدة 5 دقائق) للتخلص من البقايا

من الملفات للنظر أن دراسة المقاومة الجهازية المكتسبة المستحثة (Induced acquired systemic resistance) ضد الأمراض المتسببة عن النيماتودا لم تحظ بالاهتمام المطلوب مقارنة بالأمراض التي تسببها الفطور أو البكتريا أو الفيروسات النباتية (15، 24). حيث انحصر الاهتمام بمقاومة الأمراض المتسببة عن النيماتودا بالأسس الاحيائيكيميائية للمقاومة كمستويات الاوكسينات والفينولات والأحماض الأمينية (7). وقد وجد أن أي مادة كيميائية أو تتداخل أحيائي يؤثر في استحثاث أيضاً هذه المركبات سيؤثر في استجابة النبات للإصابة بالنيماتودا، فاختبرت فعالية بعض المواد المضادة لنشاط الاوكسينات مثل Maleic hydrazide (19) وأشباه الأحماض الأمينية (Amino acid analogue) (20) كمواد محثة للمقاومة بتأثيرها غير المباشر ضد النيماتودا. خلال العقدين الآخرين من القرن الماضي توافرت نتائج بحثية مشجعة أوضحت كفاءة الكايتوسان Chitosan, B-1, 4-glucosamine في استحثاث المقاومة لبعض الأمراض المتسببة عن الفطريات (2، 9). والكايتوسان هو أحد مشتقات الكايتين ينتج عن إزالة تامة لمجاميع الاستيل (deacetylation) مما يعمل على تحويله إلى مادة ذائبة بالأحماض الضعيفة المخففة كحمض الخليك. حيث يعمل الكايتوسان على استحثاث آلية أو أكثر من آليات المقاومة في النبات كزيادة أيضاً المركبات الفينولية (3) وبناء اللغنين (21) وزيادة نشاط الأنزيمات المضادة للفطور (Hydrolases Antifungal) كإنزيمات Chitinase و Chitosanase

التقويم الحقل لفاعلية الكايتوسان في أستحاثات المقاومة الجهازية

نفذت تجربة حقلية في محطة أبحاث اللطيفية (جنوب بغداد). اختيرت قطعة أرض مساحتها 500 م² تم حرثها وتعيمها وتخطيطها، حيث قسمت إلى خمسة مروز/خطوط (طول 25 متر) والمسافة بين المروز/الخط و الآخر 5 متر، قسم كل مرز/خط إلى 6 وحدات تجريبية بطول 3 أمتار (6 نبات /وحدة تجريبية) والمسافة بين الوحدة التجريبية والأخرى 1.4 متر وزرعت المعاملات وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بخمسة مكررات لكل معاملة من المعاملات التالية:

1. شاهد (بدون معاملة).
2. شاهد (الزراعة في تربة معاملة بالمبيد نيماكور (Nemacur) وفق توصية الشركة المنتجة، 100 غرام مادة فعالة من المبيد في لتر ماء لكل 100 متر طولي).
3. نباتات أنتجت من بذور معاملة بالكايتوسان (1.5 مغ/مل ولمدة 20 دقيقة).
4. نباتات أنتجت من بذور معاملة بالكايتوسان مع رشة للمجموع الخضري (2 مل /نبات) عند الإعداء (1.5 مغ/مل).
5. نباتات أنتجت من بذور معاملة بالكايتوسان مع رشتين عند الإعداء (2 مل/نبات) وعند التزهير (5 مل/نبات) (1.5 مغ/مل).
6. نباتات أنتجت من بذور معاملة بالكايتوسان مع ثلاث رشات عند الإعداء (2 مل/نبات) وعند التزهير (5 مل/نبات) وعند العقد (5 مل/نبات) (1.5 مغ/مل).

بعد سبعة أيام من نقل البادرات إلى الحقل اعديت ببويض النيماتودا (8000 بيضة/نبات)، وبعد 72 يوماً من الإعداء تم حساب مقدار تطور المرض وفق الدليل المرضي لتعدد الجذور الموصوف سابقاً من قبل Dube و Smart (4) والمكون من خمس درجات هي: 1= لا توجد إصابة، 2= 1-25% من الجذر مصاب، 3= 26-50% من الجذر مصاب، 4= 51-75% من الجذر مصاب، 5= 76-100% من الجذر مصاب، وحسب الدليل المرضي وفق المعادلة التالية:

الدليل المرضي = [مجموع (عدد النباتات المصابة من كل درجة × درجة أصابتها)] / [عدد النباتات الكلي × أعلى قيمة للدليل المرض] × 100

كذلك تم حساب عدد البيوض واليرقات والإناث للنيماتودا في 10 غرامات من الجذر وعدد اليرقات في 250 غرام من تربة منطقة الجذر لكل معاملة.

النتائج والمناقشة

تجارب البيوت الزجاجية

أ. نفع البذور - أظهرت النتائج أن معاملة بذور الطماطم/البندورة بالكايتوسان أثرت معنوياً في خفض معدل العقد الجذرية في المجموع الجذري وكان التأثير متناسباً طردياً مع التركيز (جدول 1)، إلا أن

غير الذائبة، ثم عدلت درجة الحموضة (pH) إلى 6 بإضافة محلول واحد عياري من هيدروكسيد الصوديوم. حضرت خمسة تراكيز من محلول الكايتوسان (0.0، 0.5، 1.0، 1.5 و 2.0 مغ/مل). اختبرت في ثلاث طرق مختلفة لمعاملة نبات الطماطم/البندورة بالكايتوسان، كما يلي:

أ. نفع البذور قبل الزراعة - أخذ واحد غرام من بذور الطماطم/البندورة وغسلت جيداً بالماء ثم عقت سطحياً بمحلول 1% هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) لمدة دقيقة ثم غسلت بالماء المعقم. بعدها نعتت البذور بالتراكيز الخمسة للكايتوسان بثلاث فترات زمنية (20، 40 و 60 دقيقة) لكل تركيز، جففت بعدها البذور من بقايا محلول الكايتوسان. زرعت البذور المعاملة في أصص بلاستيكية (1 كغ تربة/أصيص) بواقع ثلاث بذور/أصيص، وعند بلوغ البادرات عمر ثلاث ورقات حقيقية خفت البادرات إلى بادرة واحدة/أصيص وتم إعداء النباتات ببويض النيماتودا (2000 بيضة/نبات). كررت كل معاملة خمس مرات ووزعت الأصص وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة. بعد 45 يوماً من الإعداء قلعت النباتات وتم حساب عدد العقد الجذرية لكل نبات. خضعت بعدها البيانات لتحليل التباين وفق التصميم أعلاه.

ب. معاملة تغطيس جذور البادرات - وضعت بادرات الطماطم/البندورة بعمر ثلاثة أوراق حقيقية في خمس مجاميع وتم تغطيس المجموع الجذري لكل مجموعة في إحدى تراكيز الكايتوسان لثلاث فترات مختلفة (20، 40 و 60 دقيقة)، بعدها زرعت البادرات في أصص بلاستيكية (1 كغ تربة/أصيص) بواقع نبات/أصيص وكررت كل معاملة خمس مرات. بعد ثلاثة أيام من الزراعة أعديت التربة بالببيض بمعدل 2000 بيضة/نبات حول كل نبات، وزعت المعاملات وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة. بعد 45 يوماً من الإعداء قلعت النباتات وتم حساب عدد العقد الجذرية لكل نبات. خضعت بعدها البيانات لتحليل التباين وفق التصميم أعلاه.

ج. معاملة رش المجموع الخضري - زرعت بادرات طماطم/بندورة بعمر ثلاث أوراق حقيقية في أصص بلاستيكية (1 كغ تربة/أصيص) وبمعدل نبات/أصيص. قسمت الأصص إلى ثلاث مجاميع رئيسية وقسمت كل مجموعة رئيسية إلى خمس مجاميع ثانوية بحيث تمثل كل مجموعة ثانوية معاملة رش بإحدى التراكيز الخمسة المختبرة وبواقع ثلاثة أصص لكل تركيز. رشت المجموعة الرئيسية الأولى (2 مل/نبات) عند الإعداء ببويض النيماتودا، ورشت المجموعة الرئيسية الثانية بعد أسبوع من الإعداء، أما المجموعة الرئيسية الثالثة فقد رشت مرتين عند الإعداء وبعد أسبوع من الإعداء. وزعت المعاملات وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة. بعد 45 يوماً من الإعداء قلعت النباتات وتم حساب عدد العقد الجذرية لكل نبات. خضعت بعدها البيانات لتحليل التباين وفق التصميم أعلاه.

فترات التعرض لم تزد من كفاءة أي من التراكيز المختبرة، فقد أحدثت معاملة البذور بالتركيز 0.5 مغ/مل لمدة 20 دقيقة خفضاً معنوياً في عدد العقد الجذرية (30.2 عقدة/نبات)، لكن زيادة فترة التعرض إلى 40 أو 60 دقيقة لم تختلف معنوياً بالتأثير عن فترة التعرض 20 دقيقة، بينما أدت زيادة التركيز إلى 2 مغ/مل إلى خفض معنوي في عدد العقد الجذرية (19.4 عقدة/نبات) مقارنة بالتركيز 0.5 مغ/مل، إلا أنه لم يختلف معنوياً عن التركيز 1.5 مغ/مل وبخاصة عند فترة التعرض 60 دقيقة بل على العكس تفوق التركيز 1.5 مغ/مل معنوياً على التركيز 2 مغ/مل عند فترة التعرض لمدة 20 دقيقة. وقد يرجع السبب في ذلك إلى أن هذا التركيز من الكايتوسان قد يحوي مستويات متوازنة من وحدات الكايتوسان الفعالة أحياناً والمطلوبة لاستحثاث المقاومة. فقد أكدت دراسات سابقة بأن الكايتوسان المكون من 6 وحدات بناء (Hexamer) أو أكثر هو الفعال أحياناً (10، 29)، ومن جانب آخر فقد وجد في دراسة سابقة أن معاملة بذور فول الصويا بالكايتوسان زادت من نشاط أنزيم Chitinase في البذور (27) ويعد نشاط هذا الانزيم في النبات من الآليات الدفاعية الفعالة لمقاومة مسببات المرضية (16) خاصة وأن الكايتين يشكل مكوناً أساسياً لجدار النيماتودا كما يكون أكثر من 30% من قشور ببوضها (25). كما أكدت عدة دراسات أن المعاملة بالكايتوسان تزيد من النشاط الأيضي للمركبات الفينولية (3)، وبناء اللغنين (21) اللذان يعدان آليتين دفاعيتين مهمتين في مقاومة النيماتودا (7).

جدول 1. أثر نقع بذور الطماطم /البندورة في تراكيز مختلفة من الكايتوسان على نيماتودا تعقد الجذور (*Meloidogyne javanica*).
Table 1. Effect of tomato seed treatment with different concentrations of chitosan on the root knot nematode (*Meloidogyne javanica*).

تركيز الكايتوسان المستعمل (مغ /مل) Chitosan concentration used (mg/ml)	عدد العقد الجذرية /نبات* No. of galls/ plant* فترة النقع (دقيقة) Soaking period (min)		
	60	40	20
0.0	50.6 d	50.6 d	50.6 d
0.5	29.4 b	31.0 c	30.2 c
1.0	29.0 b	29.8 c	29.6 c
1.5	25.0 a	23.8 b	31.0 a
2.0	23.0 a	20.0 a	19.4 b

* متوسط خمسة مكررات.
 أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 5% بين التراكيز = 3.8 وبين فترات النقع = 3.9.
 المتوسطات ضمن العمود الواحد والمتبوعة بأحرف متشابهة لا تختلف عن بعضها البعض معنوياً.
 LSD at P= 0.05 between concentrations = 3.8 and between soaking periods = 3.9.
 Means followed by similar letter are not significantly differed from each other.

ب. معاملة البادرات- أظهرت نتائج تعطيس جذور بادرات الطماطم/ البندورة بمحاليل مختلفة التركيز من الكايتوسان خفضاً معنوياً

(P = 0.05) في تعقد الجذور مقارنة بمعاملة الشاهد وأن التأثير تناسب طردياً مع زيادة التركيز وبفروقات معنوية (جدول 2). ولكن لم تكشف النتائج عن تأثير معنوي بين فترات التعطيس ضمن كل تركيز، فقد أظهرت معاملة تعطيس الجذور بالتركيز 0.5 مغ/مل لمدة 20 دقيقة خفضاً معنوياً في عدد العقد الجذرية مقارنة بمعاملة الشاهد (30.2 و 42.0 عقدة /نبات، على التوالي)، وزيادة تركيز الكايتوسان إلى 2 مغ/مل زاد من الخفض إلى 19.2 عقدة/نبات، لكن زيادة فترة التعرض إلى 40 و 60 دقيقة لم تحقق زيادة معنوية في خفض عدد العقد الجذرية لأي من التراكيز المختبرة، وقد يعود السبب إلى وجود تأثير سمي للكايتوسان على النيماتودا نفسها بما يشبه تأثيره المضاد للفطور والبكتريا (5، 26). وأن هذا التأثير يصبح أكثر وضوحاً في التراكيز العالية فضلاً عن استحثاث آلية أو أكثر من آليات المقاومة ضد النيماتودا مثل زيادة أيض المركبات الفينولية (14) وبناء اللغنين (21). وما دام التركيز القليل من الكايتوسان (0.5 مغ/مل) سبب خفضاً معنوياً لمرض تعقد الجذور دون أي تأثير سلبي في بادرات الطماطم/البندورة فقد يكون التعرض المستمر لجذور النباتات لهذا التركيز أو لتركيز أقل في الزراعة المائية (Hydroponic) ذا أهمية خاصة سيما وأنه لا توجد مادة كيميائية آمنة صحياً يمكن استخدامها لمقاومة بعض مسببات المرضية التي تعد عاملاً محدداً لنجاح هذا النمط من الزراعة (17). أن استثمار هذه النتائج ونتائج أخرى مشجعة كالتي توصل إليها El Ghaouth وآخرون (6) حيث وجدوا أن تنمية بادرات الخيار في محلول مغذي حاوي على 100-400 مايكروغرام كايتوسان/ مل زاد من تركيز الأنزيمات المحللة كانزيم الكايتيناز في النبات، الأمر الذي يرسم دوراً مهماً لهذا المركب يمكن أن يلعبه في مقاومة بعض مسببات المرضية المهمة في هذا النمط من الزراعة.

ج. معاملة رش المجموع الخضري - أظهرت نتائج رش المجموع الخضري بتراكيز مختلفة من الكايتوسان وبمواعيد رش مختلفة خفضاً معنوياً (P= 0.05) في عدد العقد الجذرية وأن هذا التخفيض يزداد بزيادة التركيز المستخدم (جدول 3). فقد قللت التراكيز 0.5، 1.0، 1.5 و 2.0 مغ/مل أعداد العقد الجذرية 52.2، 43.2، 37.6 و 39.2 عقدة/نبات، على التوالي عند استعمالها عند الإعداد مقارنة مع معاملة الشاهد (83.4 عقدة/نبات)، في حين لم تحقق معاملة الرش بعد أسبوع من التلوين خفضاً معنوياً في عدد العقد الجذرية إلا عند التركيز 1 مغ أو أكثر. أما معاملة الرش لمرتين فقد حققت خفضاً معنوياً لعدد العقد الجذرية مقارنة مع معاملة الرش لمرة واحدة سواء عند الإعداد أو بعد أسبوع منه، فقد قللت معاملة الرش مرتين بالتراكيز 0.5، 1.0، 1.5 و 2.0 مغ/مل أعداد العقد الجذرية إلى 30.8، 18.8، 14.0 و 15.8 عقدة /نبات، على التوالي. إن تحقيق خفض معنوي لمرض تعقد الجذور بفعل معاملة رش المجموع الخضري للنبات بالكايتوسان يؤكد وجود تأثير جهازي للكايتوسان ينقل من المجموع الخضري

(موضع الاستحثاث) إلى المجموع الجذري واحتمال إحداث تغيرات دفاعية تركيبية وأحيائية أدت إلى اختزال مرض تعقد الجذور وهذا يتفق مع نتائج سابقة (2)، حيث وجد أن معاملة رش المجموع الخضري لبادرات الطماطم/البندورة بالكايوتوسان (2 مغ/مل) حقق مقاومة للفطر *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* الذي يصيب المجموع الجذري ومنطقة التاج. وربما يعود التأثير الجهازي لهذا المركب لإنتاج بروتينات ذات وزن جزيئي قليل لها القدرة على التأثير جهازيًا تدعى البروتينات المتعلقة بالإمراضية (Pathogenesis Related Proteins) مثل انزيم الكاينينز والكلوكاينينز (28) التي ثبت استحاثها بواسطة الكايوتوسان (6)، أو استحاثات إشارة (Signal) لها القدرة على الانتقال جهازيًا وإحداث الاستحثاث المطلوب في منطقة الإصابة وأياً كانت آلية العمل فهذا الموضوع بحاجة إلى دراسة أعمق.

جدول 2. أثر تغطيس جذور بادرات الطماطم /البندورة في تراكيز مختلفة من الكايوتوسان على نيماتودا تعقد الجذور (*Meloidogyne javanica*)

Table 2. Effect of tomato root dipping in different concentrations of chitosan on root knot nematode (*Meloidogyne javanica*).

عدد العقد الجذرية /نبات*			تركيز الكايوتوسان المستعمل (مغ/مل) chitosan concentration used (mg/ml)
No. of galls/ plant*			
فترة التغطيس (دقيقة) soaking period (min)			تركيز الكايوتوسان المستعمل (مغ/مل) chitosan concentration used (mg/ml)
60	40	20	
42.0 c	42.0 c	42.0 c	0.0
31.0 b	28.8 b	30.2 b	0.5
21.4 a	22.8 a	20.0 a	1.0
21.4 a	22.4 a	18.4 a	1.5
17.6 a	20.6 a	19.2 a	2.0

* متوسط خمسة مكررات. أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 5% بين التراكيز = 4.9 وبين فترات التغطيس = 3.5. المتوسطات ضمن العمود الواحد والمتبوعة بأحرف متشابهة لا تختلف عن بعضها البعض معنوياً. LSD at P= 0.05 between concentrations = 4.9 and between soaking periods = 3.9. Means followed by similar letter are not significantly differed from each other.

التجارب الحقلية

أما فيما يخص فعالية الكايوتوسان في استحاثات المقاومة تحت الظروف الحقلية، فقد أوضحت النتائج كفاءة عالية للكايوتوسان في استحاثات المقاومة ضد نيماتودا العقد الجذرية تمثلت في تخفيض أعداد اليرقات في التربة وأعداد اليرقات والبيض والإناث في جذور النباتات المعاملة، بالإضافة إلى خفض دليل تعقد الجذور مقارنة بمعاملة الشاهد (جدول 4). كما أوضحت النتائج أن تخفيض مجتمع النيماتودا يزداد بتكرار معاملة الرش بالكايوتوسان إلى حد التفوق على معاملة مبيد نيماتودا الكيمياء عند تكرار عملية الرش مرتين أو أكثر. وعلى

الرغم من أن معاملة البذور فقط لم تظهر تفوقاً معنوياً على معاملة مبيد نيماتودا الكيمياء إلا أن المعاملات التي تعرضت نباتاتها لمعاملة رش واحدة أو أكثر أظهرت تفوقاً معنوياً لجميع معايير تقييم الإصابة وبشكل خاص لأعداد الإناث، ففي الوقت الذي سجلت فيه معاملة المقارنة أعداداً من الإناث بلغت 152 أنثى/10 غرام جذور، أحدثت معاملة البذور بالكايوتوسان فقط ومعاملة البذور ورشة واحدة ورشتان وثلاث رشات اختزالاً في أعداد الإناث إلى 116، 52، 44 و 31 أنثى/10 غرام جذور، على التوالي.

جدول 3. أثر رش المجموع الخضري لبادرات طماطم/البندورة بتراكيز مختلفة من الكايوتوسان في الاستجابة لمسبب مرض تعقد الجذور (*Meloidogyne javanica*).

Table 3. Effect of spraying tomato seedling with chitosan on the response to root knot nematode *Meloidogyne javanica*.

عدد العقد الجذرية /نبات*			تركيز الكايوتوسان المستعمل (مغ/مل) chitosan concentration used (mg/ml)
No. of galls/ plant*			
موعد الرش Spraying time			معدل العقد الجذرية /نبات* No. of galls/ plant*
عند وبعد أسبوع من الإعداء At inoculation and one week after inoculation	بعد أسبوع من الإعداء One week after inoculation	عند الإعداء At inoculation	
83.4 c	83.4 c	83.4 c	0.0
30.8 b	72.2 b	52.2 b	0.5
18.8 a	54.6 a	43.2 a	1.0
14.0 a	49.4 a	37.6 a	1.5
15.8 a	50.2 a	39.2 a	2.0

* متوسط ثلاثة مكررات. أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 5% بين التراكيز = 6.20 وبين مواعيد الرش = 6.39. المتوسطات ضمن العمود الواحد والمتبوعة بأحرف متشابهة لا تختلف عن بعضها البعض معنوياً. LSD at P= 0.05 between concentrations = 6.20 and between spraying time = 6.39. Means followed by similar letter are not significantly differed from each other.

إن خفض أعداد الإناث يعد إستراتيجية مهمة لمقاومة النيماتودا بل إن المهتمين بتربية الأصناف المقاومة للنيماتودا يعدون الصنف مقاوماً إذا أظهر فعالية عالية في تثبيط تكاثر النيماتودا (18، 22، 23). وبما أن الكايوتوسان ليس له تماس مباشر مع النيماتودا إذ أن المعاملة تمت برش المجموع الخضري، فهذا يؤكد وجود تأثير جهازي ينتقل إلى المجموع الجذري ليحدث تغييرات دفاعية كيميائية وتركيبية هنالك تقود إما إلى قتل الخلايا للاستجابة لليرقات من خلال تفاعل فرط الحساسية يؤدي إلى قتلها في تكون العقد فيقل عددها، أو إلى عرقلة تطور اليرقات داخل النبات الذي يؤدي إلى قلة أعداد الإناث وبالتالي البيض واليرقات. وعلى أية حال فإن التفوق المعنوي لمعاملة الرش بالكايوتوسان لمرتين أو ثلاث على معاملة المبيد الكيمياء نيماتودا تعود

بالكايتوسان تعزيزاً مستمراً للدفاعات النباتية المستحثة الكيميائية والتركيبية بما لا يفسح المجال لمجتمع النيماطودا من التطور إلى المستوى الضار اقتصادياً. وعلى أي حال تعد هذه الدراسة أول تسجيل لنشاط الكايتوسان في استحثاث المقاومة الجهازية المكتسبة ضد مرض تعقد الجذور المتسبب عن النيماطودا *M. javanica*.

إلى أن المبيد يحقق خفضاً لمجتمع النيماطودا عند المعاملة لكن تعرض المبيد الكيميائي للتلاشي بفعل تحللة و/أو غسلة من التربة فيقل أو ينعقد تأثيره على ما تبقى من مجتمع الآفة مع الزمن فيزداد تأثير النيماطودا في العائل، وبذلك فإن استعمال المبيدات الكيميائية لا يقدم إلا حلاً قصيراً الأمد لمشكلة النيماطودا (12)، بينما توفر عملية الرش

جدول 4. كفاءة الكايتوسان في استحثاث المقاومة لمرض تعقد جذور الطماطم/البندورة المتسبب عن النيماطودا (*Meloidogyne javanica*) تحت الظروف الحقلية.

Table 4. Efficiency of chitosan in inducing resistance to tomato root knot disease caused by *Meloidogyne javanica* under field conditions.

معايير الإصابة بالديدان*					المعاملات Treatments
Nematode infection parameters *					
% دليل تعقد الجذور المرضي % root – gall index	عدد البيوض/ 10 غ جذور Eggs/10 gm roots	عدد الإناث/ 10 غ جذور Females/10 gm roots	عدد اليرقات/ 10 غ جذور larvae /10 gm roots	عدد اليرقات/ 250 غ تربة larvae /250 gm soil	
83 a	1728 a	152 a	980 a	2813 a	شاهد (بدونه معاملة) Control
41 B	324 c	99 c	196 c	1100 b	تربة معاملة (مبيد نيماكيور) Soil treated with (nema-cur)
71 a	954 b	116 b	518 b	2717 a	بذور معاملة بالكايتوسان 1.5 مغ /مل لمدة 20 دقيقة Seed treated with chitosan 1.5 mg/ml for 20 min
52 b	228 d	52 d	132 c	1013 dc	بذور معاملة بالكايتوسان ورشة عند الإعداء Seed treated with chitosan & one spray
48 b	225 d	44 d	148 c	510 cd	بذور معاملة بالكايتوسان ورشتين عند الإعداء وعند الأزهار Seed treated with chitosan & two spray
43 b	230 b	31 e	154 c	256 d	بذور معاملة بالكايتوسان وثلاث رشات عند الإعداء وعند الأزهار والعقد Seed treated with chitosan & triple spray
13	41.2	15.3	364	558	أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 5% LSD at P=0.05

* Mean of five replicates

* متوسط خمسة مكررات.

المتوسطات ضمن العمود الواحد والمتبوعة بأحرف متشابهة لا تختلف عن بعضها البعض معنوياً.

Means followed by similar letter are not significantly differed from each other.

Abstract

Aboud, H.M., F.A. Fattah, A. A. Al-Heeti and H.M. Saleh. 2002. Efficiency of Chitosan in Inducing Systemic Acquired Resistance Against the Root-knot Nematode (*Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood) on Tomato. Arab J. Pl. Prot. 20: 93-98.

Treatment with chitosan potentially induced systemic acquired resistance in tomato plants against the infection of *Meloidogyne javanica*. The level of induced resistance depended on concentration and method of application. In greenhouse experiments, soaking tomato seeds or dipping the roots for 20 min in a solution of 1.5 mg/ml chitosan was the most effective as compared to other concentrations and exposure periods. Under field conditions, plants of soaked seeds with 1-3 chitosan (1.5 mg/ml) sprays induced significant reduction in nematode infection parameters which included number of larvae/ 250 gm soil and number of larvae, females and eggs/10 g roots and the root galling index. In seed treatment and double sprays with chitosan, at inoculation and flowering time, the infection parameters were 510, 148, 44, 225 and 48% as compared to control treatment 2813, 980, 152, 1728 and 83%, respectively. The use of a third spray at fruit setting did not increase nematode resistance.

Key words: Nematode, induced systemic resistance, chitosan.

Corresponding author: H.M. Aboud, Agricultural and Biological Research Center, P.O. Box 765, Baghdad, Iraq.

- cells elicited by treatment with chitosan. *Plant Science Letters*, 33:221-230.
15. **Kuc, J.** 1983. Induced systemic resistance in plant to diseases caused by fungi and bacteria. Pages 191-221. In: *The dynamics of host defense*. J.A. Bailey and B.J. Deverall (Editors). Academic press. Ltd., Sydney. Australia.
 16. **Lamb, C.J., M.A., Lawton, M. Dron and R.A. Dixon.** 1989. Signals and transduction mechanisms for activation of plant defenses against microbial attack. *Cell*, 56:215-224.
 17. **Moulin, F., P. Lemanceau and C. Alabouvette.** 1994. Pathogenicity of *Pythium* species on cucumber in peat-sand, rockwool and hydroponics. *European Journal of Plant Pathology*, 100:3-17.
 18. **Narayan, Y.D. and D.D.R. Reddy.** 1980. Penetration development and histopathology of root-knot nematode in tomato, NTDR, -1. *Nematologia Mediterranea*, 8:43-49.
 19. **Nusbaum, C.T.** 1958. The response of root-knot infected tobacco plants to foliar application of maleic hydrazide. *Phytopathology*, 48:344.
 20. **Overman, A.J. and S.S. Woltz.** 1962. Effects of amino acid antimetabolites upon nematodes and tomato. *Fla. St. Hor. Soc.*, 75: 166-170.
 21. **Pearce, R.B. and J.P. Ride.** 1982. Chitin and related compound as elicitors of the lignification response in wounded wheat leaves. *Physiol. Plant Pathology*, 20:119-123.
 22. **Rhode, R.A.** 1965. The nature of resistance in plants to nematodes. *Phytopathology*, 55:1159-1162.
 23. **Sasser, J.N. and M F. Kirby.** 1979. Crop cultivars resistant to root-knot nematodes, *Meloidogyne* species, with information on seed sources. International *Meloidogyne* Project, Contract No. AID /ta-c-1234.
 24. **Sequeira, L.** 1983. Mechanisms of induced resistance in plants. *Annual Review of Microbiology*, 37: 51-79.
 25. **Spiegel, Y. and E. Chon.** 1982. Lectin binding to *Meloidogyne javanica* eggs. *Journal of Nematology*, 14: 406-407.
 26. **Sundanshan, N.R., D.G. Ho over and D. Knorr.** 1992. Antibacterial action of chitosan. *Food Biotechnology*, 6: 257-272.
 27. **Teichgraber, D., L. Popper and D. Knorr.** 1991. Chitosan as an elicitor for the production of chitinase and antifungal enzyme from soybean seeds. *Agrofoodindustry- Hi-Tech. Milan, Italy: Teknoseienze*, 2:11-14.
 28. **Tuzun, S., M.N. Rao, U. Vogelic, C.L. Schardle and I. Kuc.** 1989. Induced systemic resistance to blue mold : early induction and accumulation of B-1,3- glucanases, chitinases, and other pathogenesis – related proteins (b-proteins) in immunized tobacco. *Phytopathology*, 79:979-983.
 29. **Walker-Simmons, M. and C.A. Ryan.** 1984. Proteinase inhibitor synthesis in tomato leaves. *Plant Physiology*, 76:787- 790.
 1. **الحسن، خليل كاظم، زهير عزيز اسطيفان، علي حسين علوان وعلي حسين بندر.** 1977. غربلة أصناف الطماطم/البندورة ضد ديدان العقد الجذرية واستعمال بعض المبيدات الكيميائية لمكافحةها. الكتاب السنوي لبحوث وقاية المزروعات، الصفحات: 323-375.
 2. **Benhamou, N. and G. Theriault.** 1992. Treatment with chitosan enhances resistance of tomato plants to crown and root rot pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis –lycopersici*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 4:33-25.
 3. **Benhamou, N., P.J. Lafontaine and M. Nicole.** 1994. Induction of systemic resistance to *Fusarium* crown and root rot in tomato plants by seed treatment with chitosan. *Phytopathology*, 84: 1432-1444.
 4. **Dube, B.G. and C.J. Smart.** 1987. Biological control of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* and *Pasteuria penetrans*. *Journal of Nematology*, 9: 222-227.
 5. **EIGHAOUTH, A., J. Arul and A. Asselin.** 1992. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. *Phytopathology*, 28:398-402.
 6. **EI GHAOUTH, A., A. Arul, J. Grenier, N. Benhamou, A. Asselin and R. Belanger.** 1994. Effect of chitosan on cucumber plants: suppression of *Pythium aphanidermatum* and induction of defence reactions. *Phytopathology*, 84 :313-320.
 7. **Giebel, J.** 1982. Mechanism of resistance to plant nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, 20:257-279.
 8. **Grenier, J. and A. Asselin.** 1990. Some pathogenesis – related proteins are chitosanases with lytic activity against fungal spores. *Molecular Plant Microbe Interactions*, 3:401-407.
 9. **Hadwiger, L. and A. Beckman.** 1980. Chitosan as a component of pea-*Fusarium solani* interactions. *Plant Physiology*, 66:205- 211.
 10. **Hadwiger, L., T. Ogawa and H. Kugama.** 1994. Chitosan polymer size effective in inducing Phytoalexin accumulation and fungal suppression are verified with synthesized oligomers. *Molecular Plant Microbe Interactions*, 7:531-533.
 11. **Hung, C.L. and R.A. Rhode.** 1973. Phenol accumulation related to resistance in tomato to infection by root-knot and lesion nematodes. *Journal of Nematology*, 5: 253-258.
 12. **Jatala, P.** 1986. Biological control of plant parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, 24:453-489.
 13. **Kendra, D.F. and L.A. Hadwiger.** 1984. Characterization of the smallest chitosan oligomer that is maximally antifungal to *Fusarium solani* and elicits pisatin formulation in *Pisum sativum*. *Experimental Mycology*, 8:276-281.
 14. **Kohle, H., H.Y., David and K. Heinrich.** 1984. Physiological changes in suspension – cultured soybean

Received: October 24, 1999; Accepted: December 1, 2001

تاريخ الاستلام: 1999/10/24؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2001/12/1