obeikandl.com

obeikandl.com

بسم الله الرحمن الرحيم

obeikandl.com

obeikandl.com

المقاومة النباتية للنيماتودا الطفيلية

محررو النسخة الإنجليزية

الدكتور جيمس ستار **الدكتور روجر كوك** **الدكتور جون بريدج**

ترجمة

أ.د. أحمد عبد السميع دوابة

أستاذ أمراض النبات النيماتودية بمعهد بحوث أمراض النباتات ،

مركز البحوث الزراعية ، جمهورية مصر العربية

قسم وقاية النبات ، كلية علوم الأغذية والزراعة ، جامعة الملك سعود بالرياض

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

obeikandl.com

ⓗ جامعة الملك سعود، ١٤٣٣هـ/ ٢٠١٢م

هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Plant Resistance to Parasitic Nematodes
Edited by: J.L. Starr, R. Cook and J. Bridge
© CABI Publishing, New York, 2002.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

ستار، جيمس

المقاومة النباتية للنيماتودا الطفيلية. / جيمس ستار؛ روجر كوك؛ جون بريدج؛ أحمد عبدالسميع دوابة.- الرياض، ١٤٣٣هـ.

٣٧٨ص؛ ٢١×٢٨سم

ردمك: ٢-٩٧٤-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

١- النبات- أمراض ٢- الآفات الزراعية أ. كوك، روجر (محرر)

ب. بريدج، جون (محرر) ج. دوابة، أحمد عبدالسميع (مترجم) د. العنوان

ديوي ٦٣٢ ١٤٣٣/١٥٣٠

رقم الإيداع: ١٤٣٣/١٥٣٠

ردمك: ٢-٩٧٤-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي، وقد وافق المجلس على نشره في اجتماعه الخامس للعام الدراسي ١٤٣٢/ ١٤٣٣هـ المعقود بتاريخ ١٧/ ١٢/ ١٤٣٢هـ الموافق ١٣/ ١١/ ٢٠١١م

إدارة النشر العلمي والمطابع ١٤٣٣هـ

مقدمة المترجم

لقد حرصت جامعة الملك سعود ممثلة في مركز الترجمة بها على تشجيع تعريب كافة العلوم، ونقل المعرفة العالمية الحديثة من مصادرها أياً كانت إلى القارئ العربي بلغته الأم التي يفهمها ويقدسها. ولقد تحقق للجامعة ذلك – بفضل الله – فأصبحت صاحبة السبق من بين كافة الجامعات العربية في هذا الصدد. وقد حرصت أنا أيضاً على المساهمة في هذا الركب، والسير نحو هذا الهدف الجميل، فقمت قبل ذلك (مشاركة) بترجمة كتاب مكافحة *نيماتودا النبات* للعالم البريطاني "وايتهيد". وها أنا الآن أضع بين أيديكم الكريمة كتاباً آخر في نفس مجال التخصص (نيماتودا النبات)، وهو كتاب *المقاومة النباتية للنيماتودا الطفيلية* *Plant resistance to parasitic nematodes* الذي قام بتحريره ثلاثة من أشهر العلماء العالميين في هذا المجال، وهم: جيمس ستار G.L. Starr، وروجر كوك R. Cook، وجون بريدج J. Bridge، وبمشاركة تسعة عشر عالماً من أشهر علماء العالم في هذا التخصص.

وقد كان اختياري لهذا الكتاب لترجمته في هذه المرحلة بالذات نظراً لتناوله موضوع المقاومة الطبيعية في النباتات تجاه النيماتودا. وهي صفة وراثية توجد في بعض النباتات تمكنها من مقاومة الإصابة بالنيماتودا، ذلك الطفيل الفتاك الذي يفتك بالكثير من المحاصيل الزراعية الهامة التي يعتمد عليها الإنسان في غذائه. إن العلماء والباحثين ومربيي النباتات في أرجاء العالم كافة يتجهون إلى البحث عن مصادر لصفة المقاومة في النباتات تجاه النيماتودا، ونقل هذه الصفة إلى النباتات الاقتصادية الهامة، ويعود السبب الرئيس في ذلك إلى تلك الآثار السلبية الخطيرة التي يعاني منها الإنسان المعاصر في صحته التي هي أغلى ما يملك جراء استخدام مبيدات مكافحة الآفات التي أصبحت متهماً غير بريء بالكثير من الأمراض المستعصية التي أصابت الإنسان في وقتنا الحاضر. ناهيك عن الزيادة الكبيرة في تكاليف الإنتاج الزراعية لأي محصول بسبب إدراج بند خاص بمبيدات مكافحة الآفات بأنواعها. ويتناول هذا الكتاب في فصوله من الأول إلى الحادي عشر إعطاء فكرة جيدة عن مفاهيم وتاريخ ونظريات وتوارث صفة المقاومة النباتية تجاه أهم أنواع النيماتودا المتطفلة على النباتات مثل: نيماتودا تعقد الجذور، ونيماتودا الحوصلات، ونيماتودا السيقان والأبصال، ونيماتودا الأوراق، والنيماتودا الكلوية، والنيماتودا الحفارة، والنيماتودا الحلزونية، ونيماتودا تقرح الجذور، ونيماتودا الموالح، وبعض أنواع النيماتودا خارجية التطفل الأخرى.

كما يتطرق الكتاب أيضاً إلى كيفية تقييم صفة المقاومة في الأصناف النباتية تجاه هذه الأنواع من النيماتودا جميعها، وكذلك إلى كيفية نقل هذه الصفة من المصادر النباتية المقاومة إلى الأصناف النباتية الشائع زراعتها، والمرغوبة لدى المزارع.

ومما يضيف إلى أهمية هذا الكتاب، تناوله في فصله الثاني عشر لموضوع من أهم مواضيع الساعة لدى مربي النباتات، وهو موضوع الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية، الذي يمكّنه -بإذن الله- وباستخدام تقنيات البيولوجيا الجزيئية الحديثة أن يختزل السنوات الطوال التي كان يقضيها في تطوير أصناف نباتية مقاومة للأمراض بطرق التربية التقليدية التي كانت تستغرق أكثر من عشر سنوات أحياناً لتطوير صنف نباتي ما مقاوم لمرض نباتي معين. فقد أصبح بالإمكان الآن بواسطة هذه التقنيات تحديد جينات المقاومة في النبات، ونقلها إلى الأصناف المرغوب تطويرها في غضون فترة زمنية قصيرة نسبياً، لا تتجاوز العامين أو الثلاثة أعوام. وهو إنجاز لا شك يعود بالنفع الكبير على البشرية بتوفير الغذاء اللازم لهذه الأعداد المتزايدة من البشر بعون الله وقوته، حيث تشير المعدلات العالمية إلى تزايد سكان الكرة الأرضية بمعدل ١٫٨ ٪ سنويا منذ عام ١٩٥٠م وحتى الآن، حتى بلغ تعداد سكان الأرض في الوقت الحالي حوالي سبعة مليارات نسمة. ولا شك أن هذه الزيادة الرهيبة في عدد سكان الأرض تستلزم البحث عن مصادر جديدة ومتجددة من الغذاء، وتقليل الفاقد منه نتيجة للإصابة بالأمراض النباتية.

وفي الختام، أتقدم بالشكر الجزيل لكل من ساهم في إخراج هذا الكتاب، وأخص بالشكر قسم وقاية النبات بكلية علوم الأغذية والزراعة بجامعة الملك سعود، ومركز الترجمة بالجامعة، والإدارة العامة للنشر العلمي والمطابع.
وأسأل المولى سبحانه وتعالى أن يكلل مسعاي بالنجاح، وأن يجعل هذا الجهد خالصاً لوجهه الكريم، وعلماً ينتفع به، وأن يجعله في موازين حسناتي يوم يقوم الحساب، إنه تعالى نعم المولى، ونعم المجيب. وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

المترجم

مقدمة المحررين

كانت إحدى نقاط النقاش الرئيسية داخل لجنة المقاومة النباتية بجمعية علماء النيماتولوجي في منتصف الثمانينيات من القرن العشرين هي: كيف يمكن لهذه اللجنة أن تشجع وتدفع بالمزيد من الجهود نحو التعريف، والتمييز، والتطوير، والنشر الفعال لما يتعلق بمقاومة النبات للنيماتودا. وقد كان من نتاج هذه المناقشات ظهور كتيب "طرق تقييم مقاومة الأنواع النباتية للنيماتودا المتطفلة على النباتات Methods for Evaluating Plant Species for Resistance to Plant Parasitic Nematodes" الذي تم نشره بواسطة جمعية علماء النيماتولوجي الأمريكية Society of Nematologists عام ١٩٩٠م. ولسوء الحظ، لم تتمكن الجمعية من الحصول على ميزة الدعم من أي دار نشر تجارية، لتزيد من فعالية الدعاية والتوزيع لهذا الكتيب، وهذا هو السبب فيما يبدو في أن الكتيب لم يكن له التأثير المطلوب. وحتى عام ١٩٩٠م، لم يكن هناك برهان قوي يجعلنا نقترح أن الجهود التي بذلت لتطوير ونشر المقاومة النباتية قد ازدادت بأي درجة معنوية. وحتى الآن، يمكن القول إنه لم تتناقص بعدُ تلك العوامل التي تجعل من استخدام المقاومة النباتية هدفاً هاماً، بل في الحقيقة، لقد ازدادت. وتشمل هذه العوامل تزايد محددات استخدام المبيدات النيماتودية، وعدم ظهور أي مبيد نيماتودي جديد واسع الانتشار، ومحدودية هامش الفائدة للعديد من النظم الزراعية، وفقد المزارع لاهتمامه ببدائل الإدارة الأخرى، إضافة إلى محدودية قائمة البدائل الفعالة. ولكل ذلك، يجب أن تُعطَى المقاومة النباتية أولوية أعلى. يضاف إلى ذلك أيضاً، أن المقاومة النباتية تأتي من بين النظم القليلة لأساليب الإدارة التي يمكن استخدامها في المناطق المعتمدة على الموارد الزراعية لزيادة كل من إنتاجية ودرجة ثبات المحاصيل الزراعية بدون تكاليف إضافية، أو بأقل تكاليف يتحملها المنتج. ومن أجل ذلك، ولاستمرار تلك الجهود التي تشجع وتزيد الاهتمام بالأوجه العملية للمقاومة النباتية، توجهنا إلى هيئة النشر العالمية CABI للقيام بنشر كتاب آخر في هذا المجال. ثم بعد ذلك، طلبنا المساعدة من كل من العالمين؛ جون بريدج John Bridge، وروجر كوك Roger Cook للقيام بدور المحرر المشارك في تحرير الكتاب الذي هو بين أيدينا الآن. وسوياً، قمنا ثلاثتنا بإقناع عدد من الزملاء والأصدقاء بالمشاركة في تأليف فصول الكتاب. وقد قمنا فيما بعد بتطوير وتحسين هذا الكتاب كثيراً، مقارنة بصورته التي خرجت بالجهود الأولية التي تم بذلها من جميع الزملاء. وعلى الرغم من أن هذا

obeikandl.com

الكتاب مماثل تماماً في تنظيمه لأول كتاب تم إعداده، فإننا أضفنا إليه ثلاثة فصول جديدة (فصل عن نيماتودا اليام *Scutellonema bradys*، وفصل عن الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية Marker-assisted selection، وفصل ثالث عن انطباعات المحررين حول الحالة الحالية لاستخدام المقاومة النباتية). أما الفصول الأخرى -بعضها بنفس مؤلفيها، وبعضها الآخر بمؤلفين جدد- فقد كتبت كلها لتعطي تفاصيل موسعة حول كيفية تأسيس برامج ناجحة لتقييم صفة المقاومة النباتية. وهدفنا المباشر من ذلك هو تشجيع وزيادة النشاط البحثي في مجالات تعريف، وتمييز، وتطوير، واستخدام صفة المقاومة النباتية تجاه أهم أنواع النيماتودا المتطفلة على النباتات. ونحن نعتقد جازمين، أنه لو تحققت تلك الأهداف، فسوف تستفيد منها كافة نظم الإنتاج الزراعي من خلال زيادة غلة المحصول، وتحسين صفات الثبات المحصولي، وخفض المخاطر الناجمة عن استخدام المبيدات النيماتودية.

يقدِّر المحررون، ويثمنون عالياً تلك الجهود التي بذلها جميع المؤلفين المشاركين، وكذلك العاملين بهيئة CABI العالمية للنشر (وخاصة السيد/ تيم هاردويك Tim Hardwick والآنسة كلير جويلت Claire Gwilt) لإكمال هذا المشروع وجعله ممكناً.

جيمس ستار، وروجر كوك، وجون بريدج
J.L. Starr, Roger Cook and J. Bridge
يونيو ٢٠٠١م

المشاركون
Contributors

Ivan F. Bendezu إيفان ف. بندزو

Department of Plant Pathology and Microbiology, Texas A&M University, College Station, TX 77843-2132, USA

John Bridge جون بريدج

CABI Bioscience UK Centre, Bakeham Lane, Egham, Surrey, TW20 9TY, UK

G. Caubel ج. كوبل

INRA, 35653 Le Rheu Cedx, France

Roger Cook روجر كوك

Institute of Grassland and Environmental Research, Aberystwyth, Ceredigion SY23 3EB, Wales, UK

D. De Waele د. دي وايلي

Laboratory of Tropical Crop Improvement, Catholic University Leuven (K.U. Leuven), Kasteelpark Arenberg 13, 3001 Leuven, Belgium

A. Elsen أ. ألسـن

Laboratory of Tropical Crop Improvement, Catholic University Leuven (K.U. Leuven), Kasteelpark Arenberg 13, 3001 Leuven, Belgium

R.S. Hussey ر. س. هاسي

Department of Plant Pathology, University of Georgia, Athens, GA 30602-7274, USA

G.J.W. Janssen ج. ج. و. يانسين

Novartis Seeds AB, PO Box 302, S-261 23, Landskrona, Sweden

David T. Kaplan ديفيد د. كابلان

US Department of Agriculture, Agriculture Resaerch Service, 2120 Camden Road, Orlando, Fl 32803, USA

obeikandl.com

C. Kwoseh **س. كوسه**

CABI Bioscience UK Centre, Bakeham Lane, Egham, Surry, TW20 9TY, UK. Present address: c/o Crop Science Department, University of Science and Technology, Kumasi, Ghana

K.A. Mizen **ك. أ. ميزن**

Institute of Grassland and Environmental Research. Aberystwyth, Ceredigion SY23 3EB, Wales, UK

J. Mudge **ج. مدج**

Department of Plant Pathology, University of Minnesota, St Paul, MN 55108, USA

G.R. Noel **ج. ر. نويل**

USDA ARS, Department of Crop Science, University of Illinois, Urbana, IL 61801, USA

R.A. Plowright **ر. أ. بلاورايت**

CABI Bioscience UK Centre, Bakeham Lane, Egham, Surrey, TW20 9TY, UK

Phillip A. Roberts **فيليب أ. روبرتز**

Department of Nematology, University of California, Reverside, CA 92521, USA

A.F. Robinson **أ. ف. روبنسون**

Agricultural Resaerch Service, United States Department of Agriculture, 2765 F&B Rd. College Station, TX 77845, USA

J.L. Starr **ج ل. ستار**

Department of Plant Pathology and Microbiology, Texas A&M University, College Station, TX 77843-2132, USA

Soledad Verdejo-Lucas **سولداد فيرديو–لوكاس**

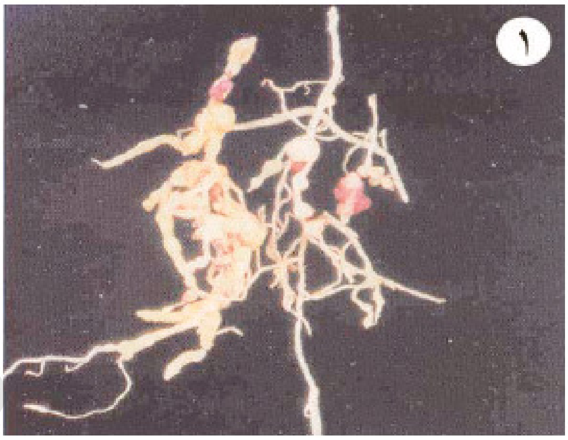
Departmento de Protección Vegetal, Institut de Recerca i Technologia Agroalimentarias, Crta. de Cabrils s/n, 08348 Cabrils, Barcelona, Spain

N.D. Young **ن. د. يانج**

Department of Plant Pathology, University of Minnesota, St Paul, MN 55108, USA

اللوحات الملونة

Color Plates

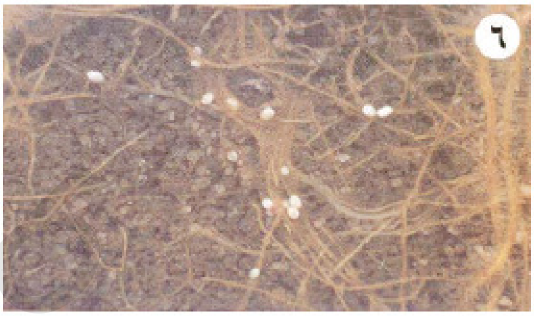
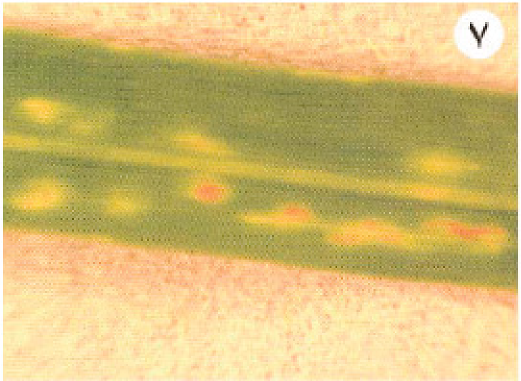


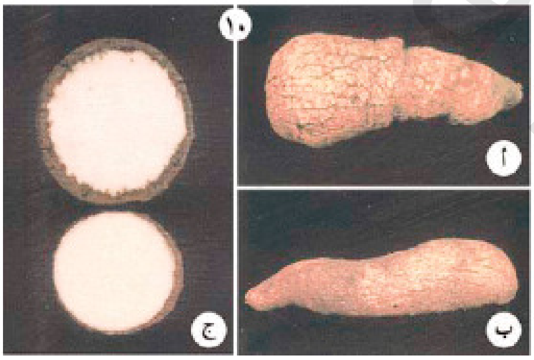
اللوحة رقم (١). كتل بيض نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* على جذور الطماطم بعد صبغها بصبغة الفلوكسين ب Phloxin B. (Hussey and Janssen: الفصل الثالث).

اللوحة رقم (٢). مقارنة بين صنف قطن قابل للإصابة (يساراً) وآخر مقاوم (يميناً) في حقل ملوث بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita*. (Hussey and Janssen: الفصل الثالث).

اللوحة رقم (٣). مقارنة بين صنف فول سوداني مقاوم (يساراً) وآخر قابل للإصابة (يميناً) في حقل ملوث بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne arenaria*. (Hussey and Janssen: الفصل الثالث).

اللوحة رقم (٤). مقارنة بين صنف فول صويا قابل للإصابة (يساراً) وآخر مقاوم (يميناً) في حقل ملوث بنيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines*. (Cook and Noel: الفصل الرابع). صورة بتصريح من: R.D. Riggs.



اللوحة رقم (٥). أصناف بطاطس مزروعة في قطع حقلية ملوثة بنيماتودا حوصلات البطاطس ***Globodera rostochiensis***. إلى اليمين: الصنف المقاوم "Maris Piper"، وإلى اليسار: الصنف القابل للإصابة "Pentland Dell". (Cook and Noel: الفصل الرابع).

اللوحة رقم (٦). الحوصلات البيضاء لنيماتودا حوصلات الحبوب ***Heterodera avenae*** على جذور الشوفان. (Cook and Noel: الفصل الرابع).

اللوحة رقم (٧). التقرحات التي تسببها نيماتودا سيقان الأرز ***Ditylenchus angustus*** المسببة لمرض "أوفرا" Ufra disease على أوراق الأرز. (Plowright, Caubel and Mizen: الفصل الخامس).

اللوحة رقم (٨). صنف البرسيم الحجازي "Vertus" المقاوم لنيماتودا السيقان والأبصال ***Ditylenchus dipsaci*** (أقصى اليسار: نبات غير مصاب، يسار وسط: نبات مصاب)، والصنف القابل للإصابة "Sabilt" (يمين وسط: نبات مصاب، أقصى اليمين: نبات غير مصاب). (Plowright, Caubel and Mizen: الفصل الخامس).

اللوحة رقم (٩). لقطة مقربة لقاعدة ساق شوفان مصابة بنيماتودا السيقان والأبصال ***Ditylenchus dipsaci*** توضح انتفاخ قواعد السيقان المصابة (يسار) مقارنة بالسيقان السليمة (يمين). (Plowright, Caubel and Mizen: الفصل الخامس).

اللوحة رقم (١٠). أعراض العفن الجاف في اليام المتسبب عن النيماتودا ***Scutellonema bradys***: أ) تشققات وعفن جاف في الدرنة، ب) درنة غير مصابة، ج) أعراض العفن الجاف الداخلية في الدرنة (إلى أعلى) مقارنة بدرنة غير مصابة (أسفل). (Kwoseh, Plowright and Bridge: الفصل العاشر).

المحتويات

مقدمة المترجم .... هـ

مقدمة المحررين .... ز

المشـــاركون .... ط

اللوحات الملونة .... ك

الفصل الأول: المقاومة تجاه النيماتودا المتطفلة على النباتات: التاريخ، والاستخدام الحالي، والجهود المستقبلية .. ١

الفصل الثاني: مفاهيم وتبعات المقاومة ٢٧

الفصل الثالث: نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* ٤٩

الفصل الرابع: نيماتودا الحوصلات *Globodera* and *Heterodera* ٨١

الفصل الخامس: نيماتودا الجنس *Ditylenchus* ١٢١

الفصل السادس: نيماتودا الأوراق: الجنس *Aphelenchoides* ١٦١

الفصل السابع: النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* ١٧٣

الفصل الثامن: الطفيليات الداخلية المتجولة: نيماتودا التقرح *Pratylenchus* والنيماتودا الحفارة *Radopholus*. ٢٠٧

الفصل التاسع: نيماتودا الموالح *Tylenchulus semipenetrans* ٢٤٣

obeikandi.com

الفصل العاشر: نيماتودا اليام *Scutellonema bradys* ٢٥٧

الفصل الحادي عشر: النيماتودا خارجية التطفل ٢٦٧

الفصل الثاني عشر: الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا.. ٢٧٩

ثبت المصطلحات ٢٩٥

أولا : عربي-إنجليزي ٢٩٥

ثانياً: إنجليزي-عربي ٣٣٣

كشاف الموضوعات ٣٧١

obeikandl.com

الفصل الأول

المقاومة تجاه النيماتودا المتطفلة على النباتات: التاريخ، والاستخدام الحالي، والجهود المستقبلية

Resistance to Plant Parasitic Nematodes: History, Current Use and Future Potential

J.L. Starr[1], J. Bridge[2] and R. Cook[3]
[1]*Department of Plant Pathology and Microbiology, Texas A&M University, College Station, TX 77843-2132, USA.*
[2]*Tropical Plant Nematology Advisor, CABI Bioscience UK Centre, Bakeham Lane, Egham, Surrey TW20 9TY, UK.*
[3]*Institute of Grassland and Environmental Research, Aberystwyth, Ceredigion SY23 3EB, Wales, UK*

تُعرَّف مقاومة النباتات للكائنات المرضة عادة بأنها قدرة النبات على خفض أو تثبيط أو التغلب على هجوم الكائن الممرض (Wingard, 1953). أما علماء الحشرات فيستخدمون عادة تعريفاً أوسع من ذلك، فيُعرِّفون المقاومة بأنها عبارة عن مجموع الخصائص الموروثة في النبات التي تؤثر على الضرر الحادث بفعل الآفات الحشرية (Painter, 1951)، وذلك دون النظر إلى ظاهرتي التضاد أو التحمل كنماذج أو أنواع من المقاومة. وفيما يخص علم نيماتودا النبات، يُعدُّ التعريف الأكثر استخداماً لمصطلح المقاومة هو أنها قدرة النبات على تثبيط تكاثر نوع ما من النيماتودا مقارنة بتكاثر هذا النوع على النبات القابل للإصابة (Cook and Evans, 1987، وانظر أيضاً الفصل الثاني للمؤلف Roberts). وإضافة إلى ذلك، يفرق علماء النيماتولوجي دائماً بين استجابة العائل لتطفل النيماتودا عليه وبين قدرة هذا العائل على دعم تكاثر تلك النيماتودا. وعلى ذلك، قد يكون النبات القابل للإصابة غير متحمل Intolerant، وينتج عن ذلك أن ينخفض أو يتأثر نموه سلبياً بدرجة كبيرة نسبياً نتيجة لتطفل النيماتودا عليه، أو قد يكون متحملاً Tolerant ولا يتأثر نموه بسبب هذا التطفل سوى بدرجة محدودة فقط (Cook and Evans, 1987). وبالمثل، فإن النبات المقاوم قد يكون أيضاً متحملاً أو غير متحمل للإصابة. وسوف نجد العديد من التقارير التي تثبت أن هناك اختلافات في تحمل الأنواع النباتية القابلة للإصابة بالنيماتودا (Cook *et al*., 1997 ؛ Hussey and Boerma, 1989).

وتعكس هذه الاختلافات بين المفاهيم المختلفة اختلافات أيضاً في كيفية تعبير صفة المقاومة عن نفسها داخل النبات تجاه الكائنات الممرضة والحشرات والنيماتودا، وأيضاً اختلافات في الطرق المستخدمة في قياس صفة

المقاومة، وكذلك في طبيعة التداخل بين الحشرة أو الكائن الممرض والنبات العائل. وبصرف النظر عن ذلك، نجد أن المقاومة هي خاصية هامة لحماية المحصول النباتي، وفي بعض الحالات، نجدها خاصية هامة أيضاً في إدارة كثافات عشائر الآفة أو الكائن الممرض. وفي علم النيماتولوجي، يعكس تركيزنا على تكاثر النيماتودا غياب الأعراض المميزة التي يُبنى عليها تقييم صفة المقاومة عادة عند التعامل مع الكائنات الممرضة الميكروبية. وعلاوة على ذلك، من الممكن تقدير معدل تكاثر النيماتودا بسهولة كبيرة، ودقة بالغة تجعلنا نستخدم هذا المقياس كبديل عملي لقياس شدة المرض (من أعراضه على سبيل المثال). وإضافة إلى ذلك، ولأن الضرر الذي تسببه النيماتودا على النبات يتأثر بشدة بكثافة اللقاح الابتدائي لتلك النيماتودا (Seinhorst, 1965)، مقارنة بالأضرار المتسببة عن الإصابة بأمراض أو حشرات أخرى، يكون معدل التزايد في أعدادها هو العامل الرئيسي في تحديد كم الضرر النهائي للمحصول. وعلى ذلك، يصبح تأثير المقاومة النباتية على كثافة العشائر النيماتودية مظهراً هاماً لاستخدام صفة المقاومة في نظم إدارة المحصول.

وهناك العديد من التقارير الحديثة التي أصبحت متاحة بين أيدينا الآن، والتي تناقش التعريفات المختلفة لصفة المقاومة (Trudgill, 1991 ؛ Cook and Evans, 1987)، وكذلك الأسس الوراثية للمقاومة (Roberts *et al.*, 1998)، وميكانيكية المقاومة (Williamson, 1998 ؛ Williamson and Hussey, 1996)، والتربية لصفة المقاومة (Young, 1998)، والهندسة الوراثية للمقاومة (Vrain, 1999 ؛ Opperman and Conkling, 1998). ويُعنى هذا الكتاب بصفة أساسية بالقياسات العملية للمقاومة والتحمل في النباتات. والهدف من ذلك هو تشجيع الاهتمام المتزايد بصفة المقاومة، واستخدام هذه الصفة في برامج إدارة النيماتودا المتطفلة على النباتات.

لماذا المقاومة؟

Why Resistance?

هناك المئات من التقارير التي تثبت انخفاض الإنتاجية المحصولية بسبب الإصابة بالعديد من أنواع النيماتودا (انظر: Luc *et al.*, 1990، وEvans *et al.*, 1993)، ومع ذلك فهناك من يتجاهل النيماتودا كآفات للمحاصيل حتى الآن، أو يعتبرها آفات قليلة الأهمية الاقتصادية. وهناك عدد من العوامل التي تشترك في النظرة العامة لعدم اعتبار النيماتودا كآفات محصولية، ومن بين هذه العوامل؛ أن النيماتودا بتطفلها تخفض عادة من إنتاجية المحاصيل دون ظهور أعراض واضحة لحدوث الضرر. وإذا استمر هذا التجاهل العام للنيماتودا كآفات محصولية، فليس من المستغرب إذاً أن يكون الاهتمام بتطوير برامج إدارة اقتصادية فعالة للنيماتودا قليلاً. ويُواجَه المنتجون الزراعيون بالعديد من المشاكل الحقيقية. فالمشاكل البيئية مثلاً –وخاصة محدودية مصادر المياه أو عدم توفرها بشكل دائم– ربما

تتصدر قائمة هذه المشاكل، ويليها مباشرة خصوبة التربة. ويعتبر الكثير من المنتجين الزراعيين أن الأعشاب (الحشائش) والحشرات (مفصليات الأرجل) هي في الغالب أهم الآفات التي تصيب محاصيلهم. وإضافة إلى هذه العوامل التي تؤثر مباشرة على إنتاجية المحاصيل، على المنتجين أيضاً أن يعيروا اهتمامهم إلى الاعتبارات الاقتصادية المتعلقة بتكلفة كل من: النشاط البشري، والأرض، والآلات، والقيمة التسويقية لبضائعهم. أما هؤلاء المعنيون بالموارد الزراعية فإن لديهم اعتبارات أخرى إضافية، كما أن لديهم أيضاً نقصاً في المعلومات التي من شأنها أن تساعدهم في مواجهة مشاكلهم. ومن ثمَ، فإنه حتى بالنسبة لتلك المحاصيل التي لوحظ، في أماكن كثيرة، أن النيماتودا تعد من المحددات الهامة لإنتاجيتها، فإن هناك اندهاشاً بعض الشيء، من أن الاهتمام بإدارة هذه النيماتودا فيها لم يحظ إلا بالقليل من الوقت والجهد. ولو كانت المقاومة للنيماتودا أكثر توفراً مما هي عليه الآن، لأمكن رفع إنتاجية المحاصيل بقليل من الجهد، أو بقليل من التكاليف المباشرة التي يتحملها المنتج.

ويأتي السؤال: هل توريث صفة المقاومة أفضل من التوجهات الأخرى مثل: استخدام المبيدات النيماتودية، أو الدورة الزراعية، أو المكافحة الأحيائية في مكافحة النيماتودا؟ الإجابة: لا، ولكن في نفس الوقت، لا يوجد أيضاً من بين جميع هذه التوجهات ما يتفوق على صفة المقاومة في ذلك. فالمبيدات النيماتودية التقليدية مثل: مدخنات التربة (١،٣- ثنائي كلوروالبروبين، على سبيل المثال)، ومركبات الكربامات (ألديكارب، وأوكساميل)، ومركبات الفوسفور العضوية (الفيناميفوس مثلاً) تؤدي جميعها، عند تطبيقها بصورة صحيحة في التربة، إلى زيادة المحصول في ظل تجاوز أعداد النيماتودا بالتربة حد الضرر (انظر: Whitehead, 1998). وبالرغم من ذلك، فليس هناك أي تأثير طويل الأجل لهذه المبيدات في خفض الكثافة العددية للنيماتودا في التربة. وإضافة إلى ذلك، نجد أن الاستخدام المتكرر للمبيدات النيماتودية من شأنه أن يضيف تكاليفاً مرهقة، وخاصة في الزراعة التقليدية. كما أدت الاعتبارات الصحية والبيئية إلى وضع القيود على استخدام هذه المركبات السامة. ونتيجة لذلك، لم يعد هناك من بين ما هو مصرح به نظاماً من المبيدات النيماتودية ما يتميز بخاصية الفعالية القوية تجاه عدد كبير من التوليفات المختلفة من المحاصيل والأنواع النيماتودية Nematode-crop combinations. كما لم يتم إنتاج مبيدات نيماتودية جديدة تستخدم على نطاق واسع في العشرين سنة الماضية. وفي الوقت الحالي، يحتاج تطوير مبيد ما، وجلبه إلى الأسواق العالمية إلى نحو عشر سنوات وعشرات الملايين من الدولارات. أضف إلى ذلك أن حاجة السوق لأي مبيد نيماتودي محدودة جداً إذا ما قورنت بحاجته لمبيدات الأعشاب (الحشائش) أو المبيدات الحشرية. وتمثل مبيعات المبيدات النيماتودية ما يقل عن ١٪ من مبيعات مبيدات الآفات في الولايات المتحدة الأمريكية بوجه عام، بينما تمثل مبيدات الأعشاب والمبيدات الحشرية ٦٠٪ و ٢١٪ من مبيدات الآفات الزراعية، على الترتيب

obeikandl.com

(Ware, 1994). وليس من المنتظر أن يُنتج أي مبيد نيماتودي جديد من المركبات الكيميائية المتاحة حالياً في المستقبل القريب. ولهذا، فإن الدور المأمول أن تلعبه المبيدات النيماتودية في حماية المحاصيل الزراعية هو دور محدود للغاية. ومن الممكن أن تؤدي الدورة الزراعية أيضاً إلى الحد من الفقد المحصولي الذي ينتج عن الإصابة بالنيماتودا (Luc *et al.*, 1990 ؛ Whitehead, 1998)، وكذلك إلى خفض الكثافة العددية للنيماتودا بالتربة، ولو على المدى القصير. ويرتبط حجم هذه المنافع إيجابياً عموماً مع عدد المواسم التي تزرع فيها المحاصيل غير العائلة قبل أن يزرع العائل القابل للإصابة، ولكن نظم الدورات الزراعية نادراً ما يتم تبنيها ما لم تكن هناك منافع إضافية للمنتج بخلاف إدارة النيماتودا. وبغض النظر عما إذا كان المنتج يعمل في الإنتاج الزراعي المكثف أو الزراعة التقليدية، فإن هناك العديد من العوامل التي تتداخل في إقرار نظام الدورات الزراعية الذي يرضي احتياجاته. وعموماً، ثبات المحصول والمنفعة هما الاعتبار الأساسي لدى المنتج. ونادراً ما نجد أن إدارة النيماتودا هي العامل المحدد الرئيسي عند تبني نظام دورات زراعية معينة. ولأن هناك عددا كبيراً من الأنواع النيماتودية التي تعد أساساً من الكائنات متعددة العوائل التي تمتلك مدىً واسعاً من العوائل النباتية، إضافة إلى أن الحقول أيضاً غالباً ما تكون ملوثة بعدة عشائر أو أنواع من النيماتودا، فإن تطوير نظام دورة زراعية يلبي احتياجات المنتج ويخفض الكثافة العددية لهذه الأنواع النيماتودية بالتربة لهو تحد هائل. ومع ذلك، فهناك العديد من الأمثلة الناجحة لدورات زراعية فعالة ساهمت في إدارة ناجحة للنيماتودا المتطفلة على النباتات.

قد تمثل المكافحة الأحيائية بعض الوعد للمستقبل (انظر Evans *et al.*, 1993)، ولكن طبقاً لما هو متوفر من معلومات حالية، فإنه من الصعب أن نشجع أو نوطن كائنات حية دقيقة نباتية أو حيوانية في التربة يمكنها أن تخفض الكثافة العددية للنيماتودا بفاعلية، وخاصة إذا كان مطلوباً إنجاز ذلك في فترة زمنية قصيرة نسبياً خلال موسم زراعي واحد. ويبدو أن معظم طرق المكافحة الأحيائية الفعالة التي يمكن الوثوق بها محدودة، إلا في حالات خاصة من الممكن أن تظهر في المستقبل القريب (على سبيل المثال: النظم المحصولية المتحكم فيها تماماً بحيث يمكن التحكم في النظام البيئي بما يلائم النشاط الأحيائي).

أما المقاومة النباتية فهي أداة فعالة لتحسين إنتاجية المحاصيل (الجدول رقم ١.١) في ظل وجود كثافة عددية من النيماتودا تتعدى حد الضرر. ولأن مقاومة النبات للنيماتودا تتطور في العادة بواسطة الانتخاب للنباتات التي لها القدرة على خفض معدل تكاثر النيماتودا، فإن الكثافة العددية للنيماتودا بالتربة تكون دائماً منخفضة بعد زراعة الصنف المقاوم مقارنة بكثافتها بعد زراعة الصنف القابل للإصابة. ولكن تلك الحالة لاتتم دائماً أبداً هكذا على طول الخط، بل قد يحدث العكس في حالة ما إذا كان الصنف المزروع مقاوماً جزئياً وليس كلياً للنيماتودا.

obeikandi.com

الجدول رقم (١,١). أمثلة مختارة عن تأثير المقاومة للنيماتودا المتطفلة على النباتات على إنتاجية المحاصيل في حقول ملوثة وأخرى غير ملوثة بالنيماتودا.

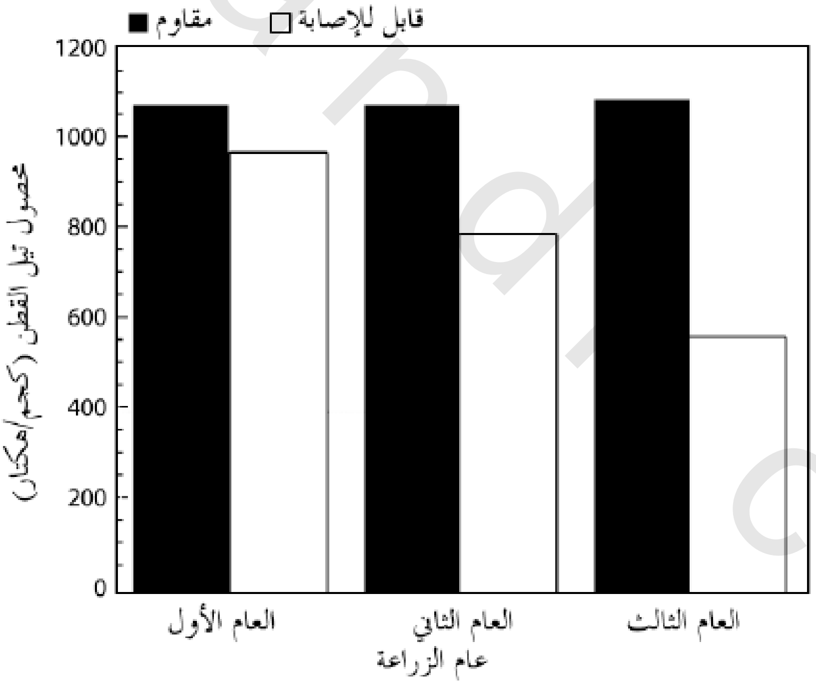
المحصول	نوع النيماتودا	الصنف	المحصول	
			حقل ملوث	حقل غير ملوث
فول صويا[أ]	*Heterodera glycines*	قابل للإصابة	٢١٤١ كجم/هـ	٣١٧٠ كجم/هـ
		مقاوم	٢٩٠٨ كجم/هـ	٣١٧٧ كجم/هـ
فول صويا[أ]	*Heterodera glycines*	قابل للإصابة	٢٣٨٣ كجم/هـ	٣٨١٠ كجم/هـ
		مقاوم	٣١٧٧ كجم/هـ	٣٥٤١ كجم/هـ
فول سوداني [ب]	*Meloidogyne arenaria*	قابل للإصابة	٩١٤ كجم/هـ	٤٦٧٨ كجم/هـ
		مقاوم	٣٧٧١ كجم/هـ	٥١٥٥ كجم/هـ
تبغ[ج]	*M. incognita*	قابل للإصابة	٣٠١ جم/قطعة	٥٠٤ جم/قطعة
		مقاوم	٤٠٧ جم/قطعة	٤٧٧ جم/قطعة
قطن [د]	*M. incognita*	قابل للإصابة	٥٣٠ كجم/هـ	- -
		مقاوم	١١٠٠ كجم/هـ	- -

أ: G.L. Tylka, Iowa State Univ., USA, Personal Comm.
ب: Starr *et al.* (1998)
ج: Barker *et al.* (1981)
د: Ogallo *et al.*, 1999
كجم/هـ = كجم/هكتار

وقد أثبت نيبلاك وآخرون Niblack *et al.* (1986) أنه عندما تكون الكثافة الابتدائية لنيماتودا تعقد الجـذور *Meloidogyne incognita* في التربة متوسطة أو مرتفعة، فإن الكثافة العددية لهذه لنيماتـودا تصل إلى مسـتوياتها القصوى بعد حوالي ٩٠ يوماً من زراعة صـنف فول صـويا قابل للإصـابة (ربما قد يعـود ذلك إلى الضـرر الكبير الذي يحدث للنباتات المصابة العائلة لهذه النيماتودا). أما في حالة الأصناف المقاومة جزئياً التي يكون تضررها بسبب الإصابة بالنيماتودا أقل نسبياً، فقد ظلت الكثافة العددية للنيماتودا في التزايد المستمر حتى ١٢٠ يوماً بعد الزراعة.

obeikandi.com

ولا تعد مقاومة النبات للنيماتودا مجرد وسيلة مكملة فقط لأسلوب الدورة الزراعية في إدارة النيماتودا، ولكنها أيضاً تحسن وتزيد من إمكانية تطوير نظم دورة زراعية فعالة في إدارة النيماتودا. أثبت أيضاً أوجالو وآخرون Ogallo *et al.* (1999) أن مقاومة نباتات القطن لنيماتودا تعقد الجذور تزيد من محصول الشعر (التيلة)، وتزيد كذلك من ثبات المحصول في الحقول الملوثة بتلك النيماتودا قياساً إلى الصنف القابل للإصابة (الشكل رقم ١،١). كما أثبتوا أيضاً أن محصول فاصوليا الليما التي زرعت في حقل ملوث كان كبيراً في الموسم التالي لموسمين تمت فيهما زراعة صنف قطن مقاوم، وذلك بالمقارنة بالمحصول الذي زرع بعد موسمين تمت فيهما زراعة صنف قطن قابل للإصابة. وقد عزيت الزيادة في المحصول إلى انخفاض الكثافة العدية لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* في التربة نتيجة لزراعة صنف القطن المقاوم. وبالقطع، تكون التكلفة المباشرة التي تقع على عاتق المزارع نتيجة لاستخدام الأصناف المقاومة أقل ما يمكن. ولذلك، فإن الأصناف المقاومة تناسب جميع أنظمة الإنتاج الزراعي. وأخيراً، تعد المقاومة هدفا بيئياً منشودا في إدارة النيماتودا، وخاصة إذا قورنت باستخدام المبيدات النيماتودية الشائعة الاستخدام.



الشكل رقم (١،١). محصول تيل القطن لثلاث سنوات متتالية في صنف مقاوم لنيماتودا تعقد الجذور قياساً إلى محصول قابل للإصابة في حقل ملوث بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* (عن: Ogallo *et al.*, 1999).

وبالرغم من أن صفة المقاومة للنيماتودا المتطفلة على النباتات تُعرف وتُحدد عادة بناءً على قدرة النبات المقاوم في خفض تكاثر النيماتودا، إلا أن مفهومنا نحن للمقاومة عادة ما يكون مبنياً على المحصول وإنتاجيته في حد ذاته. أما المنافع التي تعود على المحاصيل القابلة للإصابة التي تزرع بعد المحاصيل المقاومة نتيجة لانخفاض الكثافة العددية للنيماتودا، فيجب اعتبارها منافع إضافية أو تكميلية Supplemented. وسوف يكون من الصعب إقناع مربيي النباتات بإدخال صفة المقاومة في أصنافهم إذا كانت المنافع الأساسية من ذلك سوف تكون لمحصول أو صنف آخر نتيجة الاستفادة من انخفاض الكثافة العددية للنيماتودا. ومن المشكوك فيه أن يقوم المزارعون بزراعة صنف مقاوم معين لايحقق لهم منافع محصولية ملموسة. ولذلك، فإنه عند العمل على إنتاج صنف مقاوم، يجب أن تُعطى الأولوية القصوى لإنتاجية هذا الصنف.

من الخطأ أن يعتقد البعض أن المقاومة هي البلسم الشافي الذي سوف يخلصهم من جميع مشاكل النيماتودا. فلا تتوفر صفة المقاومة مثلا لبعض الأنواع النيماتودية الهامة (وخاصة الأنواع خارجية التطفل المتجولة مثل: أنواع النيماتودا اللاسعة *Belonolaims*، وأنواع النيماتودا التاجية *Hoplolaimus*) في بعض المحاصيل، أو أنها قد تكون موجودة فقط في بعض الأنواع البرية من النباتات، أو في بعض النباتات غير المحسنة. ومثل هذه النباتات تتطلب مجهودا كبيراً لكي تصبح أصنافاً عالية الإنتاجية وذات مستويات مرغوبة من المقاومة في نفس الوقت. وكما في نظم الدورة الزراعية والمكافحة الأحيائية، نجد أن المقاومة هي صفة عالية التخصص، ويتوقع أن تكون فعالة فقط تجاه نوع معين من النيماتودا أو حتى تجاه سلالة أو طراز إمراضيٌ ما داخل النوع. وقد يستغرق إدخال جينات مقاومة جديدة في التركيب الوراثي لمحصول مرغوب، سواء باستخدام طرق التربية التقليدية أو حتى طرق الهندسة الوراثية سنوات من الجهد. يضاف إلى ذلك، أنه بعد الانتهاء من تطوير الصنف المقاوم، قد لاتظل صفة المقاومة ثابتة Durable إذا كان النوع النيماتودي المستهدف يتمتع بدرجة عالية من التغير الوراثي (Young and Hartwig, 1992؛ Roberts, 1995؛ Kaloshian *et al*., 1996). وعموماً يمكن المحافظة على صفة المقاومة عن طريق البناء الجيني (Pyramiding) لجينات المقاومة المتعددة، وذلك لكي نقلل فرص الضغط الانتخابي، وكذلك أيضاً عن طريق تطوير برامج نشر المقاومة المتخصصة التي تقلل فرص حدوث الضغط الانتخابي نحو ظهور عشائر نيماتودية ذات قدرة إمراضية عالية (شرسة).

هناك عدد محدود من الأصناف النباتية المقاومة قياساً إلى العدد الكبير المعروف من التراكيب الوراثية المقاومة بشكل عام، حيث يحتوي تبويب واحد للمقاومة (Armstrong and Jensen, 1978) على ١٣٧١ مرجعاً حول صفة المقاومة في ١١٩ نوعاً أو جنساً محصولياً. وفي الفترة من عام ١٩٩٥م وحتى عام ٢٠٠٠م، احتوت ملخصات البحوث النيماتودية Nematological Abstracts على ٣٠٠ ملخص سنوياً من الملخصات التي تهتم ببعض خصائص

obeikandi.com

المقاومة. وقد ذكر يانج Young (1998) أن الجمعية الأمريكية لعلوم المحاصيل CSSA قد سجلت صفة المقاومة للنيماتودا في ١٤٣ صنفاً أو سلالة نباتية تقع ضمن ١٥ محصولاً. وإضافة إلى ذلك، تمت مناقشة ظهور أو إمكانية تطوير أصناف مقاومة للنيماتودا من مصادر وراثية مقاومة معروفة لجميع المحاصيل النباتية تقريباً بواسطة كل من: لوك وآخرون .Luc *et al* (1990)، و إيفانز وآخرون .Evans *et al* (1993). وقد بلغت نسبة التقارير التي تتعلق بالأصناف المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* أو نيماتودا الحوصلات *Globodera* أو *Heterodera* حوالي ٩٠٪ من جملة التقارير التي تناولت صفة المقاومة للنيماتودا ككل. وهذا التركيز في الجهود على هذه الأجناس الثلاثة يعكس بالطبع أهميتها كآفات زراعية، كما يعكس أيضاً الوفرة النسبية لمصادر المقاومة في النباتات تجاه أنواع النيماتودا التي تقع ضمن هذه الأجناس الثلاثة. وهنا يتركز هدفنا في تشجيع واستحثاث المزيد من الجهود لتعريف واستخدام هذه المصادر المتعددة للمقاومة.

تاريخ المقاومة للنيماتودا
History of Resistance to Nematodes

كان تقرير ويبر وأورتون Webber and Orton (1902) من بين التقارير الأولى في العالم التي وصفت المقاومة في صنف اللوبيا "Iron" تجاه نيماتودا تعقد الجذور بناءً على انخفاض أعداد العقد الجذرية على جذور النباتات النامية في قطع تجريبية حقلية. وقد شمل تقريرهما الاستعانة ببعض التقارير مثل تقرير زيمرمان Zimmerman (1897) الذي لاحظ صفة المقاومة في البن تجاه نيماتودا تعقد الجذور، وكذلك تقرير ويلفارث Wilfarth (1900) حول الانتخاب لصفة المقاومة تجاه النيماتودا في بنجر السكر. وقد أورد وير Ware (1936) أن أورتون Orton قد قام في عام ١٩٠٥م بعمل انتخابات للنباتات التي أظهرت صفة المقاومة الجيدة تجاه مرض الذبول الفيوزاريومي من سلالة القطن "Jackson Limbless"، وقد لاحظ أن هذه النباتات أيضا تمتلك صفة المقاومة -إلى حد ما- تجاه نيماتودا تعقد الجذور، ولكن ليس بالدرجة التي تمكنه من أن يوصي بها. وفي عام ١٩٦٠م أشار مور Moor (1960) إلى أن أول دراسة عن توراث صفة المقاومة في النباتات تجاه النيماتودا قد تمت في عام ١٩٢٠م بواسطة نيلسون-إيل Nilson-Ehle (1920)، ثم عرّف صفة المقاومة في نباتات الشعير تجاه نيماتودا حوصلات بنجر السكر *Heterodera schachtii* (*sic*) على أنها صفة يتحكم فيها جين واحد سائد. ولكن النقص في المعلومات أو التقدير اللازم لأهمية التعريف الدقيق للعشائر النيماتودية قد أعاق تلك المجهودات المبكرة التي بذلت لتعريف وتعيين صفة المقاومة في الأنواع النباتية.

يُعد بارونز Barrons (1939) من أوائل العلماء الذين درسوا ميكانيكية المقاومة في نباتات اللوبيا تجاه نيماتودا تعقد الجذور. وقد ميّز هذا العالم بين صفة المقاومة Resistance وصفة التحمل Tolerance، وقد لاحظ أن صفة المقاومة لم تكن تُعزى إلى تثبيط قدرة النيماتودا في اختراق جذور النباتات المقاومة، بل قد تعود إلى وجود مثبطات كيميائية في الجذور تقوم بمعادلة أو إبطال مفعول الإفرازات اللعابية التي تفرزها النيماتودا لاستحثاث تكوين الخلايا العملاقة اللازمة لتغذية وتطور النيماتودا.

يُعد نقل الجين *Mi* المقاوم لكل من أنواع نيماتودا تعقد الجذور: *M. incognita*، و *M. arenaria*، و*M. javanica* من نباتات الطماطم البرية *Lycopersicon peruvianum* إلى نباتات الطماطم *L. esculentum* (Smith, 1944) من أهم الإنجازات التي تمت في مجال دراسات المقاومة في النباتات تجاه النيماتودا. ومع ذلك، مرت عدة عقود قبل أن يتم إنتاج أصناف من الطماطم مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور وانتشار زراعتها في بلدان العالم بشكل تجاري. وقد أصبحت المقاومة المحكومة بالجين *Mi* بعد ذلك نموذجاً بحثياً قيماً، وأضافت الكثير إلى مفاهيم مصطلح المقاومة (Williamson, 1998). وبنجاح عملية استنساخ Cloning الحامض النووي DNA وتحديد تتابع القواعد النيوكليوتيدية للجين *Mi* (Milligan *et al.*, 1998)، وكذلك معرفة الجين $Hs1^{pro\text{-}1}$ المقاوم لنيماتودا حوصلات بنجر السكر *Heterodera schachtii* (Cali *et al.*, 1997)، فإن التقدم في مفهوم المقاومة سوف يزداد سريعاً، على الأقل فيما يتعلق بهذين النموذجين من المقاومة اللذين يتحكم فيهما هذان الجينان.

وُصفت مقاومة التبغ لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* لأول مرة في بدايات القرن العشرين (Clayton *et al.*, 1958)، ولكن أصناف التبغ المقاومة تلك لم تنتشر زراعتها إلا بعد حلول العقد السابع من ذلك القرن. أما المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* فقد ظهرت في العام ١٩٥٤م بواسطة الباحث إللنبي Ellenby، كما ظهرت المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines* في العام ١٩٥٧م بواسطة الباحثين روس Ross، وبريم Brim. وفي هذين النوعين من المقاومة تجاه هذين النوعين من نيماتودا الحوصلات، تطور إنتاج الأصناف المقاومة سريعاً وانتشرت زراعتها في السبعينيات من القرن الماضي.

أمثلة على الاستخدامات الحالية للمقاومة

Examples of Current Use of Resistance

تُستخدم المقاومة بشكل فعال وعلى نطاق واسع في بعض المحاصيل التي تزرع في أيامنا الحالية. ففي ولاية كارولينا الشمالية بأمريكا، يزرع ما نسبته ٩٧٪ من إجمالي ٨٤٠٠٠ هكتار تزرع بالتبغ بأصناف مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* (اتصالات شخصية مع الباحث ميلتون T. Melton من جامعة ولاية كارولينا الشمالية). وبالرغم من هذه النسبة العالية، فإن ٧٠٪ من هذه الأصناف تُعامل أيضاً بالمبيدات النيماتودية. وهذا يعكس في

الحقيقة أنه بعد مرور ٢٥ عاماً من استخدام الأصناف المقاومة والبرامج الفعالة في تعليم هؤلاء المزراعين، إلا أنهم لم ولن يتمكنوا من وضع ثقتهم الكاملة في الأصناف المقاومة. وهناك بالطبع عوامل تساهم في فقدان الثقة بصفة المقاومة لعل من بينها: وجود أنواع أخرى من نيماتودا تعقد الجذور في حقول التبغ مثل النوعين؛ *M. arenaria*، و*M. javanica*، بينما الأصناف المزروعة هي أصناف مقاومة فقط للنوع *M. incognita*. وبالإضافة إلى الجهود الإعلانية لمنتجي المبيدات النيماتودية، ونظراً لارتفاع القيمة الاقتصادية لمحصول التبغ، فإن المزارعين على استعداد تام لتحمل التكاليف الإضافية الناتجة عن استخدام المبيدات النيماتودية لحماية أنفسهم من خسائر قد تكون محتملة من وجهة نظرهم. وبالرغم من أن انتشار استخدام هذه الأصناف المقاومة قد أدى إلى تزايد تكرار عشائر النوع *M. arenaria* في حقول التبغ بولايتي كارولينا الشمالية وكارولينا الجنوبية (Fortnum *et al*., 1984؛ Schmitt and Barker, 1988)، إلا أن عشائر النوع *M. incognita* ظلت هي الأكثر تكراراً ووجوداً على التبغ. ولذلك تظل المقاومة هي الوسيلة الفعالة في المكافحة في أغلب تلك الحقول.

ولارتباط الجين *Mi* المقاوم لكل من الأنواع: *M. incognita*، و*M. javanica*، و*M. arenaria* ببعض الصفات النباتية غير المرغوبة؛ لم يمكن استخدامه في الإنتاج التجاري الواسع للطماطم في الولايات المتحدة الأمريكية حتى الثمانينيات من القرن الماضي. أما الآن فإن الغالبية العظمى من أصناف الطماطم التي تنتج تجارياً في ولاية كاليفورنيا تحمل الجين *Mi* المقاوم (اتصالات شخصية مع الباحث ويليامسون Williamson من جامعة كاليفورنيا، ديفيز، أمريكا). وبرغم هذا النجاح الظاهر الذي حققته تلك الأصناف التي تحمل الجين *Mi* في كاليفورنيا، فإنها لم تحقق الانتشار الواسع في ولاية فلوريدا إلا حديثاً. وقد أدى الاستخدام الحالي لتلك الأصناف إلى زيادة شعبية الصنف "Sanibell" الذي يحمل الجين *Mi* بسبب تفوق صفاته النباتية في المقام الأول، وليس بسبب مقاومته لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. وفي الحقيقة، اكتسبت عشائر نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* في فلوريدا صفة الشراسة تجاه الجين *Mi* بعد أقل من خمسة مواسم يزرع فيها الصنف "Sanibell" (Noling, 2000).

تمثل صفة المقاومة في كل من: فول الصويا تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines*، والبطاطس تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera pallida*، و*G. rostochiensis* حالات معينة تكون فيها فاعلية المقاومة محكومة بالقدرة الإمراضية للنيماتودا. ويبقى الدور الذي تلعبه السلالة بالنسبة للنوع *Heterodera glycines* غير محسوم، وذلك في ظل وجود ١٦ سلالة تم تعريفها من هذا النوع حتى الآن (Riggs and Schmitt, 1988). وهناك عدد لا بأس به من أصناف فول الصويا عالية الإنتاجية التي تمتلك صفة المقاومة للسلالتين رقمي ١، و٣ من نيماتودا حوصلات فول الصويا *H. glycines*، بينما الأصناف التي تمتلك صفة المقاومة تجاه السلالتين رقمي ٦، و١٤ محدودة العدد. ويمتلك الصنف "Hartwig" القاعدة الأوسع من المقاومة، حيث يقاوم السلالات رقم؛

obeikandi.com

١– ٦، و٨، و١٤، ولكن إنتاجيته فقيرة نسبياً. ولحسن الحظ أنه من بين الستة عشر سلالة التي تم تعريفها من نيماتودا حوصلات فول الصويا *H. glycines*، هناك ثمان سلالات قليلة الوجود. وبينما نجد أن السلالتين رقما ١، و٣ تسودان في الجزء الشمالي من الولايات المتحدة الأمريكية، نجد أن السلالات رقم؛ ٢، و٣، و٤، و٥، و٦، و٩، و١٤ هي السلالات السائدة في الجزء الجنوبي. وفي ولاية كارولينا الشمالية بلغت نسبة الحقول المزروعة بأصناف فول صويا مقاومة لنيماتودا حوصلات فول الصويا في العام ١٩٩٨م حوالى ٤٨٪ مما مجموعه ٥٧٣٠٠٠ هكتار (اتصالات شخصية مع الباحث دونفي J. Dunphy من جامعة كارولينا الشمالية). ولكن ٦٠٪ من الأراضي الملوثة بالنيماتودا في هذه الحقول كانت ملوثة بسلالات نيماتودية قادرة على إصابة تلك الأصناف المقاومة. وقد يزيد تطوير واستخدام طرق الانتخاب المبنية على الدلائل الجزيئية (انظر الفصل الثاني عشر) من فاعلية التعامل مع جينات المقاومة المتعددة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا *H. glycines*. وبالمثل، تم وصف العديد من الطرز الإمراضية Pathotypes داخل نوعي نيماتودا حوصلات البطاطس *G. pallida*، و*G. rostochiensis*، ولكن ذلك قد يظل إلى حد ما موضوعاً خلافياً بسبب عدم توفر المعلومات الوراثية الكاملة لصفة المقاومة في العائل، وصفة القدرة الإمراضية للنيماتودا (Trudgill, 1985). ومع ذلك، فقد استخدمت صفة المقاومة تجاه نيماتودا النوع *G. rostochiensis* بشكل واسع. ففي هولندا في وقتنا الحالي، هناك حوالي ٥٥٪ من بطاطس الطعام، و٩٩٪ من البطاطس النشوية تمتلك صفة المقاومة تجاه واحد أو أكثر من الطرز الإمراضية لتلك النيماتودا (اتصالات شخصية مع الباحث جومرز F. Gommers، جامعة واجنجين Wageningen الزراعية، هولندا). أما في المملكة المتحدة (بريطانيا)، فهناك حوالي ٤٥٪ من أصناف البطاطس تحمل جين المقاومة *Ro1* الفعال تجاه أغلب عشائر نيماتودا النوع *G. rostochiensis* في تلك البلاد (اتصالات شخصية مع الباحث إيفانز K. Evans، محطة أبحاث روثامستد (IARC)، بريطانيا). ولكن، هناك تزايد مطرد لعشائر النوع *G. pallida* في بريطانيا، وتبلغ نسبة أصناف البطاطس التي تمتلك صفة المقاومة تجاه السلالات الموجودة من هذا النوع هناك ١,٥٪ فقط. وقد كانت صفة المقاومة تجاه النوع *G. rostochiensis* قادرة على مقاومة نيماتودا حوصلات البطاطس في بريطانيا حتى ظهور النوع *G. pallida* في أواخر السبعينيات من القرن الماضي. وفي الثمانينيات من القرن الماضي أيضاً، تم نقل الجينين: *Pa2*، و*Pa3* المقاومين لنيماتودا النوع *G. pallida* من نبات *Solanum vernei* إلى أصناف البطاطس. وبالرغم من الصعوبات التي تواجهنا في المحافظة على استمرار وبقاء صفة المقاومة تجاه هذه الكائنات الممرضة الدائمة التغير والتحور كنيماتودا الحوصلات، إلا أنه لايمكن إنكار الفوائد التي نجنيها من صفة المقاومة أيضاً إلى جانب ذلك، مثل قدرتها على خفض الخسائر في المحصول. ولحسن الحظ أن المدى العوائلي الضيق لكل من: نيماتودا حوصلات البطاطس، ونيماتودا حوصلات فول الصويا قد جعل من استخدام الدورة الزراعية أسلوباً فعالاً ومكملاً لصفة المقاومة في مكافحة تلك الأنواع.

وفي أوائل ومنتصف التسعينيات من القرن الماضي، أمكن إنتاج ثلاثة أصناف تجارية من القطن تتمتع بمقاومة متوسطة إلى جيدة تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* وهي الأصناف: "Acala NemX"، و"Stoneville LA887"، و"Paymaster 1960". وبرغم قدرة هذه الأصناف على خفض أعداد النيماتودا في التربة الملوثة بها، وارتفاع إنتاجيتها المحصولية (Zhou, 1999 ؛ Ogallo *et al.*, 1999 ؛ Ogallo *et al.*, 1997) فإنها لم تشغل سوى ١٪ فقط من إجمالي أصناف القطن المزروعة في الولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٩٩م (Anon, 1999). ولازال محصول القطن يمثل حالة من الحاجة والقابلية لإدخال المزيد من الأصناف المقاومة ونشر استخدامها.

وفي الوقت الحالي، أمكن نقل صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. arenaria* من الأنواع البرية لنبات *Arachis* إلى أصناف الفول السوداني المزروعة *A. hypogaea*، ونتج عن ذلك أول أصناف الفول السوداني المقاومة لهذه النيماتودا وهو الصنف "COAN" في عام ١٩٩٩م (Simpson and Starr, 2001). كما بدأت أيضاً برامج تعليم المزارعين في التطور لكي تبرهن للمزارعين على أهمية صفة المقاومة. وهناك جهود أخرى لازالت تبذل لتعريف جينات مقاومة أخرى تجاه النيماتودا في نباتات الجنس *Arachis* spp.، ونقل هذه الجينات إلى أصناف نباتية أخرى تمتلك صفة المقاومة تجاه فيروس الذبول المتبقع في الطماطم وكذلك مرض لفحة الإسكليروتينيا. وسوف يساعد إدخال مثل هذه الجينات في زيادة تحمل الأصناف النباتية وزيادة إنتاجيتها.

مقاومة النيماتودا في الزراعات المدارية
Resistance to Nematodes in Tropical Agriculture

بالرغم من أنه، من الناحية النظرية، تختلف طرق إدارة النيماتودا (بما فيها طريقة استخدام الأصناف المقاومة) في دول المناطق المدارية والدول النامية عنها في دول المناطق المعتدلة والدول المتقدمة، إلا أنه من الناحية العملية نجد أن هناك بالفعل دائما فروقاً هامة. ومن أهم أوجه هذه الاختلافات التي تؤثر في مكافحة النيماتودا في دول المناطق المعتدلة: نوع المحصول، ونظام الزراعة، والمدى الواسع الموجود من الأنواع النيماتودية في التربة. وتعد الأصناف التجارية والزراعية من الخصائص العامة للزراعة في المناطق المدارية، ولكن النسبة الأكبر من الأراضي الزراعية في هذه المناطق هي لصغار المزارعين (Luc *et al.*, 1990). وتتميز النظم الزراعية في المناطق المدارية، خاصة في مزارع صغار المزارعين، بأنها أكثر تعقيداً مقارنة بالنظم الزراعية في المناطق المعتدلة حيث نجد أن هناك تنوعاً كبيراً في العمليات الزراعية في الزراعات المدارية (Bridge, 1987). ولذلك يجب أن تُولى هذه النظم المعقدة اعتبارات أساسية عند الرغبة في إدخال نظم إدارة معينة للنيماتودا في تلك المناطق المدارية، بما في ذلك الأصناف المقاومة.

هناك تنوع كبير في أجناس وأنواع النيماتودا (وربما الطرز الإمراضية للنيماتودا أيضاً) في المناطق المدارية، مقارنة بالمناطق المعتدلة. كما أن دورة حياة النيماتودا في هذه المناطق الحارة تكون أيضاً أقصر، ومن ثمَ يكون عدد

obeikandl.com

الأجيال أكبر في الموسم الواحد مما يضع المحصول تحت ضغط أكبر من الآفة. ومن الخصائص الهامة أيضاً للزراعات المدارية وجود عدد من الأنواع المختلفة للجنس الواحد، أو حتى عدة أجناس من النيماتودا جنباً إلى جنب في الحقل الواحد، وقد تكون هذه الأنواع آفات هامة بالنسبة للمحصول المزروع، الأمر الذي يؤكد على أهمية استنباط وإدخال أصناف مقاومة لهذه الآفات.

تنتمي الأنواع النيماتودية ذات الأهمية الاقتصادية في المناطق المدارية إلى عدد كبير من الأجناس التي لا يوجد أغلبها في زراعات المناطق المعتدلة (الجدول رقم ١،٢). وبعض هذه الأنواع ذو توزيع جغرافي محدود، ومدى عوائلي ضيق، والبعض الآخر منها ذو توزيع جغرافي غير محدود، وله مدى عوائلي واسع.

الجدول رقم (١،٢). أمثلة مختارة من المحاصيل في المناطق المدارية وأهم آفاتها النيماتودية.

المحصول	الآفة النيماتودية
الطماطم *Lycopersicom esculentum*	نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.
الباذنجان *Solanum melongena*	
البامية *Hibiscus sabdariffa*	
الخيار *Cucumis sativus*	
اللوبيا *Vigna unguiculata*	
اللوبيا *Vigna*، والفاصوليا *Phaseolus psophocarpus*	نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.
الفول السوداني *Arachis hypogaea*	نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides arachidis*، والنيماتودا *Aphasmatylenchus straturatus*، والنيماتودا اللاسعة *Belonolaimus longicaudatus*.
بازلاء الحمام *Cajanus cajan*	نيماتودا حوصلات بازلاء الحمام *Heterodera cajani*، و نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.
البطاطا الحلوة *Ipomea batatas*	نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.، والنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus reniformis*.
الكاسافا *Manihot esculenta*	نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.
اليام *Dioscorea* spp.	نيماتودا درنات اليام *Scutellonema bradys*، ونيماتودا التقرح *Pratylenchus coffeae*، ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.
القلقاس *Colocasia esculenta*	نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.، والنيماتودا *Hirschmanniella miticausa*، ونيماتودا التقرح *Pratylenchus coffeae*.
الزنجبيل *Zingiber officinale*	
الكركم *Curcuma domestica*	نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.، والنيماتودا الحفارة *Radopholus similis*، ونيماتودا التقرح *Pratylenchus coffeae*.
الأرز *Oryza sativa*	نيماتودا القمة البيضاء في الأرز *Aphelenchoides besseyi*، ونيماتودا سيقان الأرز *Ditylenchus angustus*، ونيماتودا جذور الأرز *Hirschmaniella* spp.، ونيماتودا حوصلات قصب السكر *Heterodera sacchari*، ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne graminicola*، والنيماتودا الإبرية *Paralongidorus*، ونيماتودا التقرح *Pratylenchus zeae*.
الذرة *Zea mays*	نيماتودا تقرح جذور الذرة *Pratylenchus zeae*، نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.

obeikandl.com

تابع الجدول رقم (١،٢).

المحصول	الآفة النيماتودية
البن *Coffea* spp.	نيماتودا تعقد الجذور؛ *Meloidogyne africana*، و *M. coffeicola*، و*M. decalineata*، و*M. exigeua*، و *M. incognita*، ونيماتودا تقرح جذور البن *Pratylenchus coffeae*.
الشاي *Camellia sinensis*	نيماتودا تعقد الجذور *M. brevicauda*، و نيماتودا التقرح *P. loosi*، والنيماتودا الحفارة *Radopholus similis*.
الموز الحلو وموز الطعام *Musa* spp.	النيماتودا الحلزونية *Helicotylenchus multicinctus*، ونيماتود تقرح جذور البن *Pratylenchus coffea*، ونيماتودا التقرح *P. goodeyi*، والنيماتودا الحفارة *R. similis*.
جوز الهند *Cocos nucifera*	نيماتودا نخيل جوز الهند *Rhadinaphelenchus cocophilus*، والنيماتودا الحفارة *R. similis*.
الفلفل الأسود *Piper nigrum*	نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.، والنيماتودا الحفارة *R. similis*.
القطن *Gossypium* spp.	نيماتودا تعقد الجذور *M. acronea*، و*M. incognita*، والنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus reniformis*.
التبغ *Nicotiana tabacum*	نيماتودا تعقد الجذور *Meloidgyne* spp.
قصب السكر *Saccharum* spp.	نيماتودا حوصلات قصب السكر *Heterodera sacchari*، ونيماتودا التقرح *P. brachyurus*، ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidgyne* spp.
الأناناس *Ananas comosus*	نيماتودا تعقد الجذور *M. javanica*، ونيماتودا التقرح *P. brachyurus*، والنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus reniformis*.
الباباي *Carica papaya*	نيماتودا تعقد الجذور *Meloidgyne* spp.، والنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus reniformis*.
البيريثرم (الكريزانثمم) *Chrysanthemum cinerariaefolium*	نيماتودا تعقد الجذور *M. hapla*.

ومن الممكن أن تكون الأصناف المقاومة إحدى أهم وسائل إدارة النيماتودا وأكثرها نفعاً وفاعلية، وأقلها تكلفةً في دول المناطق المدارية والدول النامية، سواء على المستوى التجاري أو حتى على مستوى صغار المزارعين. وقد يكون استخدامها هو الحل الأمثل لإدارة الآفات النيماتودية، وخاصة في النظم المزرعية محدودة الدخل. وعموماً، ليست الأصناف المقاومة متاحة في جميع المحاصيل تجاه جميع الأنواع من النيماتودا. ويمكن أن يُعزى غياب برامج التربية لصفة المقاومة في المحاصيل تجاه النيماتودا إلى عدة أسباب، لعل منها: أن هذه البرامج لا تُولىَ الأولوية من المهتمين وذلك بالنسبة لمحاصيل معينة (Cook and Evans, 1987)، كما أن محاصيل الغذاء التي تزرع في المناطق المدارية- وهي عادة ما تكون منخفضة القيمة التجارية- لاتُعطى الأولوية أيضاً في برامج التربية لصفات المقاومة.

ولسوء الحظ، يعد العدد المتوفر من الأصناف المقاومة في الدول النامية محدوداً نسبياً ويستخدمه أغلب المزارعين في تلك الدول. أما أغلب الأصناف المقاومة المعروفة فقد تمت تربيتها للمناطق المعتدلة أو المحاصيل التجارية بالإضافة إلى عدد قليل نسبياً من الأصناف المقاومة من محاصيل الغذاء أو غيرها من المحاصيل المدارية في الدول

النامية. ويعد ذلك على وجه الخصوص محبطاً، حيث تكون صفة المقاومة أكثر فائدة للمحاصيل منخفضة القيمة الاقتصادية التي لا يمكنها أن تدعم تكاليف المقاومة الباهظة (Fassuliotis, 1979). وحتى في حالة توفر الأصناف المقاومة للمزارعين في المناطق المدارية، هناك العديد من العوامل الأخرى التي يجب أخذها في الاعتبار قبل استخدام هذه الأصناف. وهناك بالفعل تباين كبير بين ما يمكن إنجازه في المزارع التجارية الكبيرة، وذلك الذي يمكن إنجازه في المزارع الصغيرة، وذلك لعدة أسباب، منها: ١) قد تكون الأصناف المقاومة الجديدة قابلة للإصابة بآفات أو أمراض موجودة أصلاً في البيئة الجديدة ولكنها لم تكن ذات تأثيرات ضارة واضحة قبل ذلك، ٢) قد يكون للأصناف الجديدة متطلبات مكلفة وغير مقبولة، ٣) قد تكون نوعية الأصناف المقاومة الجديدة ضعيفة من حيث خواصها الغذائية ومتطلبات تجهيزها كمادة غذائية، ٤) قد تكون فترات نمو وحصاد هذه الأصناف غير متوافقة مع البيئة الجديدة، ٥) قد تكون ظروف ظهورها وتسويقها غير مقبولة مقارنة بالأصناف المحلية. وخلافاً لذلك، قد يكون عدم تبني هذه الأصناف راجعاً ببساطة إلى جهل المزارعين والمرشدين الزراعيين بها أو بقيمتها كأصناف مقاومة للنيماتودا في حد ذاتها (Bridge, 1996). وعموماً، لا يوجد من بين هذه المصاعب ما هو مستحيل أو لا يمكن التغلب عليه، وتبقى الأصناف المقاومة مكوناً هاماً جداً من مكونات الحلول لأغلب المشاكل النيماتودية في الزراعة المدارية، وخاصةً فيما يتعلق بالمحاصيل ذات القيمة الاقتصادية المنخفضة، والزراعات الصغيرة، وذلك عندما تستخدم هذه الأصناف جنباً إلى جنب مع العمليات الزراعية والأصناف التقليدية المتوفرة من المحاصيل.

قد يكون لصفة التحمل Tolerance أيضاً قيمة هامة في مجال إدارة النيماتودا. والنبات المتحمل هو النبات الذي لا تظهر عليه أضرار كبيرة، حتى في حالة إصابته بشدة بالكائن الممرض في ظل الظروف الطبيعية (Cook and Evans, 1987). ويمكن استخدام هذه الصفة على وجه الخصوص في حالة المزارع الصغيرة أو الفقيرة. ويبدو أن هذه الصفة قد تم تطويرها عن طريق الانتخاب في الزراعات التقليدية على مدار عدة أجيال في الحقول الملوثة بالنيماتودا. وفي البلدان المدارية، نجد أن الأصناف المحلية قد تعود في أصولها إلى أنواع برية، كما هو الحال في الطماطم صغيرة الثمار في غرب إفريقيا. ومثل هذه المحاصيل، على سبيل المثال، قد تبدي درجات عالية من التحمل تجاه نيماتودا تعقد الجذور (Bridge, 1996).

وعندما يكون هناك تنوع وراثي في المحاصيل، فإن عملية الانتخاب الطبيعي بواسطة المزارعين للصفات الزراعية الجيدة، سوف تتم أيضاً بالنسبة لصفتي التحمل أو المقاومة تجاه النيماتودا، حتى لو لم يكن المزارع نفسه مدركاً لوجود النيماتودا كآفة. فالضغط المستمر الثابت من النيماتودا وبعض الآفات الزراعية الأخرى على هذه المحاصيل سوف يضمن لكل من؛ صفة التحمل، أو المقاومة أن تُنتخب تلقائياً كلما حاول المزارع أن ينتخب لصفات مرغوبة وملحوظة كالإنتاجية العالية والطعم الأفضل، وخلافه (Page and Bridge, 1993). ويمكننا أن نأخذ

مثالاً على ذلك من غينيا الجديدة، حيث تمثل نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. آفة هامة هناك على محصول البطاطا الحلوة، وخاصة في حالة الزراعة المستمرة للمحصول وعدم إدراك المزارع للمشكلة. فيبدو أن بعض المزارعين قد نجحوا بالفعل في إدارة ومكافحة المشكلة تلقائياً عن طريق استخدام أسلوب الدورة الزراعية وانتخاب أصناف بطاطا حلوة مقاومة أو متحملة لنيماتودا تعقد الجذور. وقد لوحظ أن بعض المزارعين يزرعون أصنافاً معينة من البطاطا الحلوة بعد فترات تبوير الأرض، بينما يستخدمون أصنافاً أخرى في حالة رغبتهم في الزراعة المستمرة لهذا المحصول (Bridge and Page, 1982). وقد تمكن هؤلاء المزارعون من إجراء تلك الانتخابات بسبب توفر أصناف وسلالات مقاومة وعالية المقاومة من البطاطا الحلوة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في غينيا الجديدة والجزر المجاورة مقارنة بالدول الأخرى (Shiga and Takemata, 1981). ولذلك فإنه ينصح أنه أينما كانت نيماتودا تعقد الجذور تمثل مشكلة خطيرة في منطقة ما فإن الحل الأمثل لها هو الانتخاب النشط لصفة التحمل أو المقاومة من بين الأصناف المحلية المتوفرة (Bridge and Page, 1982 ؛ Bridge and Page 1984).

لا توجد صفة المقاومة تجاه النيماتودا في عدد من محاصيل المناطق المدارية التي تشمل الخضراوات، والبقول الغذائية، والذرة، والتبغ، وقصب السكر، والبطاطا الحلوة، وفول الصويا، والعنب، والموالح، والقطن، والبرسيم الحجازي. وتعد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. أهم الآفات النيماتودية على محاصيل الخضر في المناطق المدارية، وقد وجدت صفة المقاومة تجاه أنواع نيماتودا تعقد الجذور الأكثر انتشاراً في بعض أصناف الفلفل الأخضر، والباذنجان، والفاصوليا، والطماطم. ويعد محصول الطماطم المحصول الأكثر حظاً من حيث وفرة الأصناف المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.، وتستخدم هذه الأصناف، أياً كانت وأينما كانت، أكثر ما تستخدم في المناطق المدارية. وعموماً لايوجد صنف نباتي واحد مقاوم لكل الأنواع الرئيسية من جنس نيماتودي معين، ولكن قد يكون الصنف مقاوماً لنوع واحد عادةً، كما أنه قد ظهرت بعض السلالات النيماتودية التي أمكنها كسر صفة المقاومة في بعض الأصناف النباتية، وهي سلالات تنتمي إلى أنواع نيماتودا تعقد الجذور؛ *M. incognita*، و*M. javanica*، و*M. arenaria*. ولأن مثل هذه السلالات والأنواع تظهر طبيعياً في تربة المناطق المدارية، فإنه ينصح بأن يتم اختبار أية أصناف جديدة أولاً قبل أن يتم زراعتها في تلك المناطق (Netscher and Sikora, 1990 ؛ Roberts *et al.*, 1986).

يعد محصول التبغ من المحاصيل التي تتضرر بشدة أيضاً جراء الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*. ولكن لحسن الحظ، هناك العديد من أصناف هذا المحصول التي تمتلك صفة المقاومة تجاه عدد من سلالات هذه النيماتودا، ويمكن زراعة مثل هذه الأصناف في أي مكان من العالم يعاني من مشاكل مع تلك السلالات من النيماتودا (Shepherd and Barker, 1990). وقد حصل المزارعون الذين استخدموا صنف التبغ المقاوم "NC 90" على

فوائد مذهلة بزراعتهم لهذا الصنف (Fassuliotis, 1979). ومن أنواع النيماتودا التي تنتشر كثيراً في تربة المناطق المدارية وتحت المدارية أيضاً هي نيماتودا الموالح *Tylenchulus semipenetrans*، وهي الآفة الرئيسية للموالح في تلك المناطق، وقد انتشرت هذه النيماتودا في تلك المناطق عن طريق زراعة الشتلات المصابة. وتعتمد مكافحة تلك النيماتودا كثيراً على استخدام الأصول المقاومة، ويعتقد أن هذه الأصول قد استمدت صفة المقاومة فيها من البرتقال ثلاثي الأوراق *Poncirus trifoliata* (Cook and Evans, 1987 ؛ Duncan and Cohn, 1990 ؛ انظر أيضاً الفصل التاسع).

هناك بعض الأنواع من النيماتودا التي قد تقف حجر عثرة أمام المزارعين في إنتاج بعض المحاصيل الغذائية في المناطق المدارية، وهي أنواع يكون من الصعب عادةً مكافحتها، وخاصةً في حالة المحاصيل ذات القيمة الغذائية المنخفضة. وفي مثل تلك الحالات، تكون الأصناف المقاومة هي الحل الأمثل، على الرغم من أن هذه المحاصيل قد لا تمثل أولوية عادةً بالنسبة للمربي. وقد يستثنى من ذلك، اهتمام المربين بمحصول الأرز، فقد تم التعرف على بعض التركيبات الوراثية الجديدة من الأرز التي تمتلك صفة المقاومة تجاه نيماتودا سيقان الأرز *Ditylenchus angustus* التي تسبب مرض "أوفرا" Ofra disease of rice في الأرز المروي أو أرز المنخفضات (Rahman, 1994)، وقد تمثل هذه الأصناف أهمية كبيرة لمزارعي الأرز في مناطق جنوب شرق آسيا. كما تم في بعض الدراسات أيضاً التعرف على تركيبات وراثية من الأرز الإفريقي *Oryza glaberrima* مقاومة لكل من: نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne*، ونيماتودا الحوصلات *Heterodera*. أما الطفرة الحديثة في مجال تربية النباتات فهي النجاح في التهجين بين نوعي الأرز: *O. glaberrima*، و*O. sativa* وهو مايسمى التهجين بين الأنواع Interspecific hybridization. وقد تميزت هذه التهجينات بصفاتها المحصولية الممتازة وحسنت كثيراً من حدوث فرص الانتخاب لصفة المقاومة تجاه النيماتودا في الأصناف المحسنة. وقد أثبت بلاورايت وآخرون Plowright *et al.* (1999) صفة المقاومة في نسل الهجين بين الأنواع تجاه نيماتودا حوصلات قصب السكر *Heterodera sacchari* ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne graminicola*، ولكن ليس تجاه نيماتودا تقرح جذور الذرة *Pratylenchus zeae*. وقد لخصوا ذلك في أن صفة المقاومة تجاه النيماتودا في أصناف الأرز التي تحمل صفات محصولية قيمة، والتي نتجت من التهجين بين نوعي الأرز؛ *O. glaberrima*، و*O. sativa* قد تكون ذات قيمة هائلة لبرامج الإدارة والمكافحة الوقائية لآفات النيماتودا الرئيسية في مزارع الأرز، كما أنها تمثل أيضاً طرقاً عملية جداً لإدارة النيماتودا في المزارع الصغيرة.

تعد صفة المقاومة للنيماتودا في أصناف الموز التجارية من الأمور المحيرة (انظر الفصل الثامن). فليست هناك حتى وقتنا الحاضر من بين سلالات الموز الحلو التي تزرع على نطاق تجاري واسع ما يمكنها مقاومة الأنواع الرئيسية من النيماتودا التي تصيب الموز، برغم كل هذه السنوات من البحث العلمي في هذا المجال (Gowen and Quènèhervè, 1990)، وينطبق ذلك أيضاً على سلالات موز الطعام (Ortiz, 2000). وهناك هجين

تجاري واحد فقط هو الهجين "FHIA-01" يبدو أن له صفة المقاومة الجزئية فقط تجاه النيماتودا الحفارة *Radopholus similis*، ولكن حتى هذا الهجين ثبت حالياً أنه ليس كذلك (Stoffelen *et al.*, 2000). وهناك بعض المحاولات الجادة القليلة نسبياً التي بذلت كمحاولات لإدخال صفة المقاومة تجاه الأنواع الرئيسية من النيماتودا في الموز، وذلك بسبب الصعوبات في العمل الوراثي عادة مثل ذلك المعقد الوراثي النباتي، والتكاليف الباهظة التي تتطلبها مثل هذه البرامج في التربية (Pinochet, 1992). وفي أصناف الموز الحلو التجارية، هناك عدد محدود من السلالات المحلية التي تتميز باحتوائها على قاعدة وراثية محدودة جداً، ومن ثمَّ، فإن هذه الأصناف التي تشكل الأغلبية دائماً ما تكون حساسة جداً للأمراض والآفات (Ortiz *et al.*, 1995). وليس بالضرورة أن تكون تلك الحالة هي السائدة دائماً في كل الأصناف الهامة من الموز الحلو أو موز الطعام التي تزرع في المزارع الصغيرة في غرب ووسط وشرق إفريقيا، والتي تتطلب عادة بعض عمليات معينة قبل أن تصبح صالحة للاستهلاك كمصدر للكربوهيدرات. فهذه الأصناف تمتلك عادةً تنوعاً أكبر، وإمكانية العثور على سلالات مقاومة مشجعة من بينها (Bridge, 2000)، كما أن فرص التربية لصفة المقاومة للنيماتودا في الهجن تجد قبولاً كبيراً من المزارعين والمستهلكين، وذلك لأن نوعية الصنف لا تكون مقيدة بضغط المتطلبات النوعية عالية الجودة كما في أصناف التصدير التجاري (Gowen, 1994 ؛ Ortiz *et al.*, 1995). وفي غرب ووسط إفريقيا، تم تعريف ١١٦ صنفاً من موز الطعام (Swennen, 1990). كما أورد كارامورا وكارامورا Karamura and Karamura (1994) قائمة تحتوي على ١٤٥ صنفاً من موز الطعام AAA-EA في شرق إفريقيا تنتمي إلى تحت مجموعة Lujugria-Mutika، و٨٨ صنفاً من أصناف موز البيرة تنتمي إلى نفس تحت المجموعة في أوغندا. وبالمقارنة إلى أصناف الموز التجارية، فإن ذلك يعطي مصدراً ضخماً للانتخاب أو لتربية أصناف جديدة مقاومة للنيماتودا الحفارة *R. similis*، ونيماتودا التقرح *Pratylenchus goodeyi* أو *P. coffeae*.

وبالرغم من كل الصعوبات، فإن إمكانية الحصول على أصناف مقاومة من الموز الحلو أو موز الطعام تمثل واحدةً من أفضل الطرق لمكافحة النيماتودا في المزارع الصغيرة في إفريقيا. وعلى العكس من ذلك، فإن الخبرات المتوفرة لدينا من مناطق أخرى في البلدان المدارية توضح أن توفر صفة المقاومة في صنف ما من الموز لاتعني بالضرورة أن تكون هذه الصفة عامة تجاه كل أنواع النيماتودا. أما الأصناف المقاومة للنيماتودا الحفارة *R. similis* فقد تكون عالية القابلية للإصابة بنيماتودا التقرح *P. coffeae* (Stoffelen *et al.*, 2000 ؛ Pinochet and Rowe, 1978). وقد يظهر كلا هذين النوعين من النيماتودا معاً في ترب المناطق المدارية، مما يزيد من صعوبات الانتخاب لصفة المقاومة. أما الشيء الإيجابي، فهو أن هناك إمكانية جيدة الآن لتطوير أصناف موز حلو وموز طعام مقاوم للنيماتودا، وقد لا تمتلك هذه الأصناف صفات محصولية توافق النطاق الضيق للمتطلبات التجارية لموز التصدير، ولكنها تناسب الاستهلاك المحلي ومتطلبات المزارع الصغيرة في المناطق المدارية (Gowen, 1994). أيضاً، قد تكون الآن الآمال

Obeikandl.com

المرجوة من أصناف الموز المهندسة وراثياً لصفة المقاومة تجاه النيماتودا قريبة المنال (De Waele *et al.*, 1994). ولكن لسوء الحظ ، سوف يركز البحث في مجال الهندسة الوراثية بالطبع على الأصناف التجارية وأصناف التصدير وسوف يكون تأثيره بطيئاً على أصناف المزارع الصغيرة في إفريقيا أحياناً. أما الانتخاب لصفة التحمل Tolerance في الموز تجاه النيماتودا فإنه يلقى اهتماماً ضئيلاً بشكل عام. ولو أن هذا الانتخاب لهذه الصفة من الممكن أن يمثل جزءاً هاماً في إدارة النيماتودا في المزارع الصغيرة، حيث يكون التنوع في مستوى كثافة النيماتودا في جذور الموز عادةً مصحوباً بدرجات من التحمل لهذه النيماتودا (Sarah, 1988 ؛ Gowen, 1993 ؛ Gowen, 1994 ؛ Price, 1994). وقد تكون صفة التحمل للنيماتودا الحفارة *R. similis* وبعض الأنواع الأخرى من النيماتودا أيضاً واحدة من المتطلبات الأيديولوجية التي يمكن تقبلها في هجن الموز من قبل المربين (Ortiz *et al.*, 1995). وفي الزراعات المدارية، وخاصة في المزارع الصغيرة، قد تلعب صفتا التحمل والمقاومة دوراً مفتاحياً في خفض كمية الفقد في المحصول التي تسببها النيماتودا. وقد يكون الانتخاب لصفة المقاومة أو إدخال أصناف جديدة لعدد من الآفات النيماتودية أمراً مرغوباً، إذا ما وضعنا في الاعتبار كافة العوامل المحلية الأخرى، فإدخال مثل هذه الأصناف لن يكون على حساب الأصناف المقاومة التقليدية أو طرق الانتخاب التقليدية التي تنتجها.

المستقبل
The Future

تعتبر المقاومة في النباتات أحد التكتيكات الفعالة في الإدارة التي تحتاج إلى مزيد من التفعيل والاستخدام. وكثيرٌ من المشاكل التي ترتبط بصفة المقاومة يمكن التغلب عليها، أو الحد منها بإجراء المزيد من البحوث والمجهودات في طرق التربية، وكذلك عقد المزيد من البرامج التعليمية الفعالة للمزارعين والمربين.

ويجب أن تكون المصادر الوراثية من النباتات حاملة لصفة المقاومة تجاه النيماتودا، كما يجب أن يتم جمع مصادر وراثية جديدة من جميع المحاصيل. ولكن المشكلة تكمن دائماً في أن اختبارات رد فعل مثل تلك الأعداد الكبيرة من النباتات عادةً ما تكون مملة. وقد أيد هالبروك وآخرون Holbrook *et al.* (1999) إنشاء مركز لتجميع الأصول الوراثية Core collections ودراستها وعمل الاختبارات الفعالة لتحديد التراكيب الوراثية المقاومة للنيماتودا. وحتى بعد تعريف التركيبات الوراثية المقاومة للنيماتودا، فإنه يجب إجراء المزيد من البحوث لتحديد عدد الجينات المسؤولة عن هذه الصفة. وعلى سبيل المثال، قام روبنسون وبيرسيفال Robinson and Percival (1997) بتعريف بعض أصول القطن الأمريكي *Gossypium hirsutum* من شبه جزيرة يوكاتان بالمكسيك لها صفة المقاومة الظاهرية تجاه نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بطريقة مشابهة تماماً لصفة المقاومة في الصنفين: "Clevewilt 6"، و"Wild Mexico Jak Jones" اللذين يمثلان مصدر المقاومة المستخدم حالياً تجاه هذه النيماتودا. ولكن يبقى سؤال،

وهو هل هذه الأصول الوراثية تحتوي على جينات متميزة للمقاومة أم أن جيناتها هذه تماثل الجينات الموجودة في الأصناف المستخدمة في الوقت الحاضر؟ ونظراً لأن الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA المرتبطة بمواقع المقاومة على الكروموسومات قد أصبحت في المتناول بالفعل، فإنه يمكن استخدامها في تحديد ما إذا كانت صفة المقاومة في هذه الأصول تعود إلى جينات متميزة جديدة أم لا، وذلك بطريقة أسرع كثيراً من طرق التحليل الوراثي التقليدية.

بدأت الجهود البحثية الآن في اكتشاف إمكانيات المقاومة المهندسة وراثياً، ولكنها لم تسفر حتى الوقت الحاضر عن ظهور أصناف ذات صفة مقاومة مهندسة وراثياً تجاه النيماتودا. وقد أورد فينول وآخرون Fenoll *et al.* (1997) عدداً من صفات المقاومة المهندسة وراثياً، ومن بينها جينات مضادة للنيماتودا، وأخرى مانعة للتغذية Antifeedants، وأخرى تنتج أجساما نباتية مضادة Plantibodies. وهناك الكثير من الباحثين ممن لديهم الثقة في أن مثل تلك المصادر من المقاومة سوف تكون إضافات قيمة في المستقبل القريب. ومن المتوقع أن تساعد صفة المقاومة المهندسة وراثياً مستقبلاً في التغلب على حواجز الخصوبة التي تحد من استخدام بعض مصادر المقاومة البرية، وسوف تمنح مصادر جديدة للمقاومة تجاه النيماتودا لم تكن معروفة من قبل. والسؤال والهدف الكبير هنا الآن هو ما إذا كانت صفة المقاومة المهندسة وراثياً هذه سوف تكون لها صفة الديمومة والثبات مقارنة بجينات المقاومة المعروفة حالياً أم لا؟ وخاصة بالنسبة لنيماتودا الحوصلات من الجنسين *Globodera* spp.، و*Heterodera* spp. واعتماداً على المعلومات المتوفرة حتى الآن، يجب افتراض أن صفة المقاومة المهندسة وراثياً لن تكون مختلفة -من حيث ثباتها- عن صفة المقاومة في الأصناف البرية. وفي الحقيقة، يمكن للتقنيات المتوفرة الآن أن تسمح بنقل جينات المقاومة المهندسة وراثياً أو جينات المقاومة الطبيعية إلى عدد كبير من أصناف المحاصيل أو حتى الأنواع المختلفة منها. وسوف يزيد ذلك كثيراً بالطبع من الضغط الانتخابي لصفة الشراسة الإمراضية داخل عشائر النيماتودا، ومن ثمَ تزداد الحاجة لتطوير إستراتيجيات إدارة المقاومة الوراثية تجاه النيماتودا.

وبصرف النظر عن مصدر المقاومة، لن يعدو الأمر أن يكون مجرد أداة بحثية، إذا نحن لم نطور جسراً فعالاً يربطنا بمربي النباتات لكي نستطيع إدخال صفة المقاومة بالفعل في التركيبات الوراثية للمحاصيل ذات الإنتاجية العالية والصفات المحصولية الجيدة. وتلك هي مسؤولية علماء النيماتولوجي لإقناع مربيي النباتات في القطاع الزراعي العام والخاص على حد سواء بأن إدخال صفة المقاومة تجاه النيماتودا في السلالات النباتية أو الأصناف النباتية المختارة سوف يكون ذا فائدة عظيمة. إذاً فنحن نحتاج إلى التعاون والعمل معهم لتعريف مصادر المقاومة المناسبة، ولتطوير نظم اختبار فعالة تسمح مع مرور الوقت بإدخال صفة المقاومة إلى الأصناف التجارية.

وخلال هذا الجهد يجب أن نعترف ونتقبل أن فكرة المقاومة قد لا تكون دائماً لها الأولوية القصوى بالنسبة للمربي الذي يرى أن تحسين إنتاجية المحصول يجب أن تكون هي الأولوية القصوى. وقد يكون على المرء عادة أن

يناقش ضد فكرة أن المقاومة تأتي دائماً على حساب المحصول. فحتى الآن لا توجد أية بيانات أو معلومات تثبت أن المحصول يجب أن يكون الضحية لإنجاز المقاومة. وطبقاً لما ثبت حديثاً مع محصول القطن (Ogallo *et al.*, 1990)، والفول السوداني (Church *et al.*, 2000)، وفول الصويا (انظر الجدول رقم ١.١)، فإن الارتباط بين المحصول الضئيل والمقاومة يمكن كسره، وأن التراكيب الوراثية المقاومة التي تماثل في إنتاجها ذلك الإنتاج العالي لبعض التراكيب الوراثية القابلة للإصابة هو أمر ممكن الحدوث. وبالمثل، كان استخدام الجين *Mi* في الطماطم محدوداً في البداية لارتباطه ببعض الصفات المحصولية غير المرغوبة (Williamson, 1998)، ولكن هذا الارتباط السلبي قد تلاشى الآن، وأصبحت أصناف الطماطم التي تحمل الجين *Mi* تستخدم على نطاق تجاري واسع في كاليفورنيا. ويجب استخدام تقنية التربية الحديثة التي تستخدم طرق الانتخاب المبني على أسس جزيئية (انظر الفصل الثاني عشر) الآن للانتخاب نحو صفة المقاومة، ولتقليص فرص ظهور الصفات غير المرغوبة.

وأخيراً، نخلص إلى القول بأنه حالما تم تطوير أصناف عالية الإنتاجية وذات مستوى مرتفع من المقاومة تجاه النيماتودا، فإنه من الضروري جداً وضع البرامج التعليمية الفعالة لكل من المزارعين والمستشارين الزراعيين. وقد تفقد المقاومة صفة التحمل أو الديمومة بسبب التغيرات التي تحدث في العشائر النيماتودية، أو قد يحدث بعض الفقد في المحصول عند الكثافات المرتفعة من النيماتودا في التربة إذا كان النبات مقاوماً جزئياً فقط وليس كلياً للنيماتودا. وهنا نجد أنه من الضروري أن يتم نشر صفة المقاومة بطريقة مسؤولة لكي نزيد من تحملها، أو يتم نشرها جنباً إلى جنب مع طرق وتكتيكات أخرى لإدارة النيماتودا، وذلك للحصول على أقصى الفائدة فيما يتعلق بالنواحي الإنتاجية والمحصولية. ويجب أن نعمل متعاونين أيضاً مع أخصائيي الإرشاد الزراعي على تطوير البرامج التعليمية الفعالة.

يتطلب تعريف وتطوير ونشر صفة المقاومة جهداً طويلاً مكثفاً متصلاً. وقد أثبت برادي ودوفي Brady and Duffy (1982) في إحدى الدراسات القليلة التي تمت على المنافع الاقتصادية للمقاومة، أن كل مليون دولار أمريكي تنفق في تطوير صنف واحد من فول صويا مقاوم لنيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines* قد عاد بمنفعة اقتصادية تساوي ٤٠٠ مليون دولار. ولن تكون مقاومة النبات للنيماتودا هي الحل لكل المشاكل المتسببة عن الإصابة بالنيماتودا المتطفلة على النباتات، ولكنها قد تلعب –ويجب أن تكون كذلك– دوراً كبيراً في العديد من نظم إدارة النيماتودا، فعصر المبيدات النيماتودية ينتهي، ويجب علينا أن نطور طرقاً بديلة لنظم الإدارة. واستخدام المقاومة النباتية لا بد أن يكون أحد هذه البدائل.

المراجع

References

Anon. (1999) *Cotton USA Buyers Guide*. National Cotton Council of America. Memphis, Tennesses, 45 pp.

Armestrong, J.M. and Jensen, H.J. (1978) *Indexed Bibliography of Nematode Resistance in Plants*. Bulletin 639, Agriculture Experiment Station, Oregon State University, Oregon, 96 pp.

Barker, K.R., Todd, F.A., Shane, W.W. and Nelson, L.A. (1981) Interrelationships of *Meloidogyne* species with flue-cured tobacco. *Journal of Nematology* 13, 67-79.

Barrons, K.C. (1939) Studies of the nature of root-knot resistance. *Journal of Agricultural Research* 58, 263-271.

Brady, E.B., and Duffy, M. (1982) *The Value of Plant Resistance to Soybean Cyst Nematodes: a Case Study of Forrest Soybean*. US Department of Agriculture, Natural Resources Economics Division, Washington, DC.

Bridge, J. (1987) Control strategies in subsistence agriculture. In: Brown, R.H. and Kerry, K. (eds) *Principles and Practices of Nematode Control in Crops*. Academic Press, New York, pp. 389-420.

Bridge, J. (1996) Nematode management in sustainable and subsistence agriculture. *Annual Review of Phytopathology* 34, 201-225.

Bridge, J. (2000) Nematodes of bananas and plantains in Africa: research trends and management strategies relating to the small-scale farmer. In Karamura, E. and Vuylsteka, D. (eds) *Proceedings of The First International Conference on Banana and Plantain for Africa.* ISHS, Acta Horticulture Vol. 540, Leuven, Belgium, pp. 391-405.

Bridge, J. and Page, S.L.J. (1982) Plant nematodes of Papua New Guinea: their importance as crop pests. *Report of a Plant Nematode Survey in Papua New Guinea*. CAB Commonweath Institute of Parasitology, St Albans, UK, 91 pp.

Bridge, J. and Page, S.L.J. (1984) Plant nematode pests of crops in Papua New Guinea. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 1, 99-109.

Cai, D., Kleine, M., Kifle, S., Harloff, H.J., Sandal, N.N., Marcker, K.A., Klein-Lankhorst, R.M., Salentijn, E.M.J., Lange, W., Stiekema, W.J., Wyss, U., Grundler, F. M.W. and Jung, C. (1997) Positional cloning of a gene for nematode resistance in sugerbeet. *Science* 275, 832-834.

Church, G.T., Simpson, C.E., Burow, M.D., Paterson, A.H. and Starr, J.L. (2000) Use of RFLP markers for identification of individuals homozygous for resistance to *Meloidogyne arenaria* in peanut. *Nematology* 2, 575-580.

Clayton, E.E., Graham, T.W., Todd, F.A., Gates, J.G. and Clark. F.A. (1958) Resistance to root-knot disease of tobacco. *Tobbaco Science* 2, 53-63.

Cook, C.G., Robinson, A.F. and Nampken. L.N. (1997) Tolerance to *Rotylenchulus reniformis* and resistance to *Meloidogyne incognita* in high yielding breeding lines of upland cotton. *Journal of Nematology* 29, 322-328.

Cook, R. and Evans. K. (1987) Resistance and tolerance. In: Brown, R.H. and Kerry, B.R. (eds) *Principles and Practices of Nematode Control in Crops*. Academic Press, New York, pp. 179-231.

De Waele, D., Sagi, L. and Swennen, R. (1994) Prospects to engineer nematode resistance in banana. In: Valmayor, R.V., Davide, R.G., Stanton, J.M., Treverrow, N.L. and Roa, V.N. (eds) *Banana Nematodes and Weevil Borers in Asia and the Pacific. Proceedings of Conference-Workshop on Nematodes and Weevil Borers Affecting Bananas in Asia and Pacific*, Serdang, Selangor, Malaysia, 18-22 April, 1994. INIBAP/ ASPNET, pp. 204-216.

Duncan, L.W. and Cohn, E. (1990) Nematode parasites of citrus. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 321-346.

Ellenby, C. (1954) Tuber forming species and varieties of the genus *Solanum* tested for resistance to the potato root eelworm *Heterodera rostochiensis* Wollenweber. *Euphytica* 3, 195-202.

Evans, K., Trudgill, D.L. and Webster, J.M. (eds). (1993) *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, 648 pp.

Fassuliotis, G. (1979) Plant breeding for root-knot nematode resistance. In: Lamberti, F. and Taylor, C.E. (eds) *Root-Knot Nematodes (Meloidogyne species) Systematic, Biology and Control*. Academic Press, New York, pp. 425-453.

Fenoll, C., Grundler, F.M.W. and Ohl, S.A (eds) (1997) *Cellular and Molecular Aspects of Plant Nematode Interaction*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherland, 286 pp.

Fortnum, B.A., Krausz, J.P. and Conrad, N.G. (1984) Increasing incidence of *Meloidogyne arenaria* in flue-cured tobacco in South Carolina. *Plant Disease* 68, 244-245.

Gowen, S.R. (1993) Possible approaches for development nematode resistance in bananas and plantains. In : Ganry, J. (ed.) *Breeding Banana and Plantain for Resistance to Diseases and Pests*. CIRAD/INIBAP, Montpellier, France, pp. 123-128.

Gowen, S.R. (1994) A review of control strategies for banana pests as part of research priorities at NRI and associated institutes in UK. In: Valmayor, R.V., Davide, R.G., Stanton, J.M., Treverrow, N.L. and Roa, V.N. (eds) *Banana Nematodes and Weevil Borers in Asia and The Pacific. Proceedings of a Conference-Workshop on Nematodes and Weevil Borers Affecting Bananas in Asia and Pacific*, Serdang, Selangor, Malaysia, 18-22 April, 1994. INIBAP/ASPNET, pp. 147-158.

Gowen, S.R. and Queneherve, P. (1990) Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 431-460.

Holbrook, C.C., Timper, P. and Xue, H.Q. (1999) Evaluation of the core collection approach for identifying resistance to *Meloidogyne arenaria* in peanut. *Proceedings American Peanut Research and Education Society* 31, 69 (Abstract).

Hussey, R.S. and Boerma, H.R. (1989) Tolerance in maturity groups V-VII soybean cultivars to *Heterodera glycines*. *Supplement to Journal of Nematology* 21, 686-692.

Kaloshian, I., Williamson, V.M., Miyo, G., Lwan, D.A. and Westerdahal, B.B. (1996) 'Resistance-breaking' nematodes identified in California tomato. *California Agriculture* 50, 18-19.

Karamura, D.A. and Karamura, E.B. (1994) *A Provisional Checklist of Banana Cultivars in Uganda*. National Agricultural Research Organization, Uganda/INIBAP, Montpellier, France, 28 pp.

Luc, M., Bridge, J. and Sikora, R.A. (1990) Reflections on nematology in subtropical and tropical agriculture. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, pp. xi-xvii.

Milligan, S.B., Bodeau, J., Yaghoobi, J., Kaloshian, I., Zabel, P. and Williamson, V.M. (1998) The root-knot resistance gene *Mi* from tomato is a member of the leucine zipper, nucleotide binding, leucine rich repeat family of plant genes. *Plant Cell* 10, 1307-1319.

Moore, E.L. (1960) Some problems and progress in the breeding and selection of plants for nematode resistance. In: Sasser, J.N. and Jenkins, W.R. (eds) *Nematology: Fundamentals and Recent Advances with Emphasis on Plant Parasitic and Soil Forms*. The University of North Carolina Press, Chapel Hill, North Carolina, pp. 454-460.

Netscher, C. and Sikora, R.A. (1990) Nematode parasites of vegetables. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 237-283.

Niblack, T.L., Hussey, R.S. and Boerma, H.R. (1986) Effects of environments, *Meloidogyne incognita* inoculum levels, and *Glycine max* genotype on root-knot nematode-soybean interactions in field microplots. *Journal of Nematology* 18, 338-346.

Nilsson-Ehle, H. (1920) Über resistenz gegen *Heterodera schachtii* bei gewissen Gersten-Sorten, ihre Verebungsweise und bedeutung für die Praxis. *Hereditas*1, 1-34.

Noling, J. (2000) Effects of continuous culture of a resistant tomato cultivar on *Meloidogyne incognita* soil population density and pathogenicity. *Journal of Nematology* 32, 452 (Abstract).

Ogallo, J.L., Goodell, P.B., Eckert, J.W. and Roberts, P.A. (1997) Evaluation of NemX, a new cultivar of cotton with high resistance to *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology* 29, 531-537.

Ogallo, J.L., Goodell, P.B., Eckert, J.W. and Roberts, P.A. (1999) Management of root-knot nematodes with resistant cotton cv. NemX. *Crop Science* 39, 418-421.

Opperman, C.H. and Conkling, M.A. (1998) Bioengineering resistance to plant parasitic nematodes. In: Pederson, G.A., Windham, G.L. and Barker, K.R. (eds) *Plant-Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 239-250.

Ortiz, R. (2000) Understanding the *Musa* genome: an update. In: Karamura, E. and Vuylesteke, D. (eds) *Proceedings of the First International Conference on Banana and Plantain for Africa*. ISHS, *Acta Horticulture* Vol. 540, Leuven, Belgium, pp. 157-163.

obeikandl.com

Ortiz, R., Ferris, R.S.B. and Vuylesteke, D.R. (1995) Banana and plantain breeding. In: Gowen, S. (ed.) *Bananas and Plantains*. Chapman and Hall, pp. 110-146.

Page, S.L.J. and Bridge, J. (1993) Plant nematodes and sustainability in tropical agriculture. *Experimental Agriculture* 29, 139-154.

Painter, R.H. (1951) *Insect Resistance in Plants*. Macmillan, New York, 520 pp.

Pinochet, J. (1992) Breeding bananas for resistance against lesion forming nematodes. In: Gommers, F.J. and Maas, P.W.Th. (eds) *Nematology from Molecule to Ecosystem. Proceedings Second International Nematology Congress*, 11-17 August, 1990, Veldhhoven, the Netherlands. European Society of Nematologists, pp. 157-169.

Pinochet, J. and Rowe, P.R. (1978) Reaction of two banana cultivars to three different nematodes. *Plant Disease Reporter* 62, 727-729.

Plowright, R.A., Coyne, D.L., Nash, P. and Jones, M.P. (1999) Resistance to the rice nematodes *Heterodera sacchari*, *Meliodogyne graminicola* and *M. incognita* in *Oryza glaberrima* and *O. glaberrima* x *O. sativa* interspecific hybrids. *Nematology* 1, 745-751.

Price, N.S. (1994) Field trial evaluation of nematode susceptibility within *Musa*. *Fundamental and Applied Nematology* 17, 391-396.

Rahman, M.L. (1994) New ufra-resistant rice lines. *International Rice Research Newsletter* 19, 16.

Riggs, R.D. and Schmitt, D.P. (1988) Complete characterization of the race scheme for *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology* 20, 392-395.

Roberts, P.A. (1995) Conceptual and practical aspects of variability in root-knot nematodes related to host plant resistance. *Annual Review of Phytopathology* 33, 199-221.

Roberts, P.A., May, D. and Matthews, W.C. (1986) Root-knot resistance in processing tomatoes. *California Agriculture* 40, 24-26.

Roberts, P.A., Matthews, W.C. and Veremis, J.C. (1998) Genetics mechanisms of host-plant resistance to nematodes. In: Pederson, G. A., Windham, G.L. and Barker, K.R. (eds) *Plant-Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 209-238.

Robinson, A.F. and Percival, A.E. (1997) Resistance to *Meloidogyne incognita* race 3 and *Rotylenculus reniformis* in wild accessions of *Gossypium hirsutum* and *G. barbdense* from Mexico. *Supplement to Journal of Nematology* 29, 746-755.

Ross, J.P. and Brim, C.A. (1957) Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as determined by a double row method. *Plant Disease Reporter* 41, 923-924.

Sarah, J.L. (1988) Perspectives d'avenir dans la lutte contre les nematodes parasites des bananiers et des plantains. *Nematodes and Borer Weevil in Bananas. Present Status of Research and Outlook. Proceedings of Workshop Held in Bujumbura, Burundi, 7-11 December 1987*. International Network for Improvement of Bananas and Plantains, Montpellier, France, pp. 75-79.

Schmitt, D.P. and Barker, K.R. (1988) Incidence of plant-parasitic nematodes in coastal plains of North Carolina. *Plant Disease* 72, 107-110.

Seinhorst, J.W. (1965) The relation between nematode density and damage to plants. *Nematologica* 11, 137-154.

Shepherd, J.A. and Barker, K.R. (1990) Nematode parasites of tobacco. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 493-517.

Shiga, T. and Takemata, T. (1981) Distribution of sweet potato clones with resistance to root-knot nematodes in the Pacific Islands. In: *Proceedings of The Research Planning Conference on Root-Knot Nematodes*, Jakarta, Indonesia, pp. 64-68.

Simpson, C.E. and Starr, J.L. (2001) Registration of "COAN" peanut. *Crop Science* 41. 918.

Smith, P.G. (1944) Embryo culture of a tomato species hybrid. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 44, 413-416.

Starr, J.L., Simpson, C.E. and Lee, T.A., Jr. (1998) Yield of peanut genotypes resistant to root-knot nematodes. *Peanut Science* 25, 119-124.

Stoffelen, R., Verlinden, R., Pinochet, J., Swennen, R. and De Waele, D. (2000) Screening of Fusarium wilt resistant bananas to root-lesion nematodes. *InfoMusa* 9, 6-8.

Swennen, R. (1990) *Plantain Cultivation Under West African Conditions. A Reference Manual*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 24 pp.

obeikandl.com

Trudgill, D.L. (1985) Potato cyst nematodes: a critical review of the current pathotype scheme. *EPPO Bulletin* 15, 273-279.

Trudgill, D.L. (1991) Resistance and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annual Review of Phytopathology* 29, 167-192.

Vrain, G.W. (1999) Engineering natural and synthetic resistance for nematode management. *Journal of Nematology* 31, 424-436.

Ware, G.W. (1994) *The Pesticide Book*. Thompson Publications, Fresno, California, 384 pp.

Ware, J.O. (1936) Plant breeding and the cotton industry. In: *Yearbook of Agriculture*. US Department of Agriculture, Washington, DC, p. 657.

Webber, H.J. and Orton, W.A. (1902) Some diseases of cowpea. II. A cowpea resistant to root-knot (*Heterodera radicicola*). Bulletin no. 17, US Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry, Washington, DC.

Whitehead, A.G. (1998) *Plant Nematode Control*. CAB International, Wallingford, UK, 384 pp.

Wilfarth, H. (1900) Ein neuer gesichtspunkt zur bekampfung der nematoden. *Zeitschrift des Vereins des Deutschen Zucker-Industrie*, Lieferung 529, 195-204.

Williamson, V.M. (1998) Root-knot resistance genes in tomato and their potential for future use. *Annual Review of Phytopathology* 36, 277-293.

Williamson, V.M. and Hussey, R.S. (1996) Nematode pathogenesis and resistance in Plants. *Plant Cell* 8, 1735-1745.

Wingard, S.A. (1953) The nature of resistance to disease. In: *The Yearbook of Agriculture*. US Department of Agriculture, Washington, DC, pp. 165-173.

Young, L.D. (1998) Breeding for nematode resistance. In: Pederson, G.A., Windham, G.L. and Barker, K.R. (eds) *Plant and Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 187-207.

Young, L.D. and Hartwig, E.E. (1992) Problems and strategies associated with long-term use of nematode resistance cultivars. *Journal of Nematology* 24, 228-233.

Zhou, E. (1999) Resistance to *Meloidogyne incognita* in cotton. Ph.D. dissertation, Texas A&M University, College Station, Texas, USA.

Zimmerman, A. (1897) *Het groepsgewijs afsterven der koffie heesters in gesloten plantsoenem*. Taysmannia, 23pp.

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثاني

مفاهيم وتبعات المقاومة

Concepts and Consequences of Resistance

P. A. Roberts
Department of Nematology, University of California, Riverside, CA92521, USA

تم تصميم هذا الفصل لإرشاد العلماء الزراعيين إلى استخدام اختبارات المقاومة أو القابلية للإصابة المطلوبة للتعريف أو التحديد الكمي لصفة المقاومة تجاه النيماتودا في التراكيب الوراثية المستخدمة في برامج التربية. ويعد تطوير اختبارات المقاومة أو القابلية للإصابة الموثوق بها من الضروريات في برامج التربية، وذلك من أجل التقدم في إنتاج أصناف محاصيل محسنة وأصول مقاومة للنيماتودا. كما تتناول الفصول التالية الخطوط العريضة للمكونات المختلفة لاختبارات صفتي المقاومة والتحمل تجاه الأنواع والأجناس الرئيسية من النيماتودا النباتية. تم أيضاً وصف وشرح القواعد المستخدمة في إعداد اللقاح النيماتودي والمحافظة عليه. وكذلك طرق عدوى النباتات وتلويث التربة بالنيماتودا، وتقييم استجابة النباتات للعدوى، وتقدير معدل تكاثر النيماتودا، وأخيراً طرق اختبار استجابة النباتات للعدوى بالنيماتودا في كل من: البيوت الزجاجية، والقطع التجريبية الصغيرة، والحقل. تمت أيضاً الإشارة المرجعية إلى المراجع التي تناولت توراث صفة المقاومة أينما وجدت، وكذلك تلك التي تناولت التغيرات في القدرة الإمراضية للنيماتودا وشدة الإصابة التي عادة ما نواجهها بين العشائر التي تنتمي لنفس النوع من النيماتودا.

وهناك العديد من الاعتبارات الهامة التي تؤخذ في الاعتبار عند تحديد أهداف التربية لصفة المقاومة أو التحمل تجاه النيماتودا، وكذلك عند اختيار خطة كل من: الانتخاب، أو اختبارات المقاومة، أو القابلية للإصابة التي يمكن استخدامها لتحقيق تلك الأهداف. ويجب على المربي أن يقوم بتعريف صفات المقاومة، أو التحمل كنقطة بداية، سواء تم ذلك بطريقة مباشرة من خلال اختبارات المقاومة أو القابلية للإصابة التي يجريها بنفسه، أو من خلال نتائج اختبارات أو أعمال سابقة. كما يجب تحديد قيمة الصفات المحصولية التي يتعين تحسينها كلما أمكن، وذلك من أجل قياس معنوية المنافع المضافة التي في ضوئها سيتم تبرير الاعتبارات الاستثمارية لبرامج التربية. وعادة ما تكون الفوائد المضافة إلى المحصول مع صفة المقاومة أو التحمل التي تم إدخالها في صنف أو أصل ما محكومة بعدة

obeikandl.com

عوامل. كما يجب تحديد الكائنات النيماتودية الممرضة المستهدفة بناءً على درجة توزيعها في مناطق إنتاج المحصول، وكمية الفقد في المحصول التي تسببها، ومدى توفر طرق مكافحة بديلة آمنة وحيوية لتلك الآفات، وهو مايعرف على سبيل المثال بالمنفعة الاقتصادية للسوق. ومن الأفضلية بمكان أن يتم تعريف مصطلحي المقاومة أو التحمل تحت الظروف الحقلية، وذلك لتحديد إلى أي مدى سينخفض معدل تكاثر النيماتودا، وينعدم الفقد في المحصول. كما يجب تقييم الاختلافات في رد فعل الأنواع أو العشائر المختلفة من النيماتودا لصفتي المقاومة والتحمل في النبات. ولذلك، يجب تحديد المساحة التي يمكن فيها استخدام هاتين الصفتين، ومدى احتمالية انكسار صفة المقاومة أو تطور عشائر نيماتودية أكثر شراسة. بل يجب أيضاً الوضع في الاعتبار أية ظروف يمكنها أن تؤثر على صفتي المقاومة والتحمل، كالارتفاع في درجة حرارة التربة على سبيل المثال. ويجب إمداد المربي أيضاً ومساعدته بجميع المعلومات المتوفرة حول كيفية توارث صفتي المقاومة والتحمل للإصابة، كما يجب إمداده أيضاً بالمعلومات الوافية التي تتعلق بإمكانية إدخال وتطوير هاتين الصفتين في محاصيله دونما ارتباط بأية صفات غير مرغوبة. وسوف نستعرض بعض الأمثلة المختارة لتوضيح الأسس التي من الممكن أن يُبنى عليها مجهودات التربية الناجحة لصفتي المقاومة والتحمل للنيماتودا.

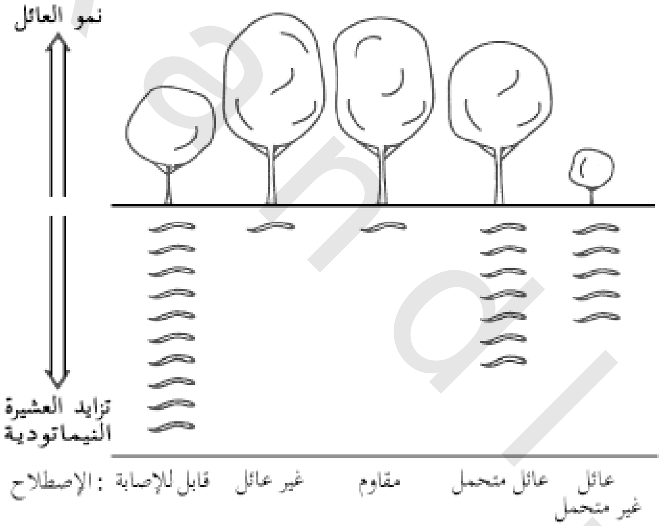
اصطلاحات
Terminology

سوف يتم التعريف ببعض المصطلحات الهامة وذلك لتوضيح المعنى المقصود منها، وخاصة أن بعض المصطلحات المستخدمة في مجال علم النيماتولوجي لا تستخدم بنفس المعنى في علم أمراض النبات العام. وقد تم تعريف ووصف هذه المصطلحات بواسطة بعض الهيئات أو الجهات في بعض المراجع التي يمكن للقارئ الاطلاع عليها مثل: (Roberts, 1982، وCook and Evans, 1987، وCook, 1991، و Trudgill, 1991، وShaner *et al.*, 1992، وDavis *et al.*, 2000).

ويوضح الشكل رقم (٢.١) شرحاً تصويرياً تخطيطياً لبعض المصطلحات الشائعة، حيث نجد أن معظم النباتات منيعة أو غير عائلة للنيماتودا، فهي لا تسمح للنيماتودا بأن تصيبها، وتصد غزوها لجذورها منذ البداية، وتمنعها من التطور والتكاثر، ومن ثم فهي لاتضار إطلاقاً من هذه النيماتودا. فعلى سبيل المثال تتجنب يرقات نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. جذور المشمش صنف "Royal Blenheim" تماماً، ومن ثمَ فإن أشجار المشمش من هذا الصنف تعد منيعة تجاه تلك النيماتودا.

يستخدم مصطلح المقاومة لوصف قدرة النبات في تثبيط قدرة النيماتودا على التطور والتكاثر، وقد تتراوح هذه الصفة في النباتات من المنخفضة Low إلى الجزئية أو المتوسطة Partial or intermediate resistance إلى العالية

المقاومة Highly resistance. والنبات عالي المقاومة هو النبات الذي يمنع النيماتودا تماماً من التكاثر عليه، أو يسمح بتكاثرها عليه بدرجة ضئيلة جداً، أما النبات متوسط المقاومة أو المقاوم جزئياً فهو النبات الذي يسمح بدرجة متوسطة من تكاثر النيماتودا عليه. أما القابلية للإصابة Susceptibility فهي الحالة العكسية تماماً لحالة المقاومة، فالنبات القابل للإصابة Susceptible هو النبات الذي يسمح بتطور وتكاثر طبيعي للنيماتودا عليه أو بداخله، وتظهر عليه الأعراض والتغيرات المرضية المعروفة مصاحبة لهذا التطور. ويصور الشكل رقم (٢،١) هذه التقسيمات العامة لردود أفعال النباتات تجاه العشائر النيماتودية. ويستخدم مصطلح المقاومة Resistance أيضاً لوصف قدرة النبات على كبح المرض، وخاصة في حالة نيماتودا تعقد الجذور (Sasser *et al.*, 1984)، كما يستخدم هذا المصطلح أيضاً بنفس المعنى في مجال علم أمراض النبات بوجه عام.



الشكل رقم (٢،١). شكل تخطيطي يوضح الاصطلاحات التي تصف الحالات المختلفة لاستجابة النبات للعدوى بالنيماتودا، ومعدل تكاثر النيماتودا عليه (McKenry and Roberts, 1985).

ويستخدم مصطلح التحمل Tolerance ونقيضه مصطلح عدم التحمل Intolerance لوصف قدرة النبات في مجابهة غزو النيماتودا، فالنبات غير المتحمل Intoleranct يتضرر بغزو النيماتودا ويتأثر نموه سلبياً وقد يموت. أما النبات المقاوم Resistant فهو عادةً أكثر تحملاً مقارنة بالنبات غير المقاوم، ومعظم النباتات القابلة للإصابة تضار بدرجة أو بأخرى عند إصابتها بالنيماتودا. وعموماً، لا ترتبط صفة المقاومة بصفة التحمل دائماً، وقد تبين أن كلتا الصفتين قد تكونان محكومتين بجينات خاصة مستقلة أحياناً (Trudgill, 1991 ؛ Evans and Haydock, 1990).

obeikandl.com

وقد يستخدم مفهوم التحمل تجاه النيماتودا أحياناً بمدلول أوسع ، كأن يصف الاستجابة العامة للنبات تجاه العدوى بالنيماتودا (Barker, 1993). ويمكن الاطلاع على مناقشة أوسع لمفهوم تحمل النباتات للنيماتودا في المرجع Wallace (1987).

قد تكون صفة المقاومة محكومة وراثياً بجين واحد مفرد Monogenic أو بعدد قليل من الجينات (بضع جينات) Oligogenic أو بعدد أكبر من الجينات (عدة جينات) Polygenic. وقد تُعرّف جينات المقاومة تبعاً لكم التأثيرات الظاهرية التي تحدثها ، فتسمى جينات رئيسة Major genes إذا كان تأثيرها كبيراً ، أو جينات ثانوية Minor genes إذا كان تأثيرها ضئيلاً. وهناك توصيفات أخرى لصفة المقاومة وردت في تصنيف فاندربلانك Vanderplank (1978) مثل : صفة المقاومة الرأسية Vertical resistance وهي مقاومة متخصصة للسلالة ، أو وصفية Qualitative ، وهي تميز أيضاً بين السلالات أو الطرز الإمراضية Pathotypes أو الطرز الأحيائية Biotypes لكائن ممرض معين ، وصفة المقاومة الأفقية Horizontal resistance وهي مقاومة غير متخصصة للسلالة أو كمية Quantitative ، وهي أيضاً فعالة تجاه جميع السلالات والطرز لكائن ممرض معين. وتتميز المقاومة الرأسية بأنها تكون محكومة عادةً بجين واحد أو جينين أو ثلاثة جينات ، ويمكن تعريفها تبعاً لنظرية الجينات المتناظرة Gene-for-gene type في كل من النبات العائل والكائن الممرض. أما المقاومة الأفقية فهي تتوراث عادة بواسطة عدة جينات ثانوية التأثير Minor genes تعطي تأثيرات مضيفة Additive تضيف كل منها للأخرى في نظام تراكمي يمنح في النهاية صفة المقاومة للنبات. وبوجه عام ، تكون المقاومة الكمية أكثر تحملاً عند تعرضها لظروف الضغط الانتخابي الذي يحدث في عشائر النيماتودا لمحاولة كسر هذه المقاومة. هناك أيضاً نوعان من المقاومة أو رد الفعل المقاوم يطلق عليهما ؛ مقاومة ما قبل العدوى Preinfectional resistance ، ومقاومة ما بعد العدوى Postinfectional resistance. وفي النوع الأول نجد أن صفة المقاومة توجد مستقلة طبيعياً في النبات حتى في ظل عدم حدوث العدوى بالنيماتودا كأن تكون أسطح الجذور ممانعة لاختراق النيماتودا على سبيل المثال. أما النوع الثاني من المقاومة ، وهو المقاومة التي تحدث بعد العدوى بالنيماتودا ، فهو نوع من المقاومة يظهر استجابة لاختراق الجذر بواسطة النيماتودا ودخولها داخل أنسجته ، ثم فشلها في تكوين مناطق للتغذية Feeding sites ، أو في المحافظة على تلك المناطق (Roberts *et al.*, 1998).

توجد في النيماتودا جينات خاصة بصفة الشراسة الإمراضية Virulence ، يقابلها جينات خاصة بالمقاومة في النبات العائل. وتعرّف الشراسة الإمراضية Virulence بأنها عبارة عن قدرة النيماتودا أو الكائن الممرض في التكاثر على نبات عائل يحتوي على واحد أو أكثر من جينات المقاومة. إذاً ، فالنيماتودا الشرسة Virulent nematode هي نيماتودا قادرة على التكاثر ، بينما النيماتودا غير الشرسة Avirulent nematode هي نيماتودا غير قادرة على التكاثر في ظل وجود جين (أو جينات) المقاومة. وهناك ظاهرة هامة تتعلق بالشراسة الإمراضية ، وهي أن العشائر النيماتودية

هي في العادة، عبارة عن خليط من أفراد شرسة وأخرى غير شرسة، ويتراوح تكرار كل من هاتين المجموعتين (النيماتودا الشرسة وغير الشرسة) داخل العشيرة عادةً بين الصفر والواحد الصحيح. ومن ثمَ، سوف يحدد تكرار الأفراد الشرسة داخل العشيرة مقدار وجهد الضغط الانتخابي للنيماتودا نحو صفة الشراسة الإمراضية في ظل وجود جينات المقاومة في النبات العائل. وفي علم أمراض النبات العام، تسمى الجينات التي تحمل شفرات هذه الصفة بجينات عدم الشراسة الإمراضية Avirulence or Avr genes. أما علماء النيماتولوجي فإنهم يطلقون على هذه الجينات أحياناً اسم جينات التطفل Genes of parasitism أو Parasitism genes. ويعد المرجع Davis *et al.* (2000) من المراجع الحديثة المتعمقة في شرح ووصف جينات النيماتودا التي تتعلق بالتطفل والشراسة الإمراضية، كما يساعد هذا المرجع كثيراً في إعطاء التعريفات والاستخدامات المثلى لمثل هذه المصطلحات.

وهناك مصطلحات مختلفة قد تم استخدامها لتصنيف أنواع أو أشكال الاختلافات الفسيولوجية Physiological variations اعتماداً على استجابة العائل لنوع نيماتودي معين. وقد تلتبس مفاهيم هذه المصطلحات أحياناً بسبب الاستخدام غير المحدد لها عند التعامل مع المجاميع النيماتودية المختلفة: فمصطلح السلالة Race أو السلالة المتخصصة عوائلياً Host-race قد تم استخدامه لتصنيف الاختلافات في نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines*؛ ومصطلح الطراز الإمراضي Pathotype قد تم استخدامه في حالة كل من: نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera pallida*، و*G. rostochiensis*، ونيماتودا حوصلات الحبوب *H. avenae*؛ بينما تم استخدام مصطلح الطراز الأحيائى Biotype بالنسبة لنيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci*. وهناك تفسير شائع (ولكنه ليس عالمياً) لمثل هذه المصطلحات وهو أن السلالات Races داخل النوع النيماتودي الواحد يمكن التفريق بينها باستخدام اختبارات العوائل المفرقة (كما في حالة سلالات نيماتودا تعقد الجذور التي يمكن تفريقها على الفلفل، والتبغ، والقطن، والفول السوداني، والطماطم)، بينما الطرز الإمراضية Pathotypes يمكن تفريقها باستخدام جينات المقاومة في الأصناف والسلالات النباتية لنوع نباتي معين أو عدة أنواع نباتية قريبة الصلة (كما في نيماتودا حوصلات البطاطس على البطاطس).

وقد عرفت تريانتافيلو Triantaphyllou (1987) مصطلح الطراز الأحيائي Biotype كوحدة أحيائية تتألف من مجموعة متقاربة وراثياً من الأفراد التي تشترك في صفة أحيائية معينة أو صفة ظاهرية معينة تتعلق بقدرتها التطفلية على العوائل المفرقة. وقد تتكون العشيرة الحقلية لنوع نيماتودي معين من مجموعة من الأفراد التي تنتمي لطرز أحيائية مختلفة، وقد يطلق على مجموعة الطرز الأحيائية التي تكون عشيرة حقلية ما لفظ السلالة Race. ومن هنا، قد تمثل العشيرة الحقلية سلالة تحتوي على واحد أو اثنين أو ثلاثة أو أكثر من الطرز الأحيائية التي توجد مع بعضها بنسب مختلفة لتكون هذه السلالة. وقد يشار إلى فرد نيماتودي واحد بأنه ينتمي إلى أكثر من طراز أحيائي واحد،

اعتماداً على ترتيب جينات عدم الشراسة الإمراضية Avirulence genes التي يمتلكها هذا الفرد المقابلة للتكوين الجيني للعوائل المفرقة التي تستخدم في التفريق بين الطرز الأحيائية (Triantaphyllou, 1987). وقد طور روبرتز Roberts (1995) عناصر هذا المعتقد الذي يتعلق بالطراز الأحيائي ليعطي إلماماً واضحاً يمكن استخدامه في تصنيف الاختلافات داخل جنس نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.، وقد تم تحديد هذا الإطار باستخدام رد فعل النيماتودا تجاه جينات المقاومة في مختلف العوائل النباتية المفرقة، وتم تطبيق ذلك بالفعل بواسطة فان ديربيك وآخرون Van der Beek *et al.* (1999).

منافع المقاومة

Benefits of Resistance

تُفضل المقاومة النباتية دائماً وتعطى الأولية كهدف أكبر في إدارة الآفات النيماتودية قبل طرق المكافحة الكيماوية والأحيائية والزراعية والتنظيمية (Barker *et al.*, 1994). ويمكن الحصول على العديد من المميزات والفوائد عند تربية النباتات لصفة المقاومة تجاه الآفات النيماتودية الضارة لكي تنمو وتنجح هذه النباتات في الأراضي الملوثة بتلك الآفات. وتمثل النباتات المقاومة طريقة فعالة واقتصادية لإدارة النيماتودا في كل من النظامين الزراعيين، العالي والمنخفض القيمة الاقتصادية. وبافتراض اقتران صفتي المقاومة والتحمل تجاه الإصابة بالنيماتودا في نبات ما، سوف يكون هذا النبات في حماية ذاتية Self-protected من النيماتودا، وسوف ينتج جيداً عند زراعته في تربة ملوثة بالنيماتودا. بل الأكثر من ذلك، أن الصنف المقاوم في النظم الزراعية الحولية يمكنه أن يخفض أعداد النيماتودا كثيراً في التربة إلى الحد الذي تصبح فيه غير مؤثرة على المحصول التالي، ومن ثم، يمكن استخدام هذا الصنف بنجاح في تصميم الدورات الزراعية القصيرة. وإضافة إلى ذلك، يعد من الفوائد الأخرى أيضاً لصفة المقاومة في المحاصيل قدرة تلك الأصناف المقاومة في التأقلم والتنافس البيئي، ومن ثمَ عدم حاجتها إلى عمليات خاصة أو نفقات إضافية. وقد يكون ارتفاع أثمان بذورها فقط هو الاستثناء الوحيد من ذلك. فعلى سبيل المثال، يكون سعر بذور صنف الطماطم الهجين المقاوم للنيماتودا أعلى كثيراً مقارنة بسعر بذور صنف الطماطم مفتوح التلقيح القابل للإصابة. وفي الدول النامية والنظم الزراعية منخفضة القيمة الاقتصادية، قد تكون صفة المقاومة هي الحل الحيوى الوحيد المناسب للمشاكل النيماتودية. يمكن أيضاً دمج المقاومة والتحمل مع عناصر المكافحة الأخرى في برنامج الإدارة، وذلك لزيادة فعاليتها أو للمحافظة عليها (Roberts, 1993).

هناك العديد من المراجع التي أوردت إمكانية استخدام الأصناف والأصول المقاومة لإدارة النيماتودا (Sasser and Kirby, 1979؛ Sidhu and Webster, 1981؛ Roberts, 1982؛ Cook and Evans, 1987؛ Trudgill, 1991؛ Roberts, 1992؛ Roberts *et al.*, 1998؛ Young, 1998). وقد نجحت بعض البرامج في تعريف مصادر المقاومة،

obeikandi.com

وإدخال هذه المصادر في بعض الأصناف من المحاصيل المرغوبة تجارياً. وبالرغم من فعالية هذه المصادر في مقاومة النيماتودا أو على الأقل تحمل الإصابة بها، فإن الأصناف التي تم تطويرها لمقاومة أو تحمل النيماتودا، وكانت مقبولة وناجحة على النطاق التجارى، كانت قليلة. وقد يساعد كل من التطور التقني في برامج التربية باستخدام الدلائل الجزيئية (انظر الفصل الثاني عشر)، واستنساخ الجينات المقاومة، وطرق الهندسة الوراثية الأحيائية، وتحوير النباتات وراثياً في الإسراع بتطوير الأصناف المقاومة للنيماتودا (Milligan *et al.*, 1998 ؛ Opperman and Conkling, 1998 ؛ Boeteux *et al.*, 2000). كما ستساهم التقنيات الحديثة في عمليات التحور الوراثي وتتخطى بها حواجز طرق التربية التقليدية، الأمر الذي سيكون له إسهامات كبيرة في زيادة الإنتاج العالمي من الغذاء والألياف من خلال الأصناف المقاومة للنيماتودا.

تم تطوير صفة المقاومة للنيماتودا بشكل رئيسي تجاه أنواع النيماتودا المتطفلة عالية التخصص العوائلي مثل أنواع نيماتودا الحوصلات *Globodera* و*Heterodera* ؛ ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne*، والنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus*، ونيماتودا الموالح *Tylenchulus*، ونيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus*. وكل هذه الأنواع من النيماتودا (فيما عدا نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus*) ذات طبيعة تطفل داخلية ساكنة. وقد تكون المقاومة فعالة تجاه أنواع النيماتودا التي تنتمى إلى أجناس مختلفة، أو تجاه أكثر من نوع داخل الجنس الواحد، أو تجاه نوع نيماتودي معين، أو حتى تجاه سلالات مختلفة داخل نفس النوع (Roberts, 1992). أما المقاومة تجاه المجاميع النيماتودية الأقل تخصصاً كما في حالة أجناس النيماتودا داخلية التطفل المتجولة كأجناس نيماتودا الأوراق *Aphelenchoides* ونيماتودا التقرح *Pratylenchus* فقد تم تطويرها في حالات محدودة فقط. وينطبق نفس الشيء أيضاً على أجناس النيماتودا خارجية التطفل كما في حالة النيماتودا الخنجرية على العنب على سبيل المثال (Meredith *et al.*, 1982 ؛ Harris, 1983). وهذا النمط من المقاومة يعكس قوى التطور المشترك بين العائل والطفيل، فالعلاقات عالية التخصص بين العائل والطفيل قد نتج عنها استنساخ جينات مقاومة متخصصة في النبات العائل وجينات تطفل متخصصة في الطفيل (Roberts, 1982 ؛ Stone, 1985). ويبدو أن النيماتودا خارجية التطفل على الجذور ذات الطبيعية التطفلية الأقل تخصصاً لا تمثل دافعاً انتخابياً قوياً لصفة المقاومة في العوائل النباتية في أغلب الحالات، بالرغم من أن صفات التحمل قد تكون مفيدة في برامج التربية.

تم الحصول على مصادر المقاومة تجاه النيماتودا من الأنواع النباتية البرية أو السلالات النباتية المشتقة منها. ومثل هذه المصادر الهامة لجينات المقاومة تظل دائماً مصدراً جيداً لجينات مقاومة أخرى. فعلى سبيل المثال، تركزت الجهود على تعريف جينات المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في أصناف الطماطم من خلال البحث عن الجين *Mi*، وهو أول جينات المقاومة التي تم تعريفها في الطماطم تجاه هذه النيماتودا. وقد أسفرت تلك الجهود عن وجود ثمانية

جينات مقاومة أخرى على الأقل في نوع الطماطم .*Lycopersicon peruvianum* L (Roberts *et al.*, 1998 ؛ Vermis *et al.*, 1999). ولكن هذه الجينات تمثل تحدياً في عمل برامج التربية بسبب مشاكل عدم التوافق، وخاصة بين التراكيب الوراثية المختلفة فيما بينها تصنيفياً، وارتباط هذه الجينات المقاومة بجينات أخرى ذات صفات محصولية غير مرغوبة. وقد تسهل تقنيات تحرير الأجنة والتهجينات الخلوية من التغلب على عقبات التحوير الوراثي المعتمدة على استنساخ ونقل الجينات (Milligan *et al.*, 1998). وقد تساعد أيضاً الطفرات التي يمكن إحداثها بواسطة الإشعاع في زيادة مستويات المقاومة تجاه النيماتودا في أصناف البطاطس على سبيل المثال، ولكن مثل هذه الطفرات تحتاج إلى اختبار ومتابعة ثباتها (Tellhelm and Stelter, 1984). وقد تسهل طرق تجديد النباتات عن طريق استخدام الأجزاء النباتية أو الأنسجة أو الخلايا من مهمة عملية الانتخاب للتراكيب الوراثية التي تحمل صفات مرغوبة للمقاومة نشأت من تغيرات نووية مفردة. وقد تمت مناقشة مثل هذه التغيرات الوراثية التي تنشأ من تقنية مزارع الأنسجة وقدرتها كمصادر للمقاومة تجاه الأمراض والنيماتودا بواسطة Litz (1986). ولكن هذا الهدف لم يثبت نجاحه كثيراً. وفي الوقت الحاضر، تلقت الأشكال الحديثة لطرق الهندسة الوراثية الأحيائية التي تهدف إلى البحث عن صفة المقاومة اعتماداً على البيولوجيا الجزيئية اهتماماً كبيراً، وأصبحت واعدة بحق، وخاصة بعد التقدم التقني الذي حقق الكثير من الأهداف التي كانت أحلاماً في وقت ما، وقد تم تحقيق بعض التقدم الفعلي في تطوير أصناف مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور (Opperman and Conkling, 1998).

استخدمت معظم برامج تربية الأصناف والأصول المقاومة للنيماتودا جينات رئيسة بسيطة التوارث. وبصفة عامة، يسهل تعريف هذا النوع من المقاومة ونقله إلى النباتات عن طريق تهجينات رجعية قصيرة أو برامج تربية تقليدية، وذلك بالمقارنة بصفات المقاومة الكمية المحكومة بعدد من الجينات التي تتطلب تهجينات متعددة ومكثفة، وانتخابات ضمن برامج الانتخاب المتكرر. أيضاً يقوم معظم مربو النباتات بإجراء تهجينات رجعية لصفات المقاومة المرغوبة مع سلالات تجارية، ولا يستخدمون التراكيب الوراثية القديمة في برامجهم. وبالمثل، قد تكون التربية لصفة التحمل بنفس الطريقة من الارتباك بسبب تحكم عدة جينات في الصفة في معظم الأحوال. وقد تم مناقشة هذا الأمر في العديد من المراجع (Simmonds, 1995 ؛ Young, 1998). وقد يكون النجاح أو المشاكل المتعلقة ببرامج تربية البطاطس لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس باستخدام نباتات تكون صفة المقاومة فيها محكومة بجين واحد (مثل *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*)، ونباتات أخرى تكون صفة المقاومة فيها محكومة بعدة جينات (مثل *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*، و*S. vernei*) مثالاً واضحاً لذلك (Phillips and Trudgill, 1983 ؛ Jones, 1985). ومن المحتمل ألا يتغير الاتجاه ناحية التربية باستخدام مصادر المقاومة غير الثابتة برغم توفر الفرص الحديثة التي تسمح بالتحوير الوراثي للأصناف القابلة للإصابة المتباينة الزيجوت عن طريق استنساخ جينات المقاومة

كالجين *Mi* المقاوم لنيماتودا تعقد الجذور، وذلك لأن جين المقاومة المفرد الرئيسي يعطي طريقاً مباشراً لتطوير التراكيب الوراثية المقاومة باستخدام تلك المصادر.

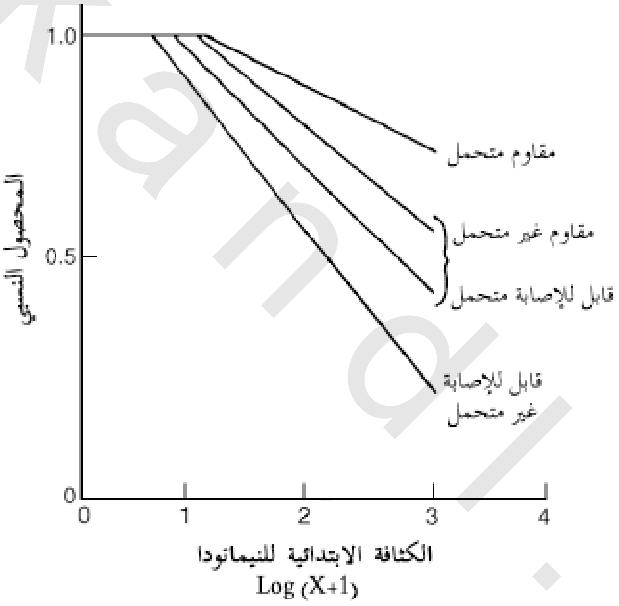
التحمل والمحصول
Tolerance and Yield

يوضح المنحنى في الشكل رقم (٢,٢) ملخصاً لتأثير صفتي المقاومة والتحمل على غلة المحصول. ويمكن تسمية العلاقة العامة بين الغلة النسبية للمحصول والكثافة العددية الابتدائية للنيماتودا التي وصفها سينهورست Seinhorst (1965) بدالة الضرر النيماتودي. ففي حالة المحاصيل القابلة للإصابة غير المتحملة تكون هذه العلاقة خطية عادة، إلا في حالتين اثنتين هما الكثافة العددية المنخفضة جداً أو المرتفعة جداً من النيماتودا. وسوف يكون كل من وضع وميل المنحنى محكوماً بالتحمل النسبي للصنف المزروع. وسوف يؤدي إدخال صفة المقاومة أو التحمل لهذا الصنف إلى: ١) تغيير اتجاه المنحنى إلى اليمين، مشيراً إلى أن زيادة الكثافة العددية للنيماتودا تحدث خفضاً ملموساً في غلة المحصول، و٢) انخفاض ميل المنحنى لأن انخفاض الضرر الحادث بواسطة النيماتودا نفسها ينتج عنه غلة أفضل في المحصول حتى عند المستويات المرتفعة من الكثافة العددية للنيماتودا. وتفيد منحنيات دالة الضرر النيماتودي كثيراً عند تخطيط البرامج الناجحة لإدارة النيماتودا التي تعتمد على جمع العينات للفحص والتقييم النيماتودي (Duncan and Noling, 1998).

ومن الصعب دائماً اختيار صفة التحمل للنيماتودا لأن التوصيف الدقيق لهذه الصفة يتطلب طرق مقارنة لقياس النمو النباتي في النباتات المختارة لهذه الدراسة في الحقول الملوثة بالنيماتودا. وفي مثل ذلك، تفيد جداً المقارنة في المراحل المتأخرة من برنامج التربية باستخدام الأصناف أو الأصول القياسية، كما هو الحال في التركيبات الوراثية المفضلة حديثاً، سواء في وجود أو غياب النيماتودا. ومثل هذا البروتوكول يكون مستهلكاً للوقت، ويتطلب عمالة مكلفة قياساً إلى الطرق السريعة لقياس صفة المقاومة باستخدام طرق قياس معدل تكاثر النيماتودا في الصوب الزجاجية أو المختبرات، أو باستخدام طرق الدلائل الجزيئية أو المشابهات الإنزيمية (Williamson *et al.*, 1994). وقد أجريت بعض المحاولات لإيجاد علاقات ارتباط بين الدلائل الجزيئية وصفة التحمل، فعلى سبيل المثال، وجد أن تركيز أيون الكالسيوم في أنسجة البطاطس يرتبط بصفة التحمل تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس، ولكن لم يمكن اعتباره دليلاً يمكن أن يعوّل عليه بالكامل (Evans and Franco, 1979). ولكن التقدم الكبير الذي حدث في الوقت الحالي فيما يتعلق بالتحليل الجزيئي لمواقع الصفة الكمية QTLs على الجين قد أعطى وعوداً كبيرة بإمكانية استغلاله لانتخاب صفة التحمل للنيماتودا (انظر الفصل الثاني عشر). ويعد إدخال صفة التحمل للنيماتودا في المحاصيل النباتية أمراً مرغوباً، وربما أيضاً أمراً حتمياً لزيادة إنتاجية المحاصيل في حالة غياب صفة المقاومة. ومن الأمثلة التطبيقية لذلك، مجموعة أصناف القطن "Acala" التي تمت تربيتها في أرض ملوثة بنيماتودا تعقد الجذور

obeikandl.com

M. incognita مما أكسبها صفة التحمل لتلك النيماتودا برغم أنها لازالت قابلة للإصابة بها. وقد أمكن لهذه الأصناف أن تنمو في أراضي خفيفة إلى متوسطة التلوث بنيماتودا تعقد الجذور دون الحاجة إلى استخدام المبيدات النيماتودية (Roberts and Goodell, 1997). وإذا ما اقترنت صفة التحمل بصفة المقاومة في صنف ما، فإن الأمر يصبح أكثر إغراءً من زراعة الأصناف المتحملة فقط، لأن المجموع الجذري القوي الكبير للأصناف المتحملة القابلة للإصابة يدعم تكاثر النيماتودا وزيادة أعدادها في التربة، الأمر الذي سيشكل مشاكل كبيرة للمحصول التالي إذا كان قابلاً للإصابة أو غير متحمل للنيماتودا. وبالرغم من ذلك، تظل الأصناف المتحملة للإصابة في غاية الأهمية بالنسبة للنظم والدورات الزراعية التي يجري تخطيطها بعناية وتدخل فيها مثل هذه الأصناف مع الطرق الأخرى بغرض إدارة النيماتودا.



الشكل رقم (٢,٢). منحنى دوال الضرر الافتراضية (العلاقة بين المحصول والكثافة الابتدائية للنيماتودا) للأصناف المحصولية التي تحتوي على صفات مختلفة من المقاومة والتحمل للإصابة (Roberts, 1982).

المقاومة وعشائر النيماتودا

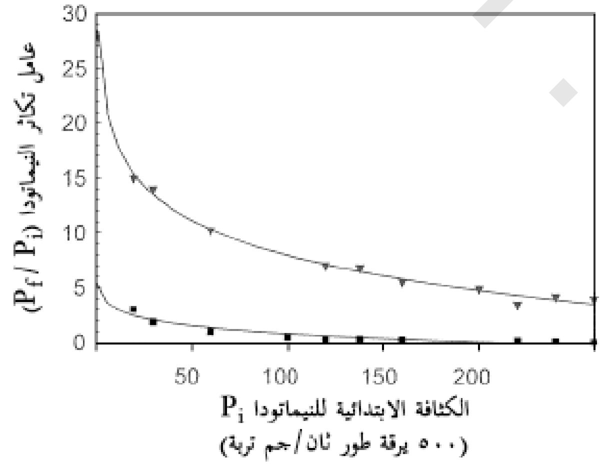
Resistance and Nematode Populations

يمكن إدارة المشاكل النيماتودية في النظم الزراعية الحولية حيث يزرع محصول أو أكثر في نفس الحقل في العام الواحد عن طريق إدخال محاصيل ذات مستويات مختلفة من المقاومة و/أو التحمل، سواء مجتمعين، أو منفردين. وتؤدي زراعة المحاصيل القابلة للإصابة إلى زيادة أعداد عشائر النيماتودا حتى لو كانت الكثافة العددية الابتدائية لتلك العشائر منخفضة في بداية الموسم، على الرغم من أن معدل تكاثر النيماتودا ينخفض في حالة وجود كثافة

obeikandi.com

نيماتودية مرتفعة. وتعكس هذه العلاقة أثر الكثافة الابتدائية المرتفعة للنيماتودا في زيادة تنافس النيماتودا على أماكن الغذاء، وتصبح هذه العلاقة مركبة أيضاً في حالة النباتات غير المتحملة حيث يكون المجموع الجذري صغيراً لتضرره من الإصابة بالنيماتودا (Ferris, 1985 ؛ McSorley, 1998). وبسبب هذه العوامل المتداخلة، يمكن أن تنتج الكثافات الابتدائية للنيماتودا نفس الكثافات العددية النهائية. أما تأثير التحمل على تضاعف أعداد النيماتودا فيتجه ناحية التضاعف المتعاظم للعشائر النيماتودية عند المستويات الابتدائية المرتفعة من النيماتودا، وذلك بسبب المجموع الجذري الكبير القوي للنباتات المتحملة.

أما تأثير صفة المقاومة على تضاعف أعداد النيماتودا فيكون محكوماً بقدرتها في الحد من قدرة النيماتودا في التكاثر على النباتات. وكما سبق وصفه عند شرح المصطلحات، فإن صفة المقاومة قد يكون لها تأثيرات محدودة أو متوسطة أو مرتفعة. ومثل هذه التغيرات المختلفة المستويات سوف تتحكم كثيراً في معدل تضاعف النيماتودا. ويوضح الشكل رقم (٢,٣) العلاقة بين الكثافة الابتدائية والنهائية لعشائر نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* في تجارب حقلية تم إجراؤها في وادي سان جوكوين بكاليفورنيا في أمريكا على صنف القطن المقاوم "NemX" وصنف القطن القابل للإصابة "Maxxa" (Ogallo *et al.*, 1999). فقد حدث بعض التكاثر للنيماتودا على الصنف المقاوم، وعند الكثافة الابتدائية المنخفضة من النيماتودا، زاد معدل تكاثر النيماتودا (Pf/Pi) عن الواحد الصحيح. وعلى الرغم من ذلك، ظل معدل تكاثر النيماتودا على الصنف المقاوم أقل كثيراً منه على الصنف القابل للإصابة. وقد حدث هذا الاختلاف في مستويات التكاثر عند مستويات متعددة من الكثافة الابتدائية المنخفضة من النيماتودا التي تقترب من حد الضرر الاقتصادي. ويعد جين المقاومة *Mi* في الطماطم مثالاً آخر للمقاومة ذات التعبير الجيد عن نفسها التي تمنع أو تخفض كثيراً من معدل تكاثر نيماتودا تعقد الجذور، والتي ينتج عنها كثافة نهائية من النيماتودا أقل كثيراً من الكثافة الابتدائية لها (Pf/Pi = أقل من الواحد) (Roberts and May, 1986).

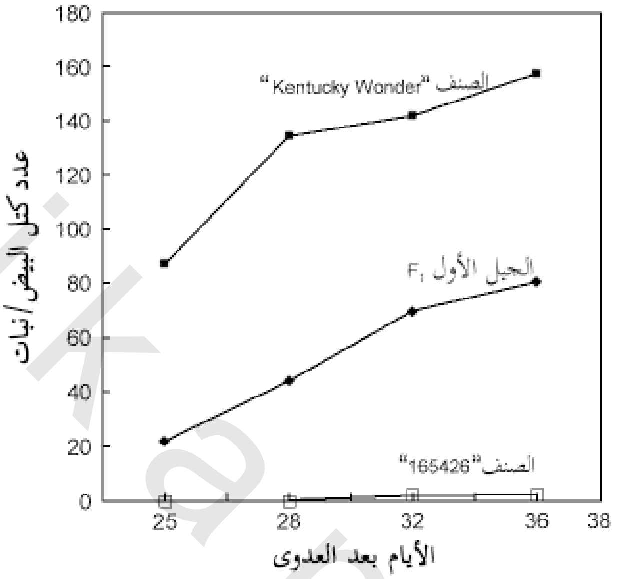


الشكل رقم (٢,٣). العلاقة بين الكثافات الابتدائية المختلفة لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* وعامل تكاثر النيماتودا (Pf/Pi) في قطع تجريبية مزروعة بدورة زراعية تشمل صنف القطن المقاوم "NemX" (■)، والصنف القابل للإصابة "Maxxa" (▼). ويوضح الشكل الدالة اللوغاريتمية للمنحنيات (Ogallo *et al.*, 1999).

هناك عدد من العوامل يمكنها أن تؤثر على التحرك الموسمي لعشائر النيماتودا على الأصناف النباتية المقاومة. وقد يتحور مستوى التعبير الجيني لجين المقاومة في النبات تبعاً لكل من : التركيب الوراثي للنبات نفسه ، والتأثيرات البيئية ، ودرجة الشراسة الإمراضية للنيماتودا. وفي حالة المقاومة المحكومة كمياً بعدة جينات ، نجد أن عدد الجينات وتأثيراتها التراكمية يحددان مستوى التعبير الجيني (Jones, 1985). وبعض جينات المقاومة السائدة قد ثبت استقلال سيادتها تحت ظروف معينة. فعلى سبيل المثال ، وجد أن صفة المقاومة في الفاصوليا تجاه نيماتودا تعقد الجذور التي يتحكم فيها الجين *Me2* (Omwega and Roberts, 1992) هي دائماً صفة سائدة تماماً عند درجة حرارة ٢٦ °م ، ولكنها لا تكون كذلك عند درجة حرارة ٢٨ °م حيث تُبدي بعض الاستجابة الأليلية للسيادة غير التامة (الشكل رقم ٢.٤). فالنباتات الأبوية متماثلة الزيجوت بالنسبة للجين *Me 2* كانت مقاومتها ثابتة عند درجة حرارة ٢٨ °م ، بينما نباتات الجيل الأول F1 المتباينة الزيجوت للجين *Me 2* قد أبدت مستوى متوسط من المقاومة. وقد وجد أن صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور التي تم تعريفها حديثاً في نباتات الجزر لها أيضاً صفة السيادة غير التامة في حالة تباين الزيجوت (Simon *et al.*, 2000). ومع ذلك ، ما زالت المقاومة متباينة الزيجوت فعالة بدرجة كافية في منع ظهور العقد النيماتودية على جذور النباتات بصورة معنوية ، وكذلك في منع حدوث ظاهرة انفلاق الجذر التي تحدث في الأصناف القابلة للإصابة من محصول الجزر. وحتى الجين *Mi* المسؤول عن صفة المقاومة في الطماطم تجاه نيماتودا تعقد الجذور الذي عُرف طويلاً بأنه جين سائد سيادة تامة ، وبقدرته في خفض تكاثر نيماتودا تعقد الجذور ، قد اتضح أنه أيضاً يبدي بعض التعبير الجيني الكمي في وجود عزلات النيماتودا ذات الشراسة الإمراضية المتوسطة على النباتات التي تحتوي الجين *Mi* (Tzortzakakis *et al.*, 1998). ويعد التنبؤ بالتعبير الجينى غير الكامل أمراً هاماً في برامج التربية حيث يكون اختيار إنتاج الهجين في هذه الحالة أمراً حتمياً عوضاً عن إنتاج الأصناف.

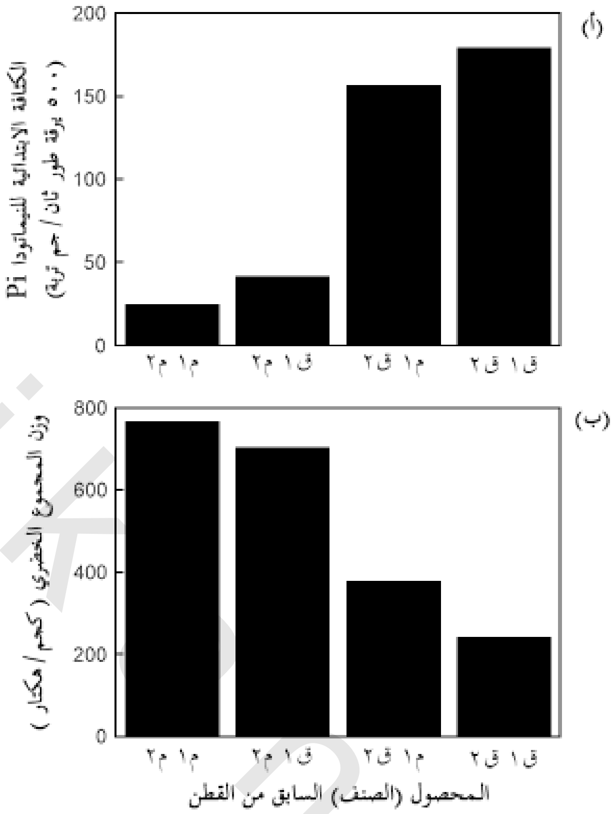
وتؤثر درجات الحرارة على التعبير الجيني لصفة المقاومة ليس فقط في حالة السيادة غير التامة ، ولكن أيضاً عند ارتفاع درجة حرارة التربة. وقد تفقد بعض جينات المقاومة للنيماتودا في النبات قدرتها على التعبير فتصبح النباتات قابلة للإصابة وتسمح بمعدلات عالية من تكاثر النيماتودا (Roberts *et al.*, 1998). وهناك تعقيدات أخرى أيضاً تظهر نتيجة لزيادة عدد أجيال النيماتودا في ظل الأجواء الدافئة. ويعد الجين *Mi* في الطماطم أيضاً مثالاً تقليدياً لحساسية جينات المقاومة للحرارة ، حيث يفقد هذا الجين تعبيره المقاوم عند درجات حرارة ٢٨– ٣٠ °م أو ما فوقها. ويجب أن تستفيد برامج التربية من معرفة حدود المقاومة داخل مدى حراري معين. وفي حالة مقاومة الطماطم لنيماتودا تعقد الجذور ، فإن حساسية الجين *Mi* للحرارة تستوجب البحث عن جينات أخرى إضافية للمقاومة تجاه هذه النيماتودا. وقد تم بالفعل تعريف عدة جينات للمقاومة في الطماطم البرية *L. peruvianum* ووجد أنها ثابتة التعبير عند درجات الحرارة المرتفعة Heat-stable حيث أظهرت تعبيرها المقاوم عند درجات حرارة ٣٤ °م أو ما فوقها (Vermis and Roberts, 2000 ؛ Roberts *et al.*, 1998). ولهذا ، فإن أحد الأهداف الهامة للتربية في الطماطم هو تطوير

أصناف ثابتة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور عند درجات الحرارة المرتفعة لاستخدامها في الزراعة في المناطق ذات المواسم الحارة مثل: ولاية فلوريدا الأمريكية، ودول جنوب حوض البحر المتوسط.



الشكل رقم (٢,٤). إنتاج كتل البيض بواسطة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* على جذور الفاصوليا صنفي؛ "Kentucky Wonder" (KW)، و"165426" ونباتات الجيل الأول F1 الناتجة عن التهجين بينهما. ويوضح الشكل ظاهرة السيادة غير التامة للجين *Me2* على درجة حرارة ٢٨ °م، وذلك في كل من؛ الزيجوت المتماثل المتنحي القابل للإصابة، والزيجوت المتماثل السائد المقاوم، والزيجوت المتباين في التراكيب الوراثية الثلاثة (Omwega and Roberts, 1992).

ومن الفوائد العظمى التي يمكن الحصول عليها أيضاً هي حماية المحصول التالي في الدورة الزراعية من الضرر بالنيماتودا، وذلك عندما يسبقه محصول مقاوم اقتصادي يعمل على خفض أعداد النيماتودا في التربة. وفي الحقول شديدة التلوث بنيماتودا تعقد الجذور في ولاية كاليفورنيا الأمريكية، يتم زراعة محصول قطن، أو فاصوليا الليما، أو أي محصول آخر قابل للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور بعد زراعة محصول طماطم مقاوم يحتوي في تركيبه الوراثي على الجين *Mi*، وذلك دون أن تتضرر تلك المحاصيل أو يحدث لها فقد ملموس في غلة المحصول. ومن ثمَ، نتجنب استخدام المبيدات النيماتودية ونتجنب تكلفتها. وقد يفيد المحصول عالي المقاومة للنيماتودا في حماية المحاصيل التالية له وتوفير نفقات المكافحة لمدة عامين بعده على الأقل. ويمكن توضيح الفوائد التي تم الحصول عليها من دورة زراعية أدخل فيها صنف القطن المقاوم "NemX" في الشكل رقم (٢,٥).



الشكل رقم (٢,٥). (أ) الكثافة الابتدائية Pi (قبل الزراعة) لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita*، (ب) الوزن الكلي للمجموع الخضري لنباتات فاصوليا الليما في عام ١٩٩٦ بعد زراعة صنف القطن المقاوم "NemX" (م)، و/أو الصنف القابل للإصابة "Maxxa" (ق) في عام ١٩٩٤ (١) و١٩٩٥ (٢) (Ogallo *et al.*, 1999).

ويترجم انخفاض معدل تكاثر النيماتودا على صنف القطن "NemX" في الشكل رقم (٢,٣) إلى حماية معنوية لصنف فاصوليا الليما القابل للإصابة التالي له في الدورة الزراعية (الشكل رقم ٢,٥)، أو لصنف قطن قابل للإصابة (غير موضح في الشكل) (Ogallo *et al.*, 1999). وفي الشكل رقم (٢,٥أ) نجد أنه قد حدث انخفاض واضح جداً في الكثافة العددية للنيماتودا بعد زراعة الصنف المقاوم "NemX"، مقارنة بالكثافة العددية المرتفعة جداً للنيماتودا بعد زراعة الصنف القابل للإصابة "Maxxa". وقد تم أيضاً توضيح تأثيرات زراعة مثل هذه الأصناف المقاومة والقابلة للإصابة لمدة عام أو عامين. أما الشكل رقم (٢,٥ب) فيوضح أن الزيادة في غلة محصول صنف فاصوليا الليما القابل للإصابة الذي تمت زراعته بعد صنف القطن المقاوم قد جاء نتيجة للحماية التي وفرها ذلك الصنف المقاوم للمحاصيل التي زرعت بعده بعام أو حتى عامين.

obeikandl.com

هناك اهتمام متزايد لتطوير واستخدام المحاصيل غير الاقتصادية Non-cash crops في نظم الإنتاج لخفض مستويات كثافة النيماتودا في التربة. ومن هذه المحاصيل ؛ محاصيل الغطاء Cover crops ، والمحاصيل الصائدة Trap crops ، وهي محاصيل تستخدم لخفض الكثافة العددية للنيماتودا في التربة قبل زراعة المحصول الاقتصادي Cash crop. ولكن هناك أيضاً بعض التحديات التي تستوجب الاعتبار مثل : كيفية استخدام المحاصيل داخل إطار المنظومة الزراعية أولاً ، ثم كيفية تسويقها ثانياً (Noe, 1998). وبرغم ذلك ، فإن أسس استخدام محاصيل الغطاء والمحاصيل الصائدة تعد من الأسس البسيطة. ففي الحالتين ، تواجه النيماتودا نباتات مقاومة تفرز إفرازات تنشطها وتجعلها تخترق جذورها ، ولكنها لا تسمح بتكاثرها داخل هذه الجذور. ويعد تطوير وتحسين محاصيل الغطاء والمحاصيل الصائدة في برامج التربية أمراً هاماً وهدفاً منشوداً ذا شأن ، وذلك في ضوء الطلب المتزايد لإيجاد بدائل للمكافحة الكيميائية التقليدية. وفي برامجنا ، تم توجيه الجهود إلى تطوير أصناف اللوبيا كمحاصيل غطاء تمتلك قاعدة عريضة من المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور بالإضافة إلى مقاومتها أيضاً لبعض الآفات الحشرية والأمراض النباتية ، وتحملها للحرارة المرتفعة ، وإنتاجها لكتلة حيوية نباتية جيدة يمكنها أن تفيد التربة وتحسن حالتها وترفع خصوبتها.

وبخلاف تلك الأمثلة السابق ذكرها من المقاومة ، حيث يكون كل نبات بذاته مقاوماً للنيماتودا ، نجد أن هناك محاصيل أخرى مثل البرسيم الحجازي تتميز بكونها مفتوحة التلقيح ، وتنتقل حبوب لقاحها بواسطة الحشرات ، ومن ثمَ تتميز بدرجة عالية من تباين الزيجوت Heterozygosity. ومن ثم ، كانت الأصناف التي تم اختيارها لمقاومة نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci* ونيماتودا تعقد الجذور *M. hapla* ، و*M. incognita* تحتوي على خليط من نباتات مقاومة وأخرى قابلة للإصابة بنسب مختلفة ، حيث كانت نسبة النباتات المقاومة تتراوح بين ٢٠ و٩٨٪ (Cook and Evans, 1987 ؛ Peaden *et al.*, 1976 ؛ Lundin, 1969). وفي مثل هذه العشائر النباتية متباينة الزيجوت ، يعود تحسن نمو النبات وارتفاع إنتاجيته بشكل رئيسي إلى وجود نسبة عالية من النباتات السليمة التي لم تتضرر بوجود النيماتودا ، وكذلك طول بقاء هذه النباتات في التربة. ولكن ذلك قد يتطلب برامج تربية مختلفة. وسنجد أن تأثير هذا الخليط من النباتات – المحتوي على صفات المقاومة والقابلية للإصابة – على الكثافة العددية للنيماتودا سوف يعكس نسبة وجود صفة المقاومة في هذه النباتات. وفي البساتين المستديمة لأشجار الفاكهة والكروم والجوزيات (على سبيل المثال : الموالح ، والعنب ، والبرقوق ، والجوز) ، تم إنجاز برامج تطوير ناجحة لأصناف وأصول مقاومة أو متحملة لعدد من المجاميع النيماتودية (Nyczepir and Becker, 1998 ؛ Cook and Evans, 1987). وبالنسبة لتلك المحاصيل ، يكون رفع إنتاجية المحصول ، وطول عمر الأشجار في الأرض هدفاً رئيسياً لإدخال صفة المقاومة والتحمل (Nyczepir and Becker, 1998).

obeikandl.com

ثبات صفة المقاومة والشراسة الإمراضية للنيماتودا

Resistance Durability and Nematode Virulence

أثبت الاعتماد على جين المقاومة المفرد السائد نجاحه الملوحظ في برامج التربية، على الرغم من الجدل حول ثباته تحت ظروف الضغط الانتخابي للنيماتودا نحو صفة الشراسة الإمراضية، فقد ظهرت بعض العشائر النيماتودية التي تمكنت من كسر صفة المقاومة في النباتات تجاه النيماتودا في بعض الحالات (Roberts *et al.*, 1998). وقد يمثل ذلك تحدياً للبرامج الزراعية التي تعتمد على صفة المقاومة في إدارة النيماتودا. وسوف نورد فيما يلي بعض الأمثلة التي توضح بعض التحديات التي تواجه الأصناف والأصول المقاومة.

قد تظهر بعض المشاكل على مستوى النوع والجنس النباتي لأن صفة المقاومة قد تغير التأثير النسبي للنيماتودا في المجتمع متعدد الأنواع. فعلى سبيل المثال، نجد أن أصناف أشجار الفاكهة أو الأصول المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور .*Meloidogyne* spp التي لا يتأثر محصولها نتيجة للإصابة، هي أصناف أو أصول قابلة للإصابة بأنواع أخرى من النيماتودا تنتمي إلى أجناس مختلفة مثل: نيماتودا التقرح *Pratylenchus*، أو النيماتودا الخنجرية *Xiphinema*، أو النيماتودا الحلزونية *Helicotylenchus*، أو النيماتودا الحلقية *Criconemella* (Nyczepir and Becker, 1998). وقد يؤدي انخفاض التلوث بنيماتودا تعقد الجذور في التربة إلى تشجيع نوع أو أكثر من النيماتودا المتطفلة على النباتات حتى تصل أعدادها إلى مستويات مدمرة. وقد ينتج عن المقاومة لنوع واحد فقط من بين نوعين أو أكثر من أنواع النيماتودا الضارة للنبات التي توجد معاً في التربة ميزة تنافسية لنوع نيماتودي معين من هذه الأنواع لا تؤثر فيه صفة المقاومة. فعلى سبيل المثال، وجد أن زراعة صنف بطاطس يحتوي الجين *H1* المقاوم لنوع نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* وغير المقاوم للنوع الآخر من نيماتودا حوصلات البطاطس *G. pallida* قد أدى إلى زيادة وجود يرقات نيماتودا النوع *G. pallida* مما أدى إلى زيادة ضررها على نباتات البطاطس (Cook and Evans, 1987).

قد يحدث الانتخاب للأشكال المختلفة داخل النوع الواحد (السلالات، أو الطرز الإمراضية، أو الطرز الأحيائية) التي توجد فعلياً في العشائر الحقلية الموجودة، أو من خلال الطفرات، أو التبادل الكروموسومي Recombination، أو أي شكل آخر من أشكال العمليات الوراثية. والنمط الذي يظهرمن خلال الاستخدام طويل الأجل لصفة المقاومة والتجريب هو أن بعض العشائر النيماتودية تكون أصلاً متباينة الزيجوت بالنسبة لعوامل الشراسة الإمراضية، ومن ثم تتضاعف الأنواع القادرة على كسر صفة المقاومة في النباتات المقاومة سريعاً بعد فترة من زراعة هذه النباتات، بينما نجد أن هناك عشائر نيماتودية أخرى تفقد صفة الشراسة الإمراضية ولا يحدث فيها أي مظهر من مظاهر الانتخاب (Roberts *et al.*, 1998). ووجود الأفراد ذات الشراسة الإمراضية بتكرار نسبي أكبر في

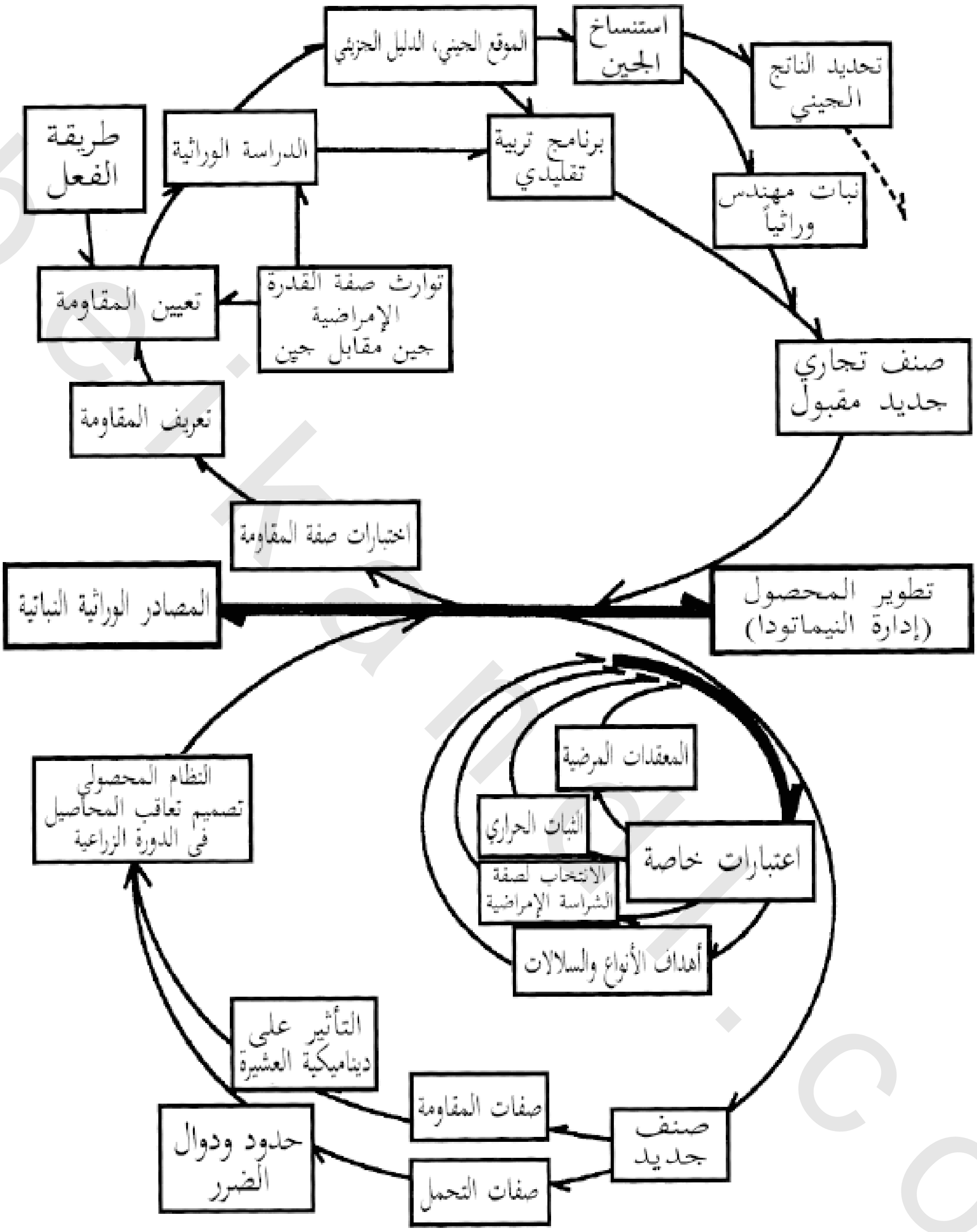
عشائر النيماتودا الموجودة بالفعل في الحقول، حتى تلك العشائر التي تتعرض لأية ضغوط انتخابية بفعل زراعة أصناف مقاومة، يدل على أن مميزات الحفاظ على حالة الشراسة الإمراضية في النيماتودا تفوق كل شيء آخر. وقد تحتوي أفراد النيماتودا على ترتيب من جينات الشراسة الإمراضية في توافيق مختلفة وفق المصادر المختلفة أيضاً من المقاومة في النباتات. وذلك كما في حالة نيماتودا حوصلات فول الصويا *H. glycines* وأصناف فول الصويا (Riggs and Schmitt, 1988). وقد ساعدت التقارير حول عشائر نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. التي تمتلك صفة الشراسة الإمراضية على نباتات الطماطم التي تحتوي على الجين المقاوم *Mi* (Kaloshian *et al.*, 1996 ؛ Tzortzakakis *et al.*, 1998) في تعريف جينات إضافية أخرى لها القدرة على مقاومة هذه العشائر المرضية. ولازالت الجهود تبذل لنقل هذه الجينات الجديدة إلى أصناف الطماطم (Roberts *et al.*, 1998). وهناك حالة أخرى مماثلة لذلك في اللوبيا التي يتم تربيتها لإنتاج حبوب اللوبيا الجافة، حيث تركز الجهود الحالية على تربية أصناف تمتلك قاعدة عريضة من المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور باستخدام جينين اثنين (Ehlers *et al.*, 2000).

الملخص

Summary

تعد التربية لصفة المقاومة والتحمل في النباتات تجاه النيماتودا المتطفلة على النباتات ذات قيمة هامة وعالية في برامج إدارة الآفات النيماتودية في جميع أنحاء العالم. ويقدم الشكل التخطيطي رقم (٢،٦) محاولات لتحديد المكونات والمعلومات الأساسية المطلوبة لتربية محاصيل مقاومة ومتحملة للنيماتودا. وترتكز الاعتبارات التي تمت الإشارة إليها في هذا المخطط على الحاجة إلى طرق مناسبة لتقييم صفتي المقاومة والتحمل في النباتات تجاه النيماتودا. وليس هناك شك في أن القيمة الاعتبارية للمصادر الوراثية من الصفات المفيدة في النباتات بالنسبة لبرامج التربية التي يمكن استخدامها جنباً إلى جنب مع الطرق الحديثة للهندسة الوراثية الأحيائية لإنتاج أصناف مقاومة. وقد هدف هذا الفصل إلى تشجيع برامج التربية الناجحة في مجال المقاومة والتحمل للوصول إلى تلك المصادر والاستفادة منها.

obeikandl.com



الشكل رقم (٢,٦). شكل تخطيطي يعبر عن استخدام المصادر الوراثية النباتية في تطوير صفة المقاومة أو التحمل في الأصناف النباتية للنيماتودا من أجل تحسين المحاصيل، وإبراز المكونات البحثية النيماتودية، والمتطلبات المعلوماتية (Roberts, 1992).

المراجع

References

Barker, K.R. (1993) Resistance/tolerance and related concepts/terminology in plant nematology. *Plant Disease* 77, 111-113.

Barker, K.R., Hussey, R.S., Krusberg, L.R., Bird, G.W., Dunn, R.A., Ferris, V.R., Freckman, D.W., Gabriel, C.J., Grewal, P.S., MacGuidwin, A.E., Riddle, D.L., Roberts, P.A. and Schmitt, D.P. (1994) Plant and soil nematodes: societal impact and focus for the future. *Journal of Nematology* 26, 127-137.

Boiteux, L.S., Belter, J.G., Roberts, P.A. and Simon, P.W. (2000) RAPD linkage map of the genomic region encompassing the root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) resistance locus in carrot. *Theoretical and Applied Genetics* 100, 439-446.

Cook, R. (1991) Resistance in plant to cyst and root-knot nematodes. *Agricultural Zoology Reviews* 4, 213-240.

Cook, R. and Evans. K. (1987) Resistance and tolerance. In: Brown, R.H. and Kerry, B. R. (eds) *Principles and Practices of Nematode Control in Crops*. Academic Press, New York, pp. 179-231.

Davis, E.L., Hussey, R.S., Baum, T.J., Bakker, J., Schots, A., Rosso, T.J. and Abad, P. (2000) Nematode parasitism genes. *Annual Review of Phytopathology* 38, 365-396.

Duncan, L.W. and Noling, J.W. (1998) Agricultural sustainability and nematode integrated pest management. In: Barker, K.R., Pederson, G. A. and Windham, G.L. and Windham, G.L. (eds) *Plant-Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 251-287.

Ehlers, J.D., Matthews, W.C., Hall, A.B. and Roberts, P.A. (2000) Inheritance of a broad-based form of root-knot nematode resistance in cowpea. *Crop Science* 40, 611-618.

Evans, K. and Franco, J. (1979) Tolerance to cyst-nematode attack in commercial potato cultivars and some possible mechanisms for its operation. *Nematologica* 25, 153-162.

Evans, K. and Haydock, P.P.J. (1990) A review of tolerance by potato plants of cyst-nematode attack, with consideration of what factors may confer tolerance and methods of assaying and improving it in crops. *Annals of Applied Biology* 117, 703-740

Ferris, H. (1985) Density-dependent nematode seasonal multiplication rates and overwinter survivorship: a critical point model. *Journal of Nematology* 17, 93-100.

Harris, A.R. (1983) Resistance of some *Vitis* rootstocks to *Xiphinema index*. *Journal of Nematology* 15, 405-409.

Jones, F.G.W. (1985) Modeling mutagenic resistance to potato cyst-nematodes. *OEPP/EPPO Bulletin* 15, 155-166.

Kaloshian, I., Williamson, V.M., Miyao, G., Lawn, D.A. and Westerdahl, B.B. (1996) 'Resistance-breaking' nematodes identified in California tomatoes. *California Agriculture* 50, 18-19.

Litz, R.E. (1986) Germplasm modification and its potential for finding new sources of resistance to diseases. *Journal of Nematology* 18, 18-22.

Lundin, P. (1969) Breeding of lucerne for resistance to stem nematode and Verticillium wilt. *Sveriges Utsadesforening Tidskrift* 79 (Suppl.), 133-139.

McKenry, M.V. and Roberts, P.A. (1985) *Phytonematology Study Guide*. Publication 4405, University of California Press, Oakland.

McSorley, R. (1998) Population dynamics. In: Barker, K.R., Pederson, G.A. and Windham, G.L. (eds) *Plant-Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 109-133.

Meredith, C.P., Lider, L.A., Raski, D.J. and Ferrari, N.R. (1982) Inheritance of tolerance to *Xiphinema index* in *Vitis* species. *American Journal of Enology and Viticulture* 33, 154-158.

Milligan, S.B., Bodeau, J., Yaghoobi, J., Kaloshian, I. and Williamson, V. M. (1998) The root-knot resistance gene *Mi* from tomato is a member of the leucine-zipper, nucleotide binding, leucine rich-repeat family of plant genes. *Plant Cell* 10, 1307-1319.

Noe, J.P. (1998) Crop and nematode management systems. In: Barker, K.R., Pederson, G.A. and Windham, G.L. (eds) *Plant-Nematode Interactions*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, pp. 159-171.

Nyczepir, A.P. and Becker, J.O. (1998) Fruit and citrus trees. In: Barker, K.R., Pederson, G.A. and Windham, G.L. (eds) *Plant-Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 637-684.

Ogallo, J.L., Goodell, P.B., Eckert, J.W. and Roberts, P.A. (1999) Management of root-knot nematodes with resistant cotton cv. NemX. *Crop Science* 39, 418-421.

Omwega, C.O. and Roberts, P.A. (1992) Inheritance of resistance to *Meloidogyne* spp. in common bean and its genetic basis of its sensitivity to temperature. *Theoretical and Applied Genetics* 83, 720-726.

Opperman, C.H. and Conkling, M.A. (1998) Bioengineering resistance to plant-parasitic nematodes. In: Barker, K.R., Pederson, G.A. and Windham, G.L. (eds) *Plant-Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 239-250.

Peaden, R.N., Hunt, O.J., Fulkner, L.R., Griffin, G.D., Jensen, H.J. and Stanford, E. H. (1976) Registration of multiple-pest resistant alfalfa germplasm. *Crop Science* 16, 125-126.

Phillips, M.S. and Trudgill, D.L. (1983) Variations in the ability of *Globodera pallida* to produce females on potato clones bred from *Solanum vernei* or *S. tuberosum* ssp. *andigena* CP 2802. *Nematologica* 29, 217-226.

Riggs, R.D. and Schmitt, D.P. (1988) Complete characterization of the race scheme for *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology* 20, 392-395.

Roberts, P.A. (1982) Plant resistance in nematode pest management. *Journal of Nematology* 14, 24-33.

Roberts, P.A. (1992) Current status of the availability, development, and use of host plant resistance to nematodes. *Journal of Nematology* 24, 213-227.

Roberts, PA. (1993) The future of nematology: integration of new and improved management strategies. *Journal of Nematology* 25, 383-394.

Roberts, P.A. (1995) Conceptual and practical aspects of variability in root-knot nematodes related to host plant resistance. *Annual Review of Phytopathology* 33, 199-221.

Roberts, P.A. (1997) Nematodes. In: *Integrated Pest Management for Cotton in the Western Region of the United States*, 2nd ed. University of California Publ. No. 3305, pp. 91-96.

Roberts, P.A., May, D. (1986) *Meloidogyne incognita* resistance characteristics in tomato genotypes developed for processing. *Journal of Nematology* 18, 353-359.

Roberts, P.A., Matthews, W.C. and Veremis, J.C. (1998) Genetic mechanisms of host-plant resistance to nematodes. In: Barker, K.R., Pederson, G.A. and Windham, G.L. (eds) *Plant-Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 209-238.

Sasser, J.N. and Kirby, M.F. (1979) *Crop Cultivars Resistant to Root-knot Nematodes, Meloidogyne Species, with information on Seed Sources*. North Carolina State University, Raleigh, North Carloina.

Sasser, J.N., Carter, C.C. and Hartman, K.M. (1984) *Standardization of Host Suitability Studies and Reporting of Resistance to Root-knot Nematodes*. North Carolina State University, Raleigh, and United States Agency for International Development.

Seinhorst, J.W. (1965) The relationship between nematode density and damage to plants. *Nematologica* 11, 137-154.

Shaner, G., Lacy, G.H, Stronberg, E.L., Barker, K.R. and Pirone, T.P. (1992) Nomenclature and concepts of pathogenicity and virulence. *Annual Review of Phytopathology* 30, 47-66.

Sidhu, G.S. and Webster, J.M. (1981) The genetics of plant-nematode parasitic systems. *The Botanical Review* 47, 387-419.

Simmonds, N.W. (1985) A plant breeder's perspective of durable resistance. *FAO Plant Protection Bulletin* 33, 13-17.

Simon, P.W., Matthews, W.C. and Roberts, P.A. (2000) Evidence for a simply inherited dominant resistance to *Meloidogyne javanica* in carrot. *Theoretical and Applied Genetics* 100, 735-742.

Stone, A.R. (1985) Co-evolution of potato cyst nematodes and their hosts: implications for pathotypes and resistance. *OEPP/EPPO Bulletin* 15, 131-137.

Tellhelm, E. and Stelter, H. (1984) Mutability of the character nematode resistance in potato. *Archiv fur Zuchtungsforschung* 14, 423-426.

Triantaphyllou, A.C. (1987) Genetics of nematode parasitism on plants. In:Veech, N.J.A. and Dickson, D.W. (eds) *Vistas on Nematology*. Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland, pp. 354-363.

Trudgill, D.L. (1991) Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annual Review of Phytopathology* 29, 167-192.

Tzortzakakis, E.A., Trudgill, D.L. and Phillips, M. (1998) Evidence for a dosage effect of *Mi* gene on partially virulent isolates of *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology* 30, 76-80.

Van der Beek, J.G., Maas, P.W.T., Janssen, G.J.W., Zijlstra, C. and van Silfhout, C.H. (1999) A pathotype system to describe intraspecific variation in pathogenicity of *Meloidogyne chitwoodi*. *Journal of Nematology* 31(4), 386-392.

Vanderplank, J.E. (1978) *Genetic and Molecular Basis of Plant Pathogenesis*. Springer Verlag, Berlin.
Veremis, J.C. and Roberts, P.A. (2000) Diversity of heat-stable resistance to *Meloidogyne* in Maranon races of *Lycopersicon peruvianum* complex. *Euphytica* 111, 9-16.
Veremis, J.C., van Heusden, A.W. and Roberts, P.A. (1999) Mapping a novel of heat-stable resistance to *Meloidogyne* in *Lycopersicon peruvianum*. *Theoretical and Applied Genetics* 98, 274-280.
Wallace, H.R. (1987) A perception of tolerance. *Nematologica* 33, 419-432.
Williamson, V.M., Ho, J.Y., Wu, F.F., Miller, N. and Kaloshian, I. (1994) A PCR-based-marker tightly linked to the nematode resistance gene, *Mi*, in tomato. *Theoretical and Applied Genetics* 87, 757-763.
Young, L.D. (1998) Breeding for nematode resistance. In: Barker, K.R., Pederson, G.A. and Windham, G.L. (eds) *Plant-Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 187-207.

opeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثالث

نيماتودا تعقد الجذور

Root-Knot Nematodes
Meloidogyne species

R.S. Hussey[1] and G.J.W. Janssen[2]
[1]*Department of Plant Pathology, University of Georgia, Athens, GA 30602-7274, USA;*
[2]*Novartis Seeds AB, PO Box 302, S-261 23, Landskrona, Sweden*

تعد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. أهم مجموعة من النيماتودا المتطفلة على النباتات من الناحية الاقتصادية على مستوى العالم، فهي تصيب تقريباً كافة المحاصيل المزروعة (Sasser and Freckman, 1987). ويؤدي الانتشار الواسع لهذه المجموعة من النيماتودا، والمدى العوائلي الضخم لها، وتداخلها مع الكائنات المرضية الأخرى لتكوين معقدات مرضية خطيرة إلى وضعها ضمن أوائل الممرضات النباتية التي تؤثر على الإنتاج الغذائي العـالمي (Sasser, 1980). وهناك أربعة أنـواع من الجنس *Meloidogyne* هي: *M. incognita*، و*M. javanica*، و*M. arenaria*، و*M. hapla* تمثل حوالي ٩٥٪ من مجموع أنواع نيماتودا تعقد الجـذور في الأراضي الزراعية، ويعد النـوع *M. incognita* أهم تلك الأنواع من الناحية الاقتصادية. وتسبب هذه الأنواع الأربعة فقداً عالمياً في إنتاج المحاصيل يقدر بحوالي ٥٪، وتشكل بذلك واحدة من المصاعب الكبرى التي تواجه الإنتاج الغذائي في الدول النامية.

وتعد نيماتودا تعقد الجذور وهي من نوع الطفيليات الداخلية الساكنة واحدة من أنجح الطفيليات في الطبيعة. فهذه الطفيليات المتعددة مصادر التغذية، التي تصيب أكثر من ألفي نوع نباتي، قد طورت علاقات غذائية متخصصة ومعقدة مع عوائلها. وتتطلب العلاقة الغذائية الناجمة بين الطفيل والعائل أن تقوم نيماتودا تعقد الجذور بتحوير بعض الخلايا داخل الجذر وتحويلها إلى خلايا مغذية خاصة بها لكي تحصل منها على المواد الغذائية الضرورية لمراحل تطورها وتكاثرها (Hussey, 1985). تتحرك يرقات الطور الثاني لهذه النيماتودا في التربة وتنجذب إلى قمم جذور النبات العائل حيث تقوم باختراقها خلف قلنسوة الجذر مباشرة. تتحرك تلك اليرقات بعد ذلك بين الخلايا في نسيج القشرة بالجذر حتى تصل إلى المنطقة التي ستتشكل فيها الأسطوانة الوعائية. تقوم اليرقات بعد ذلك بإفراز وحقن بعض الإفرازات البروتينية التي أنتجتها داخل خلايا غدد المريء، وذلك من خلال رمحها إلى حوالي

obeikandi.com

٥- ٧ خلايا من الخلايا الابتدائية لنسيج الكامبيوم الذي لم يتشكل بعد، لكي تحول هذه الخلايا إلى خلايا تغذية متخصصة جداً تسمى الخلايا العملاقة Giant cells، وهي التي تصبح بعد ذلك مناطق تغذية دائمة لهذه اليرقات طوال دورة حياتها بمراحلها المختلفة (Hussey *et al.*, 1994). ويعد تكوين الخلايا العملاقة واحدا من أكثر ردود أفعال النسيج النباتي تعقيداً تجاه أي طفيل أياً كان نوعه. تصبح الخلايا العملاقة بعد فترة من بدء تكوينها خلايا متعددة الأنوية Multinucleate، وذلك بعد مرور أنويتها بانقسامات متكررة متتالية Karyokinesis، دون أن يتبع ذلك انقساماً لسيتوبلازم الخلية نفسها Cytokinesis. تكبر الخلايا العملاقة بعد ذلك في الحجم، كما تتحول الفجوة العصارية كبيرة الحجم المتمركزة في وسط الخلية إلى فجوة صغيرة الحجم، ويزداد السيتوبلازم في الحجم والكثافة ويصبح كثيفاً محبباً، ويتغير أيضاً شكل الجدار الخلوي فيصبح غير منتظم السمك على محيط الخلية، كما تظهر منه بعض التحورات الداخلية. وتصبح النموات والامتدادات الداخلية للجذر مناطق تتدفق منها العناصر الذائبة المجهزة بواسطة الخلية لتواجه بها متطلبات النيماتودا من المغذيات (Hussey and Grundler, 1998). وتتشكل هذه الخلايا العملاقة بصفة عامة فقط في جذور النباتات القابلة للإصابة نتيجة لنشاط النيماتودا. تتطور يرقات الطورالثاني بعد التغذية على الخلايا العملاقة وتتحول بعد مرورها بثلاثة انسلاخات إلى طور الإناث الكاملة كمثرية الشكل التي تضع بيضها خارج الجسم في كتل جيلاتينية على سطح العقد الجذرية من الخارج. وهذه العلاقة الخصوصية جداً بين نيماتودا تعقد الجذور وعوائلها هي علاقة يحكمها التركيب الوراثي لكل من العائل والطفيل، وقد ينتج عنها في كثير من الأحوال تطور جينات المقاومة في العديد من أنواع المحاصيل (Sidhu and Webster, 1981). ونظراً لأن حساسية (تحمل) العوائل لنيماتودا تعقد الجذور لم يمكن توثيقها حتى الآن (Hussey and Boerma, 1992) فإنه لم يتم مناقشتها في هذا الفصل.

مصادر المقاومة
Sources of Resistance

بالرغم من توفر صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في عدة أنواع من المحاصيل، إلا أن هناك حاجة للبحث عن المزيد من مصادر المقاومة في تلك الأنواع لكي ترتفع مستويات المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور، وخاصة أنه لم يتم تعريف جينات المقاومة في المادة الوراثية لكثير من الأنواع النباتية. ويعد نقل صفة المقاومة إلى صنف تجاري قابل للإصابة أمراً بسيطاً جداً إذا وجدت صفة المقاومة في صنف محوّر أو في سلالة أو عشيرة من النباتات الناتجة من برامج التربية المتطورة. وقد أوصى فير Fehr (1987) بالبحث عن جينات المقاومة في أنواع المحاصيل طبقاً للترتيب الآتي: ١) الأصناف التجارية ذاتية التلقيح، وآباء الأصناف الهجين، وآباء الأصناف

التركيبية، ٢) السلالات المختارة في برامج التربية التي أوشكت أن تصبح أصنافاً، ٣) السلالات المقبولة في برامج التربية التي تحمل صفة أو عدة صفات متفوقة، ٤) المدخلات النباتية بين الأصناف المزروعة.

إذا لم ينجح البحث عن صفة المقاومة داخل نوع معين من المحاصيل، أو إذا كانت مستويات المقاومة التي تم تعريفها تجاه نيماتودا تعقد الجذورغير كافية، فإنه يتم البحث في الآباء البرية القريبة من نوع المحصول الذي لم توجد فيه صفة المقاومة (Boerma and Hussey, 1992). ولكنه من الصعب عادة أن يتم التهجين بين الأنواع البرية القريبة مع المحصول القريب لها، وعادة ما تؤدي مثل هذه التهجينات إلى انتقال صفات غير متوقعة مع صفة المقاومة تجاه النيماتودا إلى النسل الناتج من التهجين. والمثال التقليدي للتهجين بين نوع ما وأقربائه البرية هو نقل صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور إلى نوع الطماطم *Lycopersicom esculentum* المستزرع من قريبه البري *L. peruvianum*. وقد كان هناك احتياج بالطبع إلى مزارع الأجنة لإنتاج الهجين الأول (Smith, 1944)، وإجراء وتكرار التهجينات الرجعية Backcrosses مع صنف الطماطم المستزرع للحصول على النوعية والإنتاجية المرغوبتين.

الاعتبارات العامة في اختبارات البحث عن صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور
General Considerations for Screening for Root-Knot Resistance

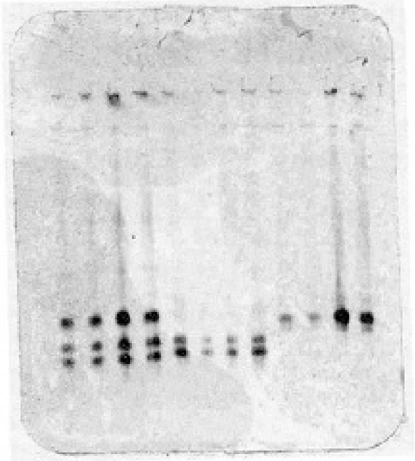
تعريف نوع نيماتودا تعقد الجذور Identification of Root-Knot Nematode Species

يتم عمل مزارع نيماتودا تعقد الجذور من كتل بيض مفردة Single egg masses أو من عشيرة حقلية من النيماتودا. وتضمن مزارع كتل البيض المفردة الحصول على نوع واحد من النيماتودا، ولكنها تقلل فرص التنوع الوراثي الذي يكون موجوداً عادة في مزارع العشائر الحقلية (Roberts and Thomason, 1989). وبمجرد استقرار المزرعة النيماتودية، يصبح من الضروري إعادة تعريف وتوثيق النوع النيماتودي. وقد يكون التعريف الدقيق لنوع نيماتودا تعقد الجذور واكتشاف الأنواع الخليطة في مزارع النيماتودا التي تقام داخل البيوت الزجاجية من الأمور الصعبة. وعموماً هناك أربع طرق يمكن استخدامها لتعريف أنواع نيماتودا تعقد الجذور أو التحقق من نقاء المزرعة في الأصل وهي: ١) طرز المشابهات الإنزيمية لإناث النيماتودا، ٢) اختبار جامعة ولاية كارولينا الشمالية للعوائل المفرقة North Carolina differential host test، ٣) الشكل المورفولوجي للنمط العجاني للإناث الكاملة، ٤) التعريف الجزيئي. وتعد طريقة اختبار طرز المشابهات الإنزيمية للإناث باستخدام طريقة التفريد الكهربي بجل البولي أكريلاميد Polyacrylamide gel electrophoresis من أكثر الطرق المستخدمة مصداقية وانتشاراً (Eisenback and Triantaphyllou, 1985 ؛ Eisenback and Triantaphyllou, 1986). فطرز المشابهات الإنزيمية ثابتة داخل النوع الواحد حتى لو كانت من عزلات تم جمعها من مناطق مختلفة بالعالم، وهو الأمر الذي يجعل عملية تعريف النوع باستخدام هذه التقنية الحساسة أمراً في غاية المصداقية والثقة. وتعد طرز إنزيمي الإستريز Esterase والماليت ديهيدروجينيز Malate

Obeikandl.com

dehydrogenase (الشكل رقم ٣,١) التي تعزل من أنثى مفردة من النيماتودا من الطرق التشخيصية لأغلب أنواع نيماتودا تعقد الجذور. كما يوصى باستخدام الطريقتين (الطرازين) معاً عند تعريف عشيرة حقلية مجهولة من النيماتودا. هذا، وقد سهل نظام التفريد الكهربي المميكن Automated electrophoresis system المعروف باسم PostSystem™ الذي تم تطويره بواسطة شركة Amersham Pharmacia Biotech الأمريكية (Piscataway, New Jersey, USA) كثيراً من عملية التحليل بالتفريد الكهربي، وجعل من عملية اختيار طرز المشابهات الإنزيمية للأنثى الكاملة المفردة أمراً عملياً يمكن تطبيقه بسهولة (Esbenshade and Triantaphyllou, 1990). أما اختبار العوائل المفرقة فيستخدم فقط للأنواع الأربعة الأكثر شيوعاً من نيماتودا تعقد الجذور(*M. incognita*، و*M. javanica*، و*M. arenaria*، و*M. hapla*) (Hartman and Sasser, 1985). وتتميز العوائل المفرقة المستخدمة في هذا الاختبار- وهي: القطن، والتبغ المقاوم للنوع *M. incognita*، والفلفل، والبطيخ، والفول السوداني والطماطم- باختلاف ردود أفعالها تجاه تلك الأنواع الأربعة من نيماتودا تعقد الجذور، بل ولسلالات النوعين؛ *M. incognita* و*M. arenaria*. ومن ثمَ يمكن استخدامها لتعريف هذه الأنواع الأربعة والسلالات التابعة لها واكتشاف الأنواع المختلطة منها في المزارع الأصل Stock cultures. ويمكن الاطلاع على إرشادات إجراء اختبار العوائل المفرقة التي وصفها Hartman and Sasser (1985). وقد تحتاج نتائج اختبار العوائل المفرقة إلى توثيقها باختبار النمط العجاني للإناث الكاملة (Eisenback and Triantaphyllou,1991 ؛ Taylor and Sasser, 1978). ويعد اختبار النمط العجاني الذي يتضمن فحص التخطيط الكيوتيكلي للمنطقة الخلفية للأنثى الكاملة أفضل صفة تشخيصية يمكن بواسطتها تعريف النوع. ولكن هذه الصفة المورفولوجية تكون متباينة داخل النوع الواحد ويتطلب ذلك تفسيراً متأنياً حتى يمكن الحصول على تعريف دقيق (Taylor *et al.*, 1955). وقد تم وصف طريقة إعداد النمط العجاني بواسطة Hartman and Sasser (1985).

وفي الآونة الأخيرة، تم تطوير تقنيات البيولوجيا الجزيئية لتعريف أنواع نيماتودا تعقد الجذور باستخدام الحامض النووي DNA، وذلك باستخدام تقنية اختبار البلمرة المتسلسل Polymerase chain reaction (PCR)، الذي يسمح بإجراء التعريف باستخدام يرقة واحدة من النيماتودا. وقد أفاد هذا الاختبار في تعريف الأنواع: *M. chitwoodi*، و*M. fallax*، و*M. hapla* باستخدام حامض DNA الريبوسومي Ribosomal DNA (Zijlstra *et al.*, 1995 ؛ Castagnone-Sereno *et al.*, 1999). كما يمكن أيضاً تعريف الأنواع الأربعة الأكثر شيوعاً من نيماتودا تعقد الجذور باستخدام نفس الاختبار، وذلك بتكبير وفصل الحامض النووي DNA الميتوكوندري Mitochondrial DNA (Powers and Harris, 1993). وسوف يؤدي تحسين تقنيات البيولوجيا الجزيئية بدون شك إلى توسيع قاعدة استخدامها في تعريف أنواع نيماتودا تعقد الجذور في المستقبل.



الشكل رقم (٣,١). طرز إنزيم الإستريز المعزولة من إناث ناضجة مفردة لنيماتودا تعقد الجذور. (الأعمدة ١ – ٤ من اليسار إلى اليمين: *Melodogyne javanica*، الأعمدة ٥ – ٨: *M. arenaria*، الأعمدة ٩ – ١٢: *M. incognita*).

وتعد طريقة اختبار العوائل المفرقة أفضل طريقة لاكتشاف العشائر الخليطة من النيماتودا حيث يستخدم في هذا الاختبار بضعة آلاف من البيض في عدوى النباتات، كما توفر هذه الطريقة أيضاً ميزة فضلى في التفريق بين الأنواع الخليطة، حيث إن استخدام ١٠ – ٢٠ أنثى بالغة فقط في اختبار العوائل المفرقة أو اختبار طرق المشابهات الإنزيمية لايعطي الفرصة الكاملة لاكتشاف الأنواع الخليطة. وعند اختيار أنثى نيماتودا لإجراء اختبار النمط العجاني أو طرق المشابهات الإنزيمية، يجب جمع هذه الإناث من مواضع مختلفة على المجموع الجذري للنبات المصاب، وذلك حتى تزيد احتمالية اكتشاف الأنواع المختلطة. وتبدأ عملية إنشاء المزارع النقية متخصصة النوع Species specific culture بعزل إناث كاملة مع ما يصاحب كل منها من كتل البيض. ثم تستخدم فقط كتل البيض التي تم عزلها من إناث سبق تعريفها بطريقة تحليل المشابهات الإنزيمية لتلقيح نباتات المزارع النقية المزمع إقامتها.

إكثار وإعداد اللقاح Rearing and Preparation of Inoculum

اختيار العزلات Selection of isolates

تعد عملية اختيارعشائر نيماتودا تعقد الجذور لاستخدامها كلقاح خطوة حرجة جدا في برامج التقييم لصفة المقاومة. ويراعى أن استخدام عزلة شرسة من نيماتودا تعقد الجذور سوف يسمح باكتشاف التراكيب الوراثية النباتية التي تمتلك أعلى مستويات المقاومة. وإضافة إلى ذلك، يعد استخدام خليط من عشائر لنفس النوع تم جمعها من مناطق جغرافية متباعدة كلقاح طريقاً لاصطياد التنوع الوراثي في أنواع نيماتودا تعقد الجذور المستخدمة في أغراض التقييم. كما سوف يؤدي استخدام عشائر مختلطة شرسة إمراضياً إلى خفض درجة الاختلافات في النتائج بين

الاختبارات. والأكثر أهمية من ذلك، هو أنه سوف يسهل تعريف سلالات التربية التي تمتلك مقاومة عريضة يمكن استخدامها في رقعة جغرافية واسعة (Hussey and Boerman, 1981).

المحافظة على المزراع النقية الأساسية Maintaining pure stock cultures

يعد الحفاظ على المزارع النقية الأساسية أمراً ضرورياً جداً ومحدداً لنجاح أي برنامج تقييم. ويمكن استخدام عدة إستراتيجيات لمنع تلوث تلك المزارع داخل البيوت الزجاجية واختلاطها بعزلات نيماتودية أخرى. فمثلاً، يجب استخدام أصص ملونة بحيث يخصص كل لون من الأصص لنوع أو عزلة معينة بصفة دائمة. وهذا من شأنه أن يمنع التلوث الذي ينتج عن استخدام نفس الأصص لأكثر من مرة مهما كانت درجة نظافتها. أيضاً يجب أن تصنع الطاولات أو البنشات بشكل شبكي من الأسلاك المتعامدة المتينة التي توجد بينها ثقوب، كما يجب وضع حواجز بين العزلات لمنع التلوث. ويمنع أيضاً أي تلامس أو احتكاك مع أصص المزارع أثناء التعامل معها أو ريها. فمثلاً من السهل جداً أن تتلوث فوهة الخرطوم أو رشاش الري بالتربة من أصيص ما ثم تنتشر هذه التربة بسهولة إلى أصص أخرى. وفي كل مرة يتم فيها إكثار للمزرعة الأصل إلى مزارع تحت أصلية Subcultures، يجب تدوين كل التفاصيل التي تتعلق بمصدر اللقاح وتاريخ التجديد. وإذا ما حدث وتلوثت مزرعة ما بعزلة أخرى من النيماتودا، فإنه يتم الرجوع إلى المصدر الذي جاء منه هذا التلوث، وتُراجع المعلومات التي في ضوئها يتم تحديد ما إذا كنا بحاجة لإعادة أية اختبارات تقييم تم إجراؤها باستخدام لقاح من هذه المزارع الملوثة من عدمه. كما يجب التفتيش الدوري المنتظم للمزارع الأصلية لضمان نقائها وعدم تلوثها. ويجرى ذلك كل ستة أشهر باستخدام واحد من الإجراءات التي تمت مناقشتها فيما سبق. وإضافة إلى ذلك، من الممكن استخدام نباتات كشافة تزرع في المزارع تحت الأصلية Subcultures في كل مرة تنشأ فيها هذه المزارع للكشف عن أية أنواع نيماتودية مع نوع النيماتودا المستخدم في المزرعة الأصلية. فمثلاً، يمكن انتقال عدوى صنف تبغ مقاوم لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* عند عمل مزارع جديدة من النوع *M. incognita*، فإذا تكونت عقد على جذور هذا الصنف دلّ ذلك على تلوث المزرعة بنوع آخر. وتساعد أيضاً الدورة الزراعية القياسية في المحافظة على نظافة وشراسة العشيرة النيماتودية. ففي حالة عزلات النوعين *M. chitwoodi* و*M. fallax* مثلاً، يمكن استخدام دورة تشمل؛ البطاطس، والطماطم، والقمح بينما في حالة النوع *M. hapla* يتم استخدام نفس الدورة مع استبدال القمح بالبرسيم الحجازي.

من المهم أيضاً الحفاظ على القدرة الإمراضية وصفة الشراسة الإمراضية لعشائر نيماتودا تعقد الجذور، ويمكن إنجاز ذلك بعمل مزارع لنوع أو عشيرة النيماتودا على عائل نباتي قادر على ممارسة صفة الضغط الانتخابي على هذا النوع أو هذه العشيرة. ولدفع النيماتودا إلى أقصى إنتاج من أكياس البيض للحصول على اللقاح، يتم تنمية النيماتودا على عائل شديد القابلية للإصابة مثل الطماطم أو الباذنجان. وقد يكون من الضروري أيضاً أن تُنمى بعض العشائر النيماتودية على عائل له القدرة على ممارسة الضغط الانتخابي على تلك العشائر. فمثلاً، لا يعد فول

الصويا عائلاً جيداً لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*. ويعد تنمية عشيرة نيماتودية شرسة ومتخصصة على فول الصويا لفترة من الوقت على نباتات طماطم، يتم إعادة تنمية هذه العشيرة مرة أخرى على فول الصويا لضمان بقاء شراستها على هذا النبات حتى يمكن استخدامها فيما بعد في برامج التقييم لقابلية تراكيب وراثية من فول الصويا للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور.

الاعتبارات الخاصة باللقاح Inoculum considerations

يمكن المحافظة على المزارع الأصل لنيماتودا تعقد الجذور على عوائلها النباتية في البيوت الزجاجية. ويمكن الحصول من هذه المزارع على يرقات الطور الثاني، أو كتل البيض، أو معلق البيض لاستخدامها كلقاح. وتعد طريقة هيبوكلوريت الصوديوم لاستخلاص البيض في معلق (حيث يذيب هيبوكلوريت الصوديوم المادة الجيلاتينية المطمور فيها البيض ليحرره) الطريقة الأكثر استخداماً لاستخلاص بيض نيماتودا تعقد الجذور (Hussey and Barker, 1973) نظراً لمزاياها الكثيرة التي يمكن إيجازها فيما يأتي: ١) طريقة بسيطة وسريعة لاستخلاص كميات كبيرة من اللقاح، ٢) سهولة إعداد تركيزات مختلفة من البيض في المعلق (مستويات لقاح مختلفة)، ٣) سهولة توزيع اللقاح بطريقة متجانسة حول المجموع الجذري للنبات، ٤) البيض الناتج من هذه الطريقة يكون معقماً سطحياً بفعل هيبوكلوريت الصوديوم، ٥) لايتأثر البيض في المعلق بطريقة العمل. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أيضاً استخدام يرقات الطور الثاني أو كتل البيض كلقاح. وتتميز طريقة استخدام اليرقات بإمكانية التنبؤ الدقيق لوقت ومستوى حدوث العدوى. وقد تكون هذه الطريقة هي الطريقة المفضلة في الدراسات المتقدمة لصفة المقاومة، ولكن يعيبها أن اليرقات تكون حساسة عادة لطريقة العمل مقارنة بالبيض، وربما تفقد قدرتها على اختراق الجذور سريعاً بسبب التخزين. أما كتل البيض، فبالإضافة إلى صعوبة تجميعها، فإنها أيضاً لا تسمح بعمل تركيزات (مستويات لقاح) متساوية، ولا يمكن نشر اللقاح المستخدم منها بتجانس في التربة، كما أنه من الممكن أن توجد معها كائنات دقيقة ممرضة لم تكن موجودة في التربة من قبل.

جمع بيض نيماتودا تعقد الجذور لاستخدامه في التلقيح

Collecting root-knot nematode eggs for inoculum

١- بعد ٤٥ يوماً من تلقيح النباتات بالنيماتودا في المزرعة الأصل (وربما أطول من ذلك قليلاً في أشهر الشتاء)، يتم تحرير جذور النباتات من الأصص برفق، وغسيلها بالماء الجاري من حبيبات التربة الملتصقة بها. ويلاحظ أن تحديد عمر النباتات عند استخلاص البيض منها يتوقف أيضاً بل كثيراً على درجة الحرارة السائدة في البيت الزجاجي. ولا تعد النباتات كبيرة العمر ذات الجذور المتحللة مصدراً جيداً لاستخلاص اللقاح.

٢- تقطع الجذور إلى قطع صغيرة وتغسل مرة أخرى بالماء الجاري، وكلما كانت الجذور نظيفة سهلت عملية استخلاص البيض منها بواسطة المناخل.

٣- يجهز محلول هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl تركيزه ٠,٥٢٥٪ (وهو مايعادل ٠,٢٣٪ كلور). ويلاحظ أن التركيزات الأعلى من ذلك سوف تؤدي إلى نقص حيوية البيض (Hussey and Barker, 1973).

٤- توضع قطع الجذور النظيفة في وعاء سعة لتر، ويضاف إليها ٢٠٠ مل من هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl ٠,٥٢٥٪ وتغلق فوهة الوعاء. يتم رج الوعاء يدوياً بعد ذلك بقوة لمدة ثلاث دقائق ونصف. ويلاحظ عدم تعريض البيض لمادة هيبوكلوريت الصوديوم لأكثر من أربع دقائق مطلقاً لأن ذلك سوف يخفض كثيراً من حيويته.

٥- بعد الرج لمدة ثلاث دقائق ونصف، يمرر معلق هيبوكلوريت الصوديوم الذى يحوي بيض النيماتودا على منخلين متراكبين فوق بعضهما، العلوي منهما ٢٠٠ ثقب/بوصة (قطر الثقب= ٧٥ ميكروميتراً)، والسفلي ٥٠٠ ثقب/بوصة (قطر الثقب= ٢٥ ميكروميتر). يملأ الوعاء الذي يحتوي على الجذور بالماء ويوضع جانباً حتى العودة إليه مرة أخرى. يوضع المنخل العلوي (٢٠٠ ثقب/بوصة) جانباً أيضاً حتى يتم تنظيفه، وبسرعة يوضع المنخل ٥٠٠ ثقب/بوصة الذي يحتوي على البيض تحت تيار هين مستمر من الماء الجاري حتى يتم التخلص من متبقيات محلول هيبوكلوريت الصوديوم تماماً لكيلا تتأثر حيوية البيض. يُنقل البيض بعد ذلك في معلق من الماء إلى وعاء سعة لتر أو أكثر حسب الحاجة.

٦- ينظف المنخل ٢٠٠ ثقب/بوصة، ثم يعاد تركيب المنخلين فوق بعضهما كما سبق، ويصب الماء الموجود في الوعاء الأول فوق المنخلين بنفس الطريقة السابقة. يضاف الماء مرة أخرى إلى الوعاء ويكرر تمرير ما به من معلق على المنخلين. يوضع المنخل ٢٠٠ ثقب/بوصة جانباً، ثم يجمع البيض الموجود في المنخل ٥٠٠ ثقب/بوصة ويضاف إلى معلق البيض السابق. إذا أريد تكرار نفس الطريقة لاستخلاص بيض عشيرة نيماتودية أخرى، تغسل جميع الأدوات والمناخل وتنقع في ماء حار (>٥٠ °م) لمدة ١٥ ق ثم يستأنف العمل، وهكذا الأمر بين كل نوع وآخر، أو عشيرة وأخرى.

٧- يتم تقدير عدد البيض في المعلق، وذلك بأخذ ثلاث عينات كل منها ١ مل بعد التقليب الجيد للمعلق فوق مقلب مغناطيسي، وتوضع كل عينة (١ مل) فوق شريحة عدّ النيماتودا، ويتم العدّ تحت المجهر المركب أو البسيط إذا أمكن ذلك، ثم يحسب متوسط عدد البيض في كل شريحة، ومنه يتم حساب عدد البيض في كل ١مل من المعلق الأساسي ثم يضبط عدد البيض ليكون ١٠٠٠ بيضة/مل لاستخدامه في التلقيح.

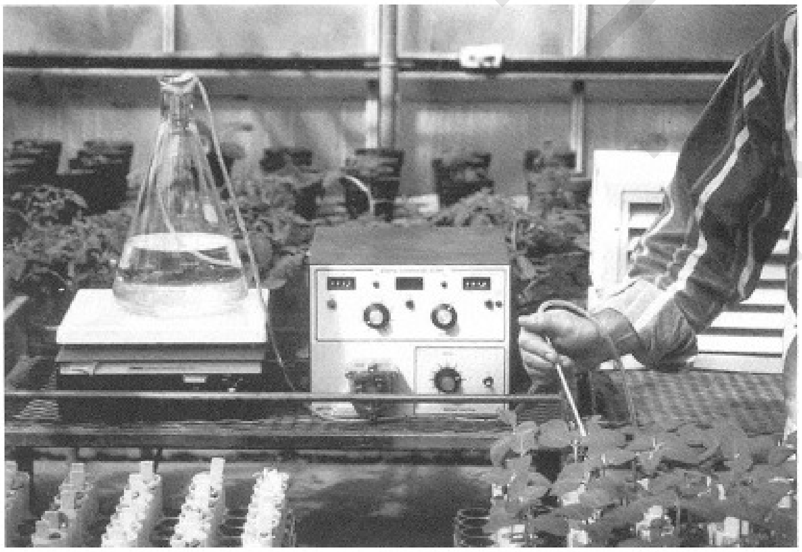
تلقيح النباتات Inoculating Plants

يعتمد عدد بيض نيماتودا تعقد الجذور المستخدم كلقاح على كل من: حجم الأصيص المزروع فيه النبات، وملاءمة النبات المختبر كعائل للنيماتودا، والظروف البيئية، وربما عوامل أخرى أيضاً. ولهذه الأسباب جميعاً، فإنه من الضروري إجراء اختبارات أولية لتقدير كمية اللقاح المثلى لكل توليفة من العائل والنوع النيماتودي

(Hussey and Boerma, 1981). ويبنى تركيز اللقاح المستخدم من بيض نيماتودا تعقد الجذور المستخلص بطريقة هيبوكلوريت الصوديوم ٠,٥٢٥٪ على أساس أن نسبة فقس البيض المستخلص بهذه الطريقة دائماً تتراوح بين ٢٠ و٢٥٪ برغم أنه قد تفقس كمية من البيض أكبر من ذلك فى الحقيقة. فنسبة الفقس تزداد عادة إذا كانت كتل البيض التي تم استخلاص البيض منها كبيرة العمر، وقد تطورت نسبة كبيرة من البيض داخلها إلى مراحل جنينية متقدمة (Ehwaeti *et al.*, 1998). أما بالنسبة لاستخدام اليرقات كلقاح فإن تركيزاً من اللقاح يساوي يرقة واحدة أو اثنتين/سم³ من التربة يعد كافياً لذلك.

وفيما يتعلق بالاختبارات الصغيرة، فإن البيض يمكن توزيعه بالتساوي على نباتات الاختبار بسهولة، وذلك باستخدام قنينة توزيع معايرة (١٠ مل) مثبتة على فوهة زجاجة سعة لترين. أما بالنسبة للاختبارات الكبيرة، فإن مضخة التوزيع الرقمية تكون أكثر واقعية وعملية (الشكل رقم ٣,٢). ويجب تقليب معلق اللقاح الأساسي Stock inoculums للمحافظة على تجانس توزيع البيض في المعلق. أما في حالة المضخة الرقمية فيتم المحافظة على تجانس توزيع البيض في المعلق بالاستعانة بمقلب مغناطيسي أو مضخة هواء.

عند التلقيح، يضاف البيض ويقلب مع التربة وقت شتل النباتات أو الأجزاء التكاثرية. أما النباتات التي تزرع بالبذور فيضاف البيض في حفرتين أو ثلاث حفرات في التربة حول ساق البادرة. ومن الممكن أن يتوزع البيض بعد ذلك في التربة عند ري النباتات. أما التلقيح باليرقات فيتم بعد أسبوعين من شتل النباتات أو زراعة البذور حتى تكون هناك كمية كافية من الجذور لاستقبال اليرقات. وأخيراً، يجب تجنب الري الزائد في الأيام القلائل الأولى بعد التلقيح سواء كان التلقيح بالبيض أو اليرقات.



الشكل رقم (٣,٢). مضخة التوزيع الرقمية المستخدمة في تلقيح النباتات ببيض نيماتودا تعقد الجذور المجهز في صورة معلق مـــائي في دورق سعة لترين مزود بمقلب مغناطيسي.

openarab.com

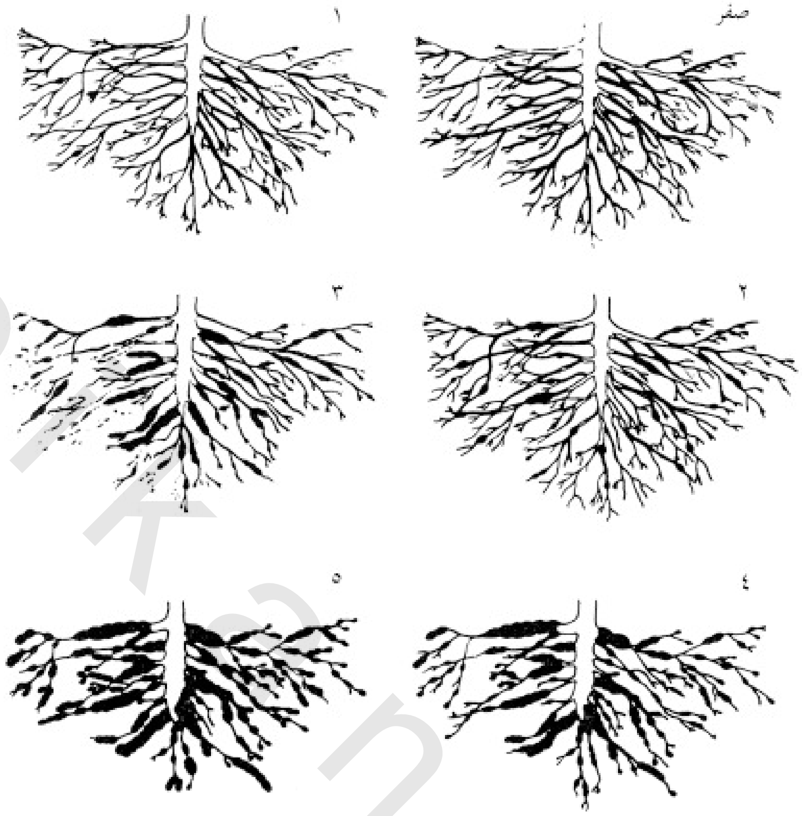
تقييم التراكيب الوراثية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور

Evaluating Genotypes for Root-Knot Resistance

تعني المقاومة قدرة النبات على إيقاف تطور وتكاثر النيماتودا (انظر الفصل الثاني). وعلى العكس من ذلك، النبات القابل للإصابة هو ذلك النبات الذى يسمح بتكاثر النيماتودا عليه بحرية. وفي الواقع العملي، نجد أن صفة المقاومة هي نظرية نسبية تشتق من المقارنة بين التراكيب الوراثية، وتحتوي عادة على دلالة لمستويات من المقاومة داخل إطار التداخل بين العائل والنيماتودا، فالتركيب الوراثي شديد المقاومة لا يسمح إلا بمعدل تكاثر بسيط للنيماتودا (أقل من ١٠٪ مما يسمح به التركيب الوراثي القابل للإصابة)، بينما التركيب الوراثي المقاوم جزئياً يسمح بمستويات متوسطة من النيماتودا مقارنة بالتركيب الوراثي القابل للإصابة.

يمكن أيضاً تقييم مقاومة التراكيب الوراثية لنيماتودا تعقد الجذور على أساس معدل التعقد الجذري، وعدد كتل بيض النيماتودا أو العدد النهائي للبيض على المجموع الجذري. ولكن قد لا يكون معدل التعقد الجذري لبعض المحاصيل دليلاً مُرضياً للدلالة على مقاومة النيماتودا، ولذلك يجب أن يقترن هذا المقياس مع مقياس عامل تكاثر النيماتودا لتحديد درجة الارتباط والعلاقة بين المقياسين (Hussey and Boerma, 1981). ولتقدير مقياس معدل التعقد الجذري وعدد كتل البيض، يستخدم دليل خاص على مقياس من صفر إلى خمسة عادة كما هو موضح في الشكل رقم (٣،٣).

وبالنسبة للسلالات النباتية المتقدمة، فإن الحصول على بيانات كمية لعدد بيض النيماتودا المتكون على جذور تلك السلالات يعد أكثر فائدة في تحديد المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور من مقياس معدل التعقد الجذري أو عدد كتل البيض (Luzzi *et al*., 1987). ويمكن استخدام طريقة هيبوكلوريت الصوديوم أيضاً التي سبق وصفها للحصول على بيض النيماتودا من الجذور لتقدير عدد البيض على المجموع الجذري ككل أو في الجرام الواحد من الجذور، مع اختلاف بسيط، وهو أنه عند الرغبة في استخدام هيبوكلوريت الصوديوم لاستخلاص البيض من الجذور لتقدير العدد النهائي للبيض في المجموع الجذري يستخدم تركيز من هيبوكلوريت الصوديوم قدره ١،٠٥٪ بدلاً من ٠،٥٢٥٪ وذلك لزيادة كفاءة الاستخلاص، حيث إن حيوية البيض غير مهمة في تلك الحالة. ويجب تقدير الوزن الرطب للجذور قبل استخلاص البيض منها بهذه الطريقة حتى يمكن أن ننسب عدد البيض إلى وزن الجذر للحصول على عدد البيض بكل جرام من الجذور الطازجة عند الرغبة في ذلك. ويمكن استخدام بيانات عدد البيض في تطوير دليل للمقاومة (عدد البيض/نبات ÷ عدد البيض/نبات قياسي قابل للإصابة)، ويمكن استخدام هذا الدليل في المقارنة بين التراكيب الوراثية المراد تقييمها.



الشكل رقم (٣،٣). شكل تخطيطي يوضح دليل التعقد الجذري على المقياس (صفر – ٥)، حيث: صفر= عدم وجود عقد، ١= بضع عقد صغيرة الحجم على المجموع الجذري، ٢= أقل من ٢٥ ٪ من المجموع الجذري تظهر عليه العقد، ٣= ٢٥ – ٥٠ ٪ من المجموع الجذري تظهر عليه العقد ، ٤= ٥١ – ٧٥ ٪ من المجموع الجذري تظهر عليه العقد ، ٥= أكثر من ٧٥ ٪ من المجموع الجذري تظهر عليه العقد (إهداء من: **K.R. Barker**).

قد تضع النيماتودا بعض البيض داخل أنسجة الجذور، وذلك في بعض الأنواع من النيماتودا أو في بعض الحالات من التداخل بين العائل والنيماتودا، مما قد يسبب مشكلة في استخلاص هذا البيض بطريقة هيبوكلوريت الصوديوم. وفي هذه الحالة، يمكن استخلاص البيض بتمزيق أنسجة الجذر في هيبوكلوريت الصوديوم ١,٠٥٪ داخل خلاط، ثم استقبال معلق البيض الناتج على المناخل كما سبق وصفه (Vermis and Roberts, 1996b). ونظراً لأن بعض الأنسجة النباتية قد تمر مع البيض من المناخل، فإنه يمكن صبغ البيض في العينة التي سبق عدّ البيض فيها بواسطة صبغة الفوكسين الحامضي لتسهيل رؤية وتمييز هذا البيض تحت المجهر. ويجرى ذلك على النحو الآتي: تؤخذ تحت عينة ممثلة Subsample من البيض وتنقل إلى دورق صغير يحتوي على ٣٠ مل من الماء، ويضاف إليها نقطتان من محلول الصبغة (٣,٥ جم فوكسين حامضى +٢٥٠ مل حامض لاكتيك +٧٥٠ مل ماء)، ثم يسخن

الدورق حتى غليان محتوياته (Byrd *et al.*, 1972). هذا، ويعدّ طول فترة نمو النبات، ودرجة الحرارة السائدة أثناء النمو من العوامل الحرجة عند الرغبة في تقدير عامل تكاثر النيماتودا على النبات الذي يعتمد على عدد البيض النيماتودي/نبات. ولذلك، يجب أن تحصد النباتات بعد ٤٠ – ٤٥ يوماً من تلقيحها بالنيماتودا ونموها في مدى من درجات الحرارة يتراوح بين ٢٥ و٣٠ °م. وهنا يفضل أخذ نبات مكرر واحد من مكررات التركيب الوراثي القياسي القابل للإصابة في الاختبار، وذلك للكشف عن مدى تطور كتل البيض على النباتات وتقدير الوقت الذي يجب عنده إنهاء التجربة. ومما يسهل من ذلك، أن كتل البيض جيدة التطور تكون كبيرة الحجم ويمكن مشاهدتها بسهولة (انظر اللوحة رقم ١ في اللوحات الملونة) بعد صبغها بوضع المجموع الجذري في محلول مائي من صبغة الفلوكسين ب Phloxin B (٠,١٥ جم/ لتر ماء) (Dickson and Strubble, 1965). بعد ذلك ينقع المجموع الجذري في الماء العادي لإزالة بقايا الصبغة من الجذور، بينما تبقى كتل البيض مصبوغة باللون الوردي (اللوحة الملونة رقم ١). أما إن كان هناك كتل بيض ناضجة ولم تصبغ بصبغة الفلوكسين ب فإنها تظهر بلون بني خفيف.

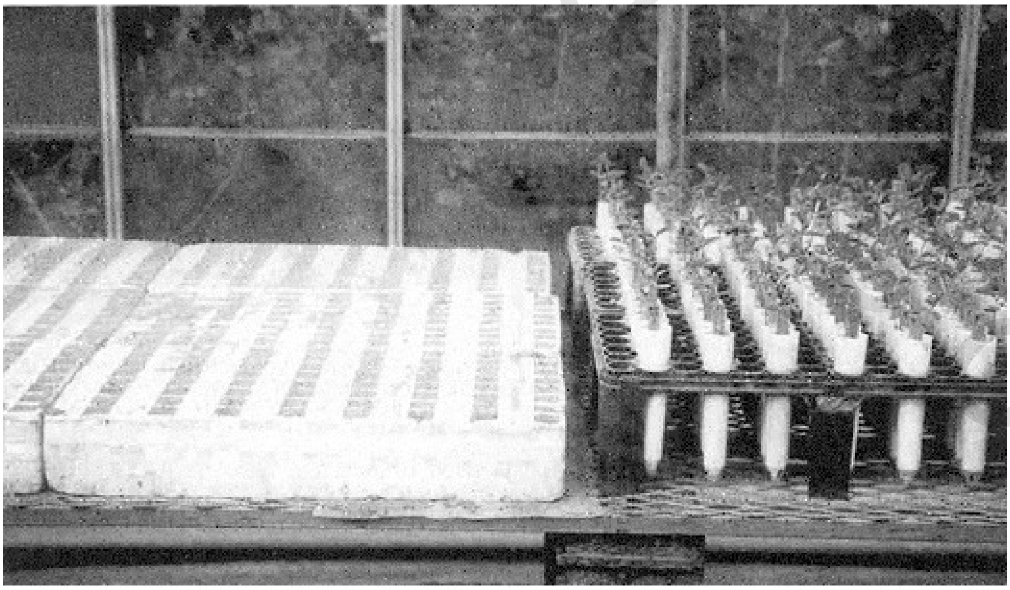
قواعد اختبارات التقييم
Screening Protocols

متطلبات اختبارات التقييم Requirements for screening

يجب أن يكون البروتوكول المستخدم لتعريف السلالات المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور قادراً على تقييم الآلاف من التراكيب الوراثية في برنامج التربية (Boerma and Hussey, 1992). ويتم ذلك عادة تحت ظروف البيت الزجاجي الذي يسمح بإجراء العديد من الاختبارات على مدار السنة الواحدة. وبالرغم من أنه يتم تقييم السلالات عادة في الحقول الملوثة طبيعياً بالنيماتودا، إلا أن عدم تجانس التلوث بنيماتودا تعقد الجذور في كافة أرجاء الحقل، والمعوقات الموسمية، وعشائر النيماتودا متعددة العوائل الموجودة في الحقل، تجعل من هذا التقييم تقييماً معيباً لا يمكن الاعتماد عليه. وبالرغم أيضاً من أنه يمكن استخدام التربة الملوثة طبيعياً بنيماتودا تعقد الجذور في اختبارات البيت الزجاجي، إلا أن عدم تجانس اللقاح، وإمكانية تلوث الأصص بكائنات أخرى (قد يكون من بينها أنواع أخرى من النيماتودا أيضاً) في مثل هذه الاختبارات يجعل من مصادر لقاح نيماتودا تعقد الجذور التي أخذت من مزارع تمت تربيتها في البيت الزجاجي أمثل وأفضل مصادر اللقاح. وهناك فوائد أخرى لاستخدام مزارع البيوت الزجاجية كمصدر للقاح ومنها: التحكم في مستويات العدوى باللقاح، والتوزيع المتجانس للقاح، وإجراء اختبارات التقييم لصفة المقاومة باستخدام لقاح نيماتودي وعوائل نباتية في غير أماكنها الأصلية، والتغلب على المعوقات الموسمية (Hussey and Boerma, 1981). وتستخدم الأصص ذات القطر ١٥سم في إجراء اختبارات التقييم

obeikandi.com

لصفة المقاومة في البيوت الزجاجية، على الرغم من أن حجمها قد يحد من عدد التراكيب الوراثية التي يتم اختبارها في المرة الواحدة ويسمح بنمو أكبر للمجموع الجذري لنباتات الاختبار . ومن المعلوم أن اختبارات التقييم تكون أسهل كثيراً عندما يكون المجموع الجذري للنباتات صغيراً فيسهل عدّ العقد الجذرية فيه، وكذلك تسهل عملية استخلاص البيض منه. وهناك بعض الأواني التي يمكن استخدامها لتؤدي هذا الغرض مثل: خلايا الزراعة المعروفة باسم Polystrene Todd Planter Flats موديل (١٥٠ – ٥) التي تصنعها شركة .Speedling Inc بمدينة Sun City بولاية فلوريدا الأمريكية. وتحتوي الواحدة منها على ١٢٨ خلية على شكل هرم مقلوب، سعة كل منها ٧٠ سم٣ وطولها ١١,٢٥ سم، ومفتوحة القاع لصرف ماء الري الزائد، وكذلك أوعية الزراعة المعروفة باسم Ray Leach Single cell Cone-tainer™ موديل (LD-UV Sc-10) التي تصنعها شركة .Stuewe LoSons Inc بمدينة كورفاليز Corvallis بولاية أوريجون الأمريكية، وتحتوي الواحدة منها على ١٥٠ أنبوبة بلاستيكية سعة ٢٥٠ سم٣ وطولها ٢٠,٦ سم ومفتوحة القاع، وهي أوعية ممتازة لإجراء اختبارات التقييم لعدد كبير من التراكيب الوراثية تجاه نيماتودا تعقد الجذور (الشكل رقم ٣,٤). كما تتميز هذه الخلايا والأوعية بأن جذور النباتات التي تنمو فيها تكون محدودة الحجم نظراً لقلة التهوية في الأنابيب، ومن ثم يسهل التعامل معها عند التقييم الحيوي للإصابة بالنيماتودا. كما أن العمق الكبير للأوعية من النوع Cone-tainer™ يسمح بتعرض أغلب الجذور للقاح النيماتودي، وبذلك يزداد معدل إصابتها بالنيماتودا (الشكل رقم ٣,٤).



الشكل رقم (٣,٤). أطباق Todd الزراعية المصنوعة من البولي إسترين، وخلايا Ray الراشحية المفردة (نظام Cone-tainer™) المستخدمة في تقييم مقاومة النباتات لنيماتودا تعقد الجذور.

قد تتغير الظروف البيئية وكثافة الإضاءة ودرجة الحرارة في البيوت الزجاجية المختلفة، ومن ثمَ يؤثر ذلك معنوياً في رد فعل نباتات الاختبار لنيماتودا تعقد الجذور. وتؤدي درجات الحرارة المنخفضة إلى خفض معدل تطور النيماتودا، ومن ثمَ يقل ظهور العقد النيماتودية. وعلى العكس من ذلك، قد تغير درجات الحرارة المرتفعة من استجابة الأصناف المقاومة. لذا فإنه من المهم جداً إدخال صنف معروف بقابليته للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور وصنف آخر مقاوم ضمن التراكيب الوراثية المراد اختبارها تجاه نيماتودا تعقد الجذور كأصناف اختبار قياسية يمكن بواسطتها معرفة أية تغيرات قد تحدث في ظروف الاختبار (Hussey and Boerma, 1981). كما يفيد صنف الاختبار القابل للإصابة القياسي في تحديد وقت إنهاء التجربة الذي يكون عادة عند ظهور أكبر عدد من العقد الجذرية وكتل البيض على هذا الصنف. ومادام أن المقاومة هي مقياس نسبي يمكن اشتقاقه من المقارنة بين التراكيب الوراثية المختلفة، فإن أصناف المقارنة القياسية تكون ضرورية في كل اختبارات التقييم لصفة المقاومة. وإضافة إلى ذلك، يسهل الصنف المقاوم القياسي تعريف التراكيب الوراثية ذات المستويات الفائقة من المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور (التي تحتوي على مستويات من المقاومة أعلى من تلك الموجودة في الصنف القياسي). وأخيراً، يجب إعادة اختبار السلالات التي تظهر صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في البيت الزجاجي مرة أخرى في حقول ملوثة طبيعياً بتلك النيماتودا وفي ظروف بيئية مختلفة.

المختبر وغرفة النمو Laboratory and Growth Chamber

بالرغم من إمكانية التعرف على التراكيب الوراثية المقاومة تحت الظروف التجريبية في المختبر، فإن هذه الاختبارات تتطلب عمالة مكلفة، كما أنها تحد من عدد التراكيب الوراثية التي تدخل في الاختبار. ولذلك، اقترحت طريقة بديلة للتغلب على تلك العيوب، وهي طريقة استزراع القطع الجذرية على البيئات الصناعية Root explant culture (Haroon *et al*., 1993). أما طريقة التقييم تجاه نيماتودا تعقد الجذور باستخدام مزارع الأنسجة، فالبرغم من أنها لا تتطلب حيزاً كبيراً كما هو الحال في اختبارات البيوت الزجاجية، إلا أنها طريقة غير عملية في حالة برامج التربية التي تتطلب اختبار عدد كبير من التراكيب الوراثية. وللتغلب على تلك المشكلة، يمكن إجراء اختبار التراكيب الوراثية لصفة المقاومة في أكياس بلاستيكية شفافة Transparent growth pouches (Fassuliotis and Corley, 1967 ؛ Omwega *et al*., 1988) وتسمح هذه الطريقة بتقييم تكاثر النيماتودا على النباتات بطريقة غير مدمرة للجذر، ومن ثمَ تسمح بتنمية وإكثار النباتات المقاومة بعد التأكد من مقاومتها. وتنمو النباتات في الأكياس البلاستيكية الشفافة في غرف النمو تحت ظروف متحكم بها، وتصبغ أكياس البيض على الجذور بصبغة الإيريوجلايوسين Erioglaucine ليسهل عدّها.

قواعد التقييم في البيوت الزجاجية Glasshouse Screening Protocols

قواعد جامعة جورجيا لتقييم فول الصويا

University of Georgia soybean screening protocols

تم تطوير برنامج تحسين فول الصويا في جامعة جورجيا الأمريكية ليكون قادراً على اختبار أكثر من ١٣٠٠ تركيباً وراثياً تجاه نيماتودا تعقد الجذور على مدار عام واحد تحت ظروف البيت الزجاجي. وفي هذا الاختبار، يتم زراعة ثلاث بذور من كل تركيب وراثي في أوعية الزراعة Cone-tainer^{Tm} موديل (LD-UV Sc-10) بعد ملئها إلى ما قبل حافتها بحوالي ٥ سم بتربة طينية رملية معاملة بمبيد مدخن، ثم تغطية كل وعاء بحوالي ٢,٥ سم من الرمل المعامل بمبيد مدخن. وفي نفس الاختبار، يتم زراعة عشرة أوعية Cone-tainer^{Tm} بصنف قابل للإصابة قياسي، وعشرة أخرى بصنف مقاوم قياسي. تسع الصينية RL-98 tray ٤٩ وعاءً في صفوف، وتتم الزراعة في صف من الأوعية، ويترك الصف الآخر. توضع الصواني (٤٥ صينية) على طاولة داخل البيت المحمي تحت مصدر إضاءة مزود بمصابيح هالوجينية بقدرة ٤٠٠ واط، وتروى بنظام ري أوتوماتيكي. وبعد سبعة إلى عشرة أيام من الزراعة، يتم تخفيف البادرات إلى بادرة واحدة بكل وعاء، ثم يتم التلقيح بنيماتودا تعقد الجذور بواقع ٣٠٠٠ بيضة من البيض المستخلص بطريقة هيبوكلوريت الصوديوم ٠,٥٢٥٪، وذلك بإضافة ٣ – ٥ مل من معلق البيض (تبعا لتركيز معلق البيض المطلوب) في حفرتين أو ثلاث حفرات في التربة حول ساق النبات باستخدام مضخة التوزيع الرقمية (الشكل رقم ٣,٢). تروى النباتات يدوياً رياً خفيفاً لمدة يوم أو يومين بعد العدوى قبل استخدام نظام الري الأوتوماتيكي.

وبعد ٣٠ يوماً من العدوى، يؤخذ المجموع الجذري لنباتين من كل من الصنفين المقاوم والقابل للإصابة القياسيين، ويتم فحصهما لتحديد وقت إنهاء التجربة. وعند التقييم للمقاومة أو القابلية للإصابة، يتم قطع المجموع الخضري للنباتات، وترفع الجذور برفق من أوعية الزراعة، وتغسل من التربة. أما إذا كانت هناك رغبة في تنمية التراكيب الوراثية فائقة المقاومة لاستخدامها في إنتاج البذور أو التهجينات، فإنه يتم الحفاظ على المجموع الخضري دون قطعه، وتنقل تلك النباتات إلى أصص أكبر حجماً بعد تسجيل عدد وحجم العقد الجذرية على جذورها. بعد ذلك يتم الاستمرار في تقييم الاختبار، وذلك بعدٍّ العقد النيماتودية على الجذور وتقدير دليل العقد الجذرية على المقياس ١ – ٥، حيث : ١= أقل من عشر عقد/نبات، و٥= أكثر من ٩٠ عقدة/نبات). أيضاً يتم اختبار النسل الناتج من التهجينات الحديثة كل عام في ثلاث دورات من الاختبارات. ويتم أيضاً إعادة اختبار مقاومة أجيال الانعزالات الأولى من التهجينات لنيماتودا تعقد الجذور. وفي هذه الحالة، يكفي استخدام مكررين من كل صنف. وبعد دورتين من الاختبارات يتم استبعاد التراكيب الوراثية القابلة للإصابة، ويتم إعادة اختبار مقاومة التراكيب الوراثية التي أظهرت مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور في أصص بواقع ثلاث مكررات لكل تركيب وراثي، كما يتم اختبارها في الحقل كذلك. وفي نفس الوقت، يتم تقييم الأداء المحصولي لهذه السلالات في الحقل.

قواعد اختبار أصناف البطاطس الهولندي (CPRO-DLO)

CPRO-DLO Wageningen, the Netherlands, potato screening protocol

يركز برنامج اختبار المقاومة في أصناف البطاطس لنيماتودا تعقد الجذور *M. chitwoodi*، *M. fallax*، و*M. hapla* بصفة أساسية على اختبار عدد كبير من نباتات البطاطس المأخوذة من آباء برية على مدار عام في البيت الزجاجي (Janssen *et al.*, 1996). ونظراً لأن هذه الأنواع من نيماتودا تعقد الجذور تكون عقداً صغيرة جداً على جذور البطاطس أو لا تكونها بالمرة، فإن التقييم يعتمد أساساً على عدد كتل البيض على الجذور. وللحصول على توقيت دقيق ومستوى كافٍ للعدوى، تستخدم يرقات الطور الثاني للنيماتودا كلقاح بدلاً من البيض. وتزرع البذور في تربة إنبات Germination soil (خليط من التربة والرمل الفضي Silver sand)، ثم تشتل البادرات بعد أسبوع من الإنبات إلى سلسلة من الأنابيب البلاستيكية ذات الأبعاد ٤×٤×١٥ سم (٢٤٠ سم٣) المملوءة برمل فضي رطب يضاف إليه عناصر سمادية من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم NPK (إنتاج شركة Osmocote; Scott-Sierra Horticutlural Products Co. بمدينة ماريزفيل Marysville بولاية أوهايو الأمريكية). توضع الأنابيب بعد ذلك في أوعية على الطاولات في بيت زجاجي مضبوط درجة الحرارة (٢٢±٢°م). ويجب أن يحتوي كل اختبار أيضاً على صنفين؛ أحدهما مقاوم، والآخر قابل للإصابة، قياسيان. بعد نمو النباتات واشتداد عودها (بعد ٢-٣ أسابيع عادة)، يتم تلقيحها بحوالي ١ مل من معلق يحتوي ٤٠٠ يرقة طور ثانٍ حديثة الفقس/نبات، توضع في التربة حول قاعدة ساق النبات بواسطة محقن أوتوماتيكي. ونظراً لحساسية كل من النبات والنيماتودا للري الزائد، فإنه يجب الانتباه والاعتدال في الري في الأسبوعين الأولين بعد التلقيح.

بدءاً من الأسبوع السابع بعد العدوى، يتم تحرير الجذور من التربة وتغسل برفق، ثم يتم صبغ كتل البيض على الجذور بواسطة محلول صبغة الفلوكسين ب. يتم عادة اختبار النباتات المقاومة باستخدام الشتلات مباشرةً أو بتنمية الشتلات لإنتاج الدرنات، ثم يعاد اختبار النباتات الناتجة من الدرنات بنفس الطريقة، وذلك بأخذ قطع صغيرة من الدرنات تحتوي على العيون وزراعتها مباشرة في الأنابيب. وقد أثبت اختبار الأنابيب المربعة فائدته في توفير المساحات، ولكن من عيوبه أن المدادات Stolons تنمو من الأنبوبة إلى الأنابيب المجاورة، الأمر الذي يؤدي إلى تلوث تلك الأنابيب.

الحقل Field

يمكن أيضاً اختبار مقاومة السلالات في قطع التجارب الحقلية Field plots، ولهذه الطريقة أيضاً مميزاتها وعيوبها. وقد يكون الاختبار الحقلي مناسباً لتقييم السلالات المتطورة ولكن ليس للاختبارات الأولية لتعريف مصادر المقاومة، حيث تكون الكثافة العددية للنيماتودا في التربة غير متساوية في الحقل. ولكن اختبارات الحقل قد تكون مفيدة في إمكانية الحصول على النتائج المحصولية ومؤشرات النمو النباتية. ويمكن العمل على توزيع التلوث

بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. في الحقل بطريقة أكثر تجانساً، وذلك بزراعة صنف قابل للإصابة لمدة موسم أو موسمين قبل إجراء الاختبار المطلوب. أما بالنسبة للاختبارات التي تحتاج إلى مساحات صغيرة (٠,١ – ٠,٥ هكتار) فمن الممكن أن تجرى العدوى الصناعية للتربة بمستوى اللقاح المطلوب. ومن التجارب الناجحة في ذلك، ما تم في أحد برامج اختبار أصناف القطن تجاه نيماتودا تعقد الجذور التي أجراها ستار J.L. Starr بجامعة Texas A&M بأمريكا، حيث تمت إضافة تربة شديدة التلوث بالنيماتودا وقطع جذور نباتية مصابة، تم جمعها من مزارع بيوت زجاجية، إلى خطوط الزراعة بالحقل. وقد تمت هذه الإضافة بطريقة يدوية، ثم تم خلطها في الطبقة السطحية من التربة حتى عمق ١٥ سم بواسطة جهاز محراث دوار قبل الزراعة مباشرةً. ويمكن أيضاً أن تستخدم طريقة أخرى عوضاً عن ذلك، وهي أن يستخلص بيض نيماتودا تعقد الجذور من مزارع البيوت الزجاجية كما تم وصفه سابقاً، ثم إضافة هذا البيض إلى بيئة آجار ٠,١٪ وإضافته إلى خطوط الزراعة (قبل أو بعد الزراعة) باستخدام جهاز إضافة الأسمدة السائلة بالطبقة السطحية من التربة حتى عمق ١٥ سم. ويساعد الآجار ٠,١٪ على بقاء بيض النيماتودا معلقاً وعدم الاحتياج إلى تقليبه أثناء عملية التلقيح. وهذه الطريقة تشابه تماماً عملية حقن المبيدات المدخنة. وفي كلتا الطريقتين السابقتين، تتم إضافة ٤٠٠٠ بيضة نيماتودا لكل متر من الخطوط باستخدام جهاز إضافة الأسمدة.

وتعد طريقة الزراعة في مجاميع Hill planting بحيث توضع البذور في مجاميع بدلاً من وضعها في صفوف أو خطوط، طريقة فعالة وجيدة لاختبارات التقييم الحقلية. وتتفاوت مسافات الزراعة بين المجاميع تبعاً لطبيعة نمو النبات. وكما في اختبارات البيوت الزجاجية، يجب أيضاً أن يتضمن الاختبار صنفين قياسيين أحدهما مقاوم والآخر قابل للإصابة. ويتم تقييم مقاومة الأصناف لنيماتودا تعقد الجذور باستخدام دليل التعقد Gall index (الشكل رقم ٣,٣) و/أو المقارنة بين الأعداد النهائية للنيماتودا.

وبسبب التغير في الكثافة العددية الابتدائية للنيماتودا في الحقل، نجد أنه من الصعب أن يكون لدينا معاملة للمقارنة Control أو مكررات متساوية في الكثافة العددية للنيماتودا لكل سلالة نباتية يتم اختبارها. وتعد التصاميم الإحصائية التقليدية مثل: تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، والمربع اللاتيني مناسبة جداً لاختبارات التقييم الحقلية. ويساعد التصميم الشبكي Lattice design حيث يمكن تقسيم القطعة التجريبية إلى قطع أصغر، في قياس التغيرات التي تحدث داخل القطع التجريبية نفسها. وقد يكون الحل المميز لمشكلة التغير في الكثافة العددية الابتدائية للنيماتودا في الحقل هو تقسيم السلالات النباتية المراد اختبارها إلى مجموعات تحتوي كل منها على ثماني سلالات بالإضافة إلى صنف مقاوم وآخر قابل للإصابة قياسيين (Kappelman and Bird, 1981)، ثم تكرر هذه المجموعة ذات العشرة تراكيب وراثية أربع أو ست مرات في كل اختبار. وبناءً عليه، فلو أننا نقوم بتقييم ٣٢ سلالة نباتية، فسوف

يكون لدينا أربعة مجموعات، تحتوي كل منها على صنفيها القياسيين. تزرع المجموعات بطريقة عشوائية باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة. وعند تحليل النتائج، يتم تقييم كل مجموعة على حدة. ويضمن هذا الإجراء في الاختبارات الحقلية الكبيرة أن تتم مقارنة كل سلالة تجريبية إلى المقارنات المناسبة التي تمت زراعتها في ظروف طبيعية مقاربة تماماً لظروف هذه السلالة. ومن ثمَ يمكن الحد قدر الإمكان من تأثير التغيرات في الكثافة العددية الابتدائية للنيماتودا بالتربة وكذلك التغيرات في طبيعة التربة.

الانتخاب باستخدام الدلائل الجزيئية Marker-Assisted Selection

دخلت -حديثاً- تقنيات البيولوجيا الجزيئية برامج التربية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور. ويساعد الانتخاب باستخدام الدلائل الجزيئية في تقليص الوقت الذي تستهلكه عملية إكثار النيماتودا لاستخدامها في التلقيح، والسماح بتحليل الأنسجة النباتية الصغيرة، كما أنه اختبار غير مدمر للنباتات وأكثر فاعلية وواقعية من اختبارات التقييم باستخدام النيماتودا، لكونه طريقة مباشرة لانتخاب الجينات التي تتحكم في صفة المقاومة. وإضافة إلى ذلك، فالانتخاب باستخدام الدلائل الجزيئية يفيد في سرعة وفاعلية إدخال جينات المقاومة من الأنواع النباتية البرية أو غير المستزرعة إلى الأصناف التي يجرى تطويرها أو تحسينها، وكذلك في بناء Pyramiding جينات المقاومة في الأصناف للحصول على مقاومة متعددة ثابتة. وفي الطماطم، يرتبط جين المقـاومة *Mi* تجـاه نيماتـودا تعـقد الجـذور *M. incognita*، و*M. javanica*، و *M. arenaria* بالموقع الجيني المسؤول عن إنزيم acid phosphatase-1 (*Aps-1*)، وتعرف التراكيب الوراثية المقاومة عن طريق تقييم الأليل المقابل للموقع *Aps-1* كدليل مشابه إنزيمي (Rick and Fabes, 1974). وبذلك قد تكون هذه الطريقة هي أول استخدام عملي للانتخاب باستخدام الدلائل الجزيئية لصفة المقاومة تجاه النيماتودا.

تم أيضاً استثمار ظاهرة تعدد أشكال Polymorphism الحامض النووي DNA في عملية الانتخاب باستخدام الدلائل الجزيئية في برامج التربية لصفة المقاومة تجاه النيماتودا. وقد استخدمت تقنيات البيولوجيا الجزيئية بأنواعها مثل: تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد (RFLP)، وتقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (RAPD)، وتقنية تضاعف قطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (AFLP)، وتقنية التتابعات البسيطة المتكررة SSR (Microsatelite) في توسيع مفهومنا لصفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور، وتطوير أصناف مقاومة تجاه العديد من أنواع المحاصيل (Staub *et al.*, 1996). وقد تم استبدال دليل المشابه الإنزيمي للموقع *Aps-1* المستخدم في اختبار البحث عن الجين المسؤول عن صفة المقاومة في الطماطم تجاه نيماتودا تعقد الجذور بطريقة التوصيف التتابعي لقطع الحامض النووي DNA المكبرة (SCAR) المشتقة من تقنية

التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (RAPD)، وذلك لأن تقنية تفاعل البلمرة المتسلسل PCR التي تستخدم فيها هذه التقنيات هي تقنية سهلة ويمكن إجراؤها باستخدام قطع صغيرة من الأنسجة النباتية (Williamson *et al.*, 1994). وتعد صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في فول الصويا صفة كمية ومحكومة بعدد من الجينات، وقد ساعدت تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد (RFLP) في تعريف مواقع الصفات الكمية Quantitative trait loci (QTL) التي تمنح صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، و*M. javanica*، و*M. arenaria*، (Tamulonis *et al.*, 1997a,b,c). وتعد تقنية التتابعات البسيطة المتكررة (SSR) طريقة مساعدة يمكن بواسطتها اختبار عدد كبير من التراكيب الوراثية (Staub *et al.*, 1996). وتستخدم تقنية التتابعات البسيطة المتكررة (SSR) المرتبطة مع موقعين من مواقع الصفات الكمية QTL المسؤولة عن صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* في عملية الانتخاب لصفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* في فول الصويا، وذلك للإسراع من تطوير أصناف مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور (Li *et al.*, 2001). تم أيضاً تعريف دلائل جزيئية مرتبطة بصفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في الفول السوداني (Burow *et al.*, 1996 ؛ Garcia *et al.*, 1996 ؛ Church *et al.*, 2000)، والتبغ (Yi *et al.*, 1998)، والقمح (Barloy *et al.*, 2000)، والخوخ (Lu *et al.*,1998)، والبطاطس (Brown *et al.*, 1996 ؛ Van der Voort *et al.*, 1999). وكلما تم تطوير الخرائط الجزيئية للمزيد من المحاصيل، زاد التعرف على دلائل جزيئية للحامض النووى DNA مرتبطة بجينات المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور. وسوف يعتمد تحوير تقنيات الدلائل الجزيئية لاختبارات تقييم صفة المقاومة على النطاق الواسع على كل من القيمة النسبية للتكاليف، والوقت الذى تتطلبه كل تقنية. وبتعبير أوضح، كلما أمكن استخدام تقنيات الدلائل الجزيئية للحامض النووى DNA في تقييم أعداد أكبر من التراكيب الوراثية في إطار تكاليف معقولة، أصبح للانتخاب المبني على الأسس الجزيئية دوراً معنوياً في برامج التربية لصفة المقاومة تجاه النيماتودا وتحسين الأصناف المحصولية. وسوف تتم مناقشة دور الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية في برامج تربية أصناف فول صويا مقاومة لنيماتودا حوصلات فول الصويا في الفصل الثاني عشر.

توارث صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور
Genetics of Root-Knot Resistance

فول الصويا Soybean

توجد صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، و *M. javanica*، و*M. arenaria* في العديد من أصناف فول الصويا. وتعد الأصناف شديدة المقاومة للنوع *M. incognita* أكثر عدداً من تلك المقاومة للنوعين *M. javanica* و*M. arenaria*، كما أن هناك عدة أصناف مقاومة للأنواع الثلاثة أو لنوعين منها على الأقل

(Hussey *et al.*, 1991). وتُحكم صفة المقاومة الجزئية تجاه النوع *M. incognita* في الصنف "Forrest" بواسطة جين تراكمي مفرد وهو الجين *Rmi1* (Luzzi *et al.*, 1994a). وقد تم تعريف مدخلات من فول الصويا ذات مستويات أعلى من المقاومة تجاه الأنواع الثلاثة المذكورة من نيماتودا تعقد الجذور مقارنة بالأصناف المستزرعة المعروفة من التراكيب الوراثية لفول الصويا (Luzzi *et al.*, 1987a). وقد تمت دراسة كيفية توارث صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في مدخلين من المدخلات النباتية، ووجد أن هذه الصفة محكومة بجين واحد للمقاومة في كل من المدخلين (Luzzi *et al.*, 1994b، Luzzi *et al.*, 1995a، Luzzi *et al.*, 1995b). كما تحتوي معظم المدخلات النباتية على جينات مقاومة متميزة، وهي التي إذا أمكن أهرمتها في أصناف فول الصويا، ربما تعطينا مقاومة أكثر لنيماتودا تعقد الجذور.

الطماطم Tomato

يعد الجين *Mi* المسؤول عن صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في الطماطم أكثر جينات المقاومة استخداماً في أبحاث المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور. وهذا الجين هو جين مفرد سائد يقع على الكروموسوم رقم ٦ فوق دليل المشابه الإنزيمي *Aps-1*، وقد تم الحصول عليه من نوع الطماطم البري *L. peruvianum*، ويوجد حالياً في العديد من أصناف الطماطم المستحدثة. والجين *Mi* هو جين فعال للمقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور؛ *M. incognita*، *M. javanica*، و*M. arenaria*، ولكن مقاومته تنكسر إذا ارتفعت درجة الحرارة عن ٢٨ °م. بل لقد تم العثور على بعض السلالات الحقلية من النيماتودا التي يمكنها أيضاً كسر مقاومة هذا الجين، والتي ظهرت نتيجة للضغط الانتخابي تجاه صفة الشراسة الإمراضية، كما ظهرت بعض السلالات الحقلية من النيماتودا أيضاً التي يمكنها إصابة أصناف تحتوي على الجين *Mi* طبيعياً دون التعرض لأية ضغوط انتخابية (Roberts and Thomason, 1989). ونظراً لذلك، يتم البحث من جديد عن جينات أخرى مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور، وحتى الآن لم يتم العثور على أيٍّ من هذه الجينات سوى في مجموعة من الطماطم البرية *L. peruvianum*. وقد تم تسمية الجينات الجديدة من الجين *Mi* بالمسميات *Mi-2* .... إلى *Mi-8* التي تعبر عن أطياف مختلفة من الفاعلية تجاه عزلات نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. التي تتغلب على الجين *Mi*، وكذلك تجاه الحساسية لدرجات الحرارة المرتفعة (Yaghoobi *et al.*, 1995؛ Vermis and Roberts, 1996a؛ Vermis and Roberts, 1996b؛ Williamson, 1998).

تم استنساخ الجين *Mi* بعد أبحاث وجهود مكثفة بواسطة العديد من المختبرات (Williamson *et al.*, 1998)، وهذا الجين يعطي الشفرة لعدد من بروتينات المقاومة النباتية التي تتميز بوجود موقع ارتباط نيوكليوتيدي ومنطقة متكررة غنية بالحامض الأميني ليوسين وذات طرف كربوكسيلي (Williamson, 1998). ولقد اكتشف أن الجين *Mi* يمنح أيضاً صفة المقاومة تجاه حشرة منّ البطاطس (Rossi *et al.*, 1998). ويعد ذلك هو الاكتشاف الأول لجين نباتي

يتحكم في صفة المقاومة تجاه آفتين مختلفتين، وسوف تسفر الأبحاث المستقبلية عن بصائر قيمة في ميكانيكية التمييز والاستجابة لصفة المقاومة.

البطاطس Potato

أوضحت الدراسات أن أغلب المشاكل الخطيرة التي تسببها نيماتودا تعقد الجذور لمحصول البطاطس في أمريكا وأوروبا تعود إلى ثلاثة أنواع من هذه النيماتودا هي: *M. chitwoodi*، و*M. fallax*، و*M. hapla*. ويبدو أن صفة المقاومة تجاه هذه الأنواع الثلاثة من النيماتودا غير موجودة في أصناف البطاطس المستزرعة في الوقت الحالي، بينما تم تعريف هذه الصفة في جنس *Solanum* البري (Janssen *et al.*, 1996 ؛ Brown *et al.*, 1994). وتعتمد صفة المقاومة في النوع *S. bulbocastanum* على جين مفرد سائد هو الجين *Rmc1* الذي يقع على الكرموسوم رقم ١١ (Brown *et al.*, 1996)، وهو جين فعال تجاه الأنواع الثلاثة من نيماتودا تعقد الجذور التي تم ذكرها سابقاً. وقد تم تعريف جين مفرد سائد آخر هو الجين *Rmc2* في النوع *S. fendleri*، وهو فعال فقط تجاه النوعين: *M. chitwoodi*، و*M. fallax*. أما الأنواع الأخرى من الجنس *Solanum* مثل: *S. hougasii*، و*S. stoloniferum*، و*S. chacoense* فتحتوي على عدة جينات مقاومة بعدة مستويات مختلفة من المقاومة، وكذلك تختلف في طريقة توارث صفة المقاومة في كل منها (Janssen *et al.*, 1997a). وبالرغم من ذلك، فقد لوحظت بعض العزلات للنوعين *M. chitwoodi*، و*M. hapla* تتميز بصفة الشراسة الإمراضية على بعض المصادر المقاومة من الجنس *Solanum*. وبصفة خاصة، هناك عدد من مصادر المقاومة تجاه النوع *M. hapla* وجد أنها تختلف في رد فعلها المقاوم تجاه السلالات المختلفة من هذا النوع (Van de Breek *et al.*, 1998 ؛ Janssen *et al.*, 1996).

تم أيضاً اكتشاف صفة المقاومة تجاه أنواع نيماتودا تعقد الجذور ؛ *M. incognita*، و*M. javanica*، و*M. arenaria* في النوع البرى *S. sparsipilum*، ويبدو أن هذه الصفة تعتمد على بضعة جينات (Gomez *et al.*, 1983). وقد وجد أيضاً أن المقاومة التي تم تعريفها تجاه الأنواع *M. chitwoodi* ، و*M. fallax*، و*M. hapla* ليست فعالة تجاه أنواع نيماتودا تعقد الجذور التي توجد في المناطق المدارية.

محاصيل أخرى Other Crops

أوضحت اختبارات التقييم وجود مصادر للمقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في العديد من المحاصيل. وقد نجحت عمليات نقل جينات المقاومة من هذه المصادر إلى الأصناف التجارية أو المستزرعة. وإلى جانب الأمثلة التي تم ذكرها من قبل، هناك محاصيل اقتصادية هامة أخرى تمتلك صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور

Meloidogyne spp. مثل : البرسيم الحجازى، والفول، والفاصوليا، والجزر، والقطن (انظر اللوحة الملونة رقم ٨) واللوبيا، والفول السودانى (اللوحة الملونة رقم ٣)، والفلفل، والبرقوق، والتبغ، والقمح. وفي مجال تربية النبات، يتجه التفضيل دائماً وبقوة تجاه صفة المقاومة السائدة بسيطة التوارث، وخاصة عندما يكون مصدر المقاومة تركيباً وراثياً لا يمكن تحسينه، أو نوعاً برياً من النباتات يتطلب عدة تهجينات رجعية مع الصنف المزروع حتى يمكن تطويره. أيضاً، فإن صفة المقاومة المتنحية تعقد وتعوق إجراء التهجينات الرجعية. وكمثال على ذلك، وجد أن صفة المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور *M. hapla* في الجزر تحكم بجينين متنحيين (Wang and Goldman, 1996). ونظراً لأن كل أصناف الجزر حتى الآن هي في الأساس عبارة عن هجن، فإن برنامج التهجين الرجعي يكون ضرورياً للسلالات داخلية التربية ذات النسل الضخم في كل جيل حتى تصبح صفة المقاومة جاهزة للانتخاب. وقد يعطي البحث عن مصادر مقاومة أخرى نتائج أكثر فاعلية. وهناك تهديد قوي يهدد استخدام صفة المقاومة البسيطة التوارث وهو أن طيف فاعليتها محدود. ومن هنا تنشأ مخاطرة انتخاب عزلات شرسة من النيماتودا. وعموماً، توضح خبرات التعامل مع جينات المقاومة المفردة تجاه نيماتودا تعقد الجذور في البرقوق والطماطم أن صفة المقاومة تبقى مفيدة وفعالة في مساحات كبيرة بالرغم من ظهور بعض العزلات الشرسة في بعض المواقع (Roberts, 1992). وبالمقارنة مع صفة المقاومة وحيدة الجينات تجاه الفطريات التي تصيب المجموع الخضري حيث يكون هذا التهديد شائعاً، فإن المقاومة تجاه النيماتودا تكون عادةً أطول عمراً بسبب طول فترة الجيل والبطؤ في الانتشار. بل إن الفقد في صفة المقاومة تجاه النيماتودا يعود في معظم الحالات إلى الانتخاب داخل العشائر الحقلية أكثر منه إلى عمليات التطفر. ويمثل انتشار التلوث بالعزلات والأنواع الأخرى من نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. خطراً آخر لاستخدام صفة المقاومة الثابتة يفوق في خطره عملية الضغط الانتخابى لصفة الشراسة الإمراضية.

الشراسة والقدرة الإمراضية لنيماتودا تعقد الجذور
Root-Knot Nematode Virulence and Pathogenicity

التغير داخل الأنواع Intraspecific Variation

يمكن التعبير عن التغير داخل أنواع نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. بالتفاعل الحادث بين النبات والنيماتودا في ثلاث مستويات هي: تفاعل غير عائل Non host، وتفاعل عدواني Aggressiveness، وتفاعل الشراسة الإمراضية Virulence. وفي هذا السياق، يكون النبات إما غير عائل Non-host، أو عائلاً فقيراً Poor host، أو عائلاً جيداً Good host لهذا النوع من النيماتودا، أو لتلك المجموعة من العزلات داخل النوع الواحد من النيماتودا. وقد تم وصف الاختلافات في المدى العوائلي التي تؤدي إلى وجود السلالات بالنسبة للأنواع : *M. incognita*، و*M. arenaria* (Sasser, 1980)، و*M. chitwoodi* (Mojtahedi *et al.*, 1988). أما بالنسبة

للأنواع الأخرى مثل: *M. hapla*، و*M. javanica*، على سبيل المثال، فقد لوحظت اختلافات في مداها العوائلي أيضاً، ولكن هذه الاختلافات لم تؤد إلى تصنيف تحت أقسام محددة. أما صفة العدوانية Aggressiveness فتعكس القدرة التكاثرية للنيماتودا على العوائل القابلة للإصابة سواء الفقيرة أو الجيدة منها، بينما صفة الشراسة الإمراضية Virulence هي القدرة على التكاثر على العائل المقاوم. وترتبط الصفة الأولى ببعض عوامل القدرة العامة، بينما تتعلق الصفة الثانية بالتداخل بين جين الشراسة الإمراضية في الطفيل وجينات المقاومة في العائل. وفي الحقيقة، تتداخل هذه المستويات مع بعضها نتيجة لعدم توفر المعلومات حول الخلفية الوراثية لكل من: النيماتودا، والنبات، ربما في وجود العزلات الخليطة من النيماتودا في الحقل، وعدم اتفاق المعلومات المرجعية.

توراث صفة الشراسة الإمراضية Genetics of Virulence

تتعلق معظم المعلومات المتوفرة حول صفة الشراسة الإمراضية لنيماتودا تعقد الجذور بجين المقاومة *Mi* في الطماطم. وفي الخمسينيات من القرن الماضي، لوحظ ظهور عزلات من أنواع نيماتودا تعقد الجذور؛ *M. incognita*، و *M. javanica*، و*M. arenaria* قادرة على كسر صفة المقاومة في النباتات المقاومة وسميت هذه العزلات بالسلالات ب B-races (Riggs and Winstead, 1959). وإضافة إلى تطور صفة الشراسة الإمراضية تحت الظروف الانتخابية، تظهر طبيعياً العشائر النيماتودية القادرة على كسر صفة المقاومة في الحقل، ويتم اكتشافها حتى لو لم تكن هذه العشائر قد تعرضت لأصناف مقاومة (Roberts and Thomason, 1989).

أوضحت نتائج التجارب الانتخابية التي أجريت تحت الظروف المخبرية أن نسبة النيماتودا ذات صفة الشراسة الإمراضية تزداد عقب كل جيل تمضيه النيماتودا في وجود نباتات طماطم مقاومة (Netscher, 1977). ونظراً لأن نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، و*M. arenaria* ، وM. *javanica* هي أنواع إجبارية التطفل بكرية التكاثر، فإن هناك ميكانيكيات أخرى بخلاف التوافيق الوراثية Genetic recombination لابد وأنها المسؤولة عن صفة الشراسة الإمراضية في هذه الأنواع. وقد افترضت تريانتافيلو Triantaphyllou (1987) أن زيادة معدل التطفر في الجينات الثانوية يؤثر على صفة الشراسة الإمراضية، في حين افترض كاستاجنون- سيرينو وآخرون Castagnone-Sereno *et al.* (1994a) حدوث نظام تعاظم جيني في المناطق الجينية أو الكروموسومات التي تحمل الأليلات التي تتحكم في صفة الشراسة الإمراضية، ولكنهم افترضوا أيضاً ميكانيكيات مختلفة لاكتساب صفة الانتخابات الحقلية وتلك التي تكتسبها في الانتخابات المخبرية. وأن ذلك يعود إلى الاختلافات الملحوظة في ثبات واتساع صفة الشراسة الإمراضية (Castagnone-Sereno *et al.*, 1994b ؛ Roberts *et al.*, 1990).

وحديثاً جداً، أسفرت الدراسات حول صفة الشراسة الإمراضية لنيماتودا تعقد الجذور *M. chitwoodi* على البطاطس البرية *S. fendleri* المقاومة لتلك النيماتودا عن شيء مخالف لما سبق. فالعزلات التي نشأت من كتل البيض المفردة Single egg masses التي تكونت عرضياً على النباتات المقاومة التي تحتوي الجين *Rmc-2* كانت قادرة على التغلب الكامل على النباتات المقاومة التي تحتوي هذا الجين، وأيضاً النباتات الأخرى القريبة أو غير القريبة من الجنس *Solanum* spp. ومع ذلك، كانت هناك أيضاً بعض الاختلافات بين السلالات النيماتودية في صفة الشراسة الإمراضية. ويبدو أن صفة الشراسة الإمراضية تجاه الجين *Rmc-2* صفة بسيطة التوارث، ولكن يبدو أيضاً أنه لابد من وجود عدة عوامل أخرى للشراسة الإمراضية ليمكن تفسير الأفعال المتغايرة للعزلات النيماتودية على المصادر النباتية الأخرى المقاومة (Janssen *et al.*, 1998).

قواعد اختبارات المقاومة Role in Resistance Screening

هناك عدة اعتبارات يجب الأخذ بها عند اختبار عزلة (أو عزلات) النيماتودا التي سوف تستخدم في اختبار المقاومة، وأولى هذه الاعتبارات هو تحديد المنطقة الزراعية الرئيسية للمحصول أو المنطقة المستهدفة للمقاومة، وثانيها تحديد النوع السائد من نيماتودا تعقد الجذور في هذه المنطقة. ويساعد تحديد كل من هذين العاملين في تحديد الكثافة الابتدائية المثلى لعزلة أو نوع نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. التي تستخدم في الاختبار. وفي المرحلة التالية لذلك، يمكن اختبار عزلات أو أنواع أخرى من نيماتودا تعقد الجذور على نباتات مقاومة مختارة كجزء من التقييم. وثالث هذه الاعتبارات هو المعلومات المتاحة حول مصادر المقاومة، ورابعها هو هل توجد محاصيل ذات مقاومة جزئية؟. ويجب ضبط برنامج المقاومة بحيث يمكن اكتشاف النباتات المقاومة للسلالات الشرسة إمراضياً من النيماتودا من بين الأصناف والسلالات المقاومة الموجودة. أما الاعتبار الخامس فهو تحديد هل المقاومة التامة هي المطلوبة أم أن المقاومة الجزئية تكفي؟ وفي محاصيل مثل البطاطس والجزر نجد أن حد الضرر الاقتصادي من النيماتودا منخفض جداً نظراً للتأثير السلبي للنيماتودا على نوعية المحصول قبل التأثير الفعلي في إنتاجيته، وفي هذه الحالة، تكون المقاومة التامة هي المطلوبة.

اختبار المقاومة لخليط من العزلات Screen with Mixture of Isolates

يسمح اختبار المقاومة لخليط من العزلات التي تتبع نوعاً واحداً من نيماتودا تعقد الجذور والتي تم جمعها من مناطق جغرافية مختلفة باكتشاف مدى واسع من المقاومة يمكن استخدامه في نطاق جغرافي واسع. ويفضل هذا الإجراء بصفة خاصة في البرامج الكبرى لاختبار المقاومة، وكذلك عندما لاتتوفر المعلومات حول صفة الشراسة الإمراضية لجاميع النيماتودا المختبرة إزاء مصادر المقاومة الموجودة. ويجب تجنب خلط العزلات المختلفة للأنواع

Obeikandl.com

المختلفة من نيماتودا تعقد الجذور ما لم تكن هناك رغبة في تطبيق صفة المقاومة تجاه نوع أو نوعين من النيماتودا. وقد استخدم مارول وآخرون Marull *et al.* (1994) خليطاً من عزلات نيماتودا تعقد الجذور ؛ *M. incognita*، و*M. arenaria*، و*M. javanica* ليحصل على مقاومة واسعة تجاه هذه العزلات في أصول البرقوق.

اختبار المقاومة تجاه العزلات عالية القدرة الإمراضية

Screen with Highly Aggressive Isolates

عندما يتم تحديد صفة المقاومة باستخدام خليط من العزلات، فإن تقييم صفة المقاومة يجب أن يتم إنجازه بواسطة عزلات محددة ممرضة من نيماتودا تعقد الجذور. وسوف تكون العزلات عالية القدرة الإمراضية من النيماتودا قادرة على تمييز التراكيب الوراثية النباتية ذات المستويات العالية من المقاومة. ولقد تمت مناقشة الحفاظ على صفتي القدرة الإمراضية Aggressiveness والشراسة الإمراضية Virulence في الجزء الخاص بتداول وإعداد اللقاح.

وفيما يتعلق بالتحليل الوراثي لصفة المقاومة، فإنه من الأفضل استخدام عزلات النيماتودا ذات الأصل الوراثي المحدود، كتلك التي تنشأ من كتل بيض مفردة. ويزداد تعقيد تحليل الانعزال باستخدام خليط من النيماتودا الشرسة وغير الشرسة.

المقاومة النباتية المهندسة وراثياً

Transgenic Plant Resistance

الجينات المهندسة وراثياً والأهداف Transgenic and Targets

هناك عدة إستراتيجيات بيوتكنولوجية لإدخال صفة المقاومة في النباتات كبديل لطرق التربية التقليدية بالتهجينات الرجعية، أو عندما تكون صفة المقاومة مفقودة. ومن هذه الإستراتيجيات: استنساخ Cloning جينات المقاومة الطبيعية ثم نقلها إلى الأصناف مرتفعة القيمة الاقتصادية عن طريق تقنيات الهندسة الوراثية. وحتى الآن، تم استنساخ ثلاثة جينات مقاومة بنجاح وهي: الجين $Hs1^{pro}$ من نبات البنجر البري *Beta procumbens* وهو جين فعال تجاه نيماتودا حوصلات بنجر السكر *Heterodera schachtii* (Cai *et al.*, 1997)، والجين *Gpa2* من البطاطس وهو جين مقاوم لبعض العزلات من نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera pallida* (Van der Vossen *et al.*, 2000)، والجين *Mi* من الطماطم (Williamson, 1999). وأحد أهداف استنساخ جينات المقاومة هو إدخال هذه الجينات في أنواع من المحاصيل التي تتضرر من الإصابة بهذه النيماتودا، ولا تمتلك أية مصادر وراثية للمقاومة (Williamson, 1998). وبالرغم من ذلك، فليس من المؤكد أن الجينات المقاومة سوف تؤدي وظيفتها بفاعلية في الأنواع المحصولية متباينة الزيجوت Heterozygous (Williamson and Hussey, 1996 ؛ Williamson, 1998). كما أن هناك عاملاً محدداً آخر لهذه الإستراتيجية وهو الافتقار إلى الجينات المرشحة لأغراض الاستنساخ. وأخيراً، قد يؤدي

obeikandi.com

استخدام جينات المقاومة المعلومة إلى الاستغلال المفرط لهذه الجينات، ومن ثمَ إلى ضغط انتخابي قوي لعشائر نيماتودية شرسة كما سبق وصفه.

هناك اقتراح بديل لاستحداث المقاومة وهو إحداث تعارض لعملية استحثاث و/أو تطور مناطق التغذية الضرورية لتطور النيماتودا. ويمكن إنجاز ذلك بتنشيط عمل جينات السمية النباتية التي تثبط إنزيمات مثل: Proteinase وRNase، أو الجينات التي تضعف النشاط الميتابوليزمي بواسطة محفزات عالية التخصص تبدأ عملها بعد العدوى بالنيماتودا (Atkinson *et al*., 1995). وهناك أيضاً إستراتيجية قريبة من ذلك، وهي إنتاج نباتات تحفز جينات عدم الشراسة الإمراضية في الكائن الممرض وجينات المقاومة في النبات نفسه، ويسمى ذلك بالنظام الحساس ذي المكونين، وهو النظام الذي سيكون فعالاً تجاه أي كائن ممرض سواء كان نيماتودا، أو فطراً، أو فيروساً، أو بكتيريا (De Wit, 1992).

هناك أيضاً اقتراح ثالث وهو تزويد النباتات بجينات تعمل على إنتاج مركبات تثبط الطفيل دون أن تؤثر على النبات نفسه. وغالباً ما تكون هذه المركبات بروتينات تتكون في خلايا غدد المريء في النيماتودا، ومن المعروف أن هذه الخلايا تفرز الإفرازات التي تخرج من خلال رمح النيماتودا إلى الأنسجة النباتية أثناء عملية التطفل (Davis *et al*., 2000). ومن أمثلة الجينات التي تستهدف إفرازات النيماتودا تلك الجينات التي تفرز أجساماً مضادة خاصة تنتج سلاسل فردية من الأجسام المضادة لمكونات إفرازات النيماتودا الضرورية جداً للعملية الإمراضية (De Jaegger *et al*., 2000). ويمكن نقل الشفرة التتابعية لبروتينات الجلوبيولينات المسؤولة عن المناعة Immunoglobulins إلى النباتات مما يؤدي إلى تخليق الأجسام النباتية المضادة Plantibodies داخل نسيج النبات العائل وهذه تقوم بمعادلة إفرازات النيماتودا الضرورية لتغذية النيماتودا (Baum *et al*., 1996 ؛ Rosso *et al*., 1996). أما أكثر الإستراتيجيات المضادة للنيماتودا تطوراً حتى الآن فهي استهداف إنزيم بروتينيز الأمعاء Gut protinase بواسطة مثبطات خاصة تعمل على اضطراب الهضم في النيماتودا (Lilley *et al*., 1999). وتستهدف عملية تثبيط إنزيم البروتينيز مكوناً أساسياً في عملية الميتابوليزم الخاصة بالنيماتودا، الأمر الذي يتعارض مع أساسيات التطفل. وكلما تقدمت عملية تعريف جينات التطفل للنيماتودا، أمكن التداخل مع عدة ميكانيكيات أساسية للتطفل في تلك النيماتودا، الأمر الذي يؤدي إلى الحصول على عدة طرق فعالة وثابتة لتطوير نباتات مهندسة وراثياً تحمل صفة المقاومة تجاه النيماتودا (Davis *et al*., 2000).

آمال مستقبلية Prospects

أدت التطورات الحديثة لتقنيات الحامض النووي DNA إلى ظهور طيف واسع من إستراتيجيات المقاومة الحديثة المكملة لطرق الإدارة الوراثية التقليدية لصفة المقاومة. وأكثر هذه الطرق فاعلية هي أهرمة جينات المقاومة تجاه النيماتودا في صنف ما، وهي التي من شأنها أن تعمل على تقليص فرص الانتخاب في النيماتودا تجاه صفة

الشراسة الإمراضية وإنتاج نباتات تمتلك صفة المقاومة العامة تجاه النيماتودا. ولكن، هناك بعض الحواجز الخطيرة التي يجب التغلب عليها قبل استخدام الأصناف المقاومة المهندسة وراثياً في الحقول. وتعتمد بعض إستراتيجيات الدفاع على محفزات عالية التخصص تستطيع التعبير عن نفسها داخل الأنسجة النباتية المصابة بالنيماتودا. كما يجب دراسة التأثيرات البيئية السمية وكافة البنود الأمنية الأخرى قبل السماح لأي صنف مهندس وراثياً بالدخول إلى الأسواق حيث إن العديد من تلك المحاصيل قد أبدت نجاحاً ضئيلاً لعملية التحول الوراثي.

المراجع

References

Atkinson, H.J., Urwin, P.E., Hansen, E. and McPherson, M.J. (1995) Designs for engineered resistance to root-parasitic nematodes. *Trends in Biotechnology* 13, 369-374.

Barloy, D., Lemoine, J., Dredryver, F. and Jahier, J. (2000) Molecular markers linked to the *Aegilops variabilis*-derived root-knot nematode resistance gene *Khn-mn1* in wheat. *Plant Breeding* 119, 169-172.

Baum, T.J., Hiatt, A., Parrot, W.A., Pratt, I.H. and Hussey, R.S. (1996) Expression in tobacco of a functional monoclonal antibody specific to stylet secretion of the root-knot nematode. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 9, 382-387.

Boerma, H.R. and Hussey, R.S. (1992) Breeding plants for resistance to nematodes. *Journal of Nematology* 24, 242-252.

Brown, C.R., Mojtahedi, H., Santo, G.S. and Austin-Phillips, S. (1994) Enhancing resistance to root-knot nematodes derived from wild *Solanum* species in potato germplasm. In: Zehnder, G.W., Powelson, M.L., Jansson, R.K. and Raman, K.V. (eds) *Advances in Potato Pest Biology and Management*. APS Press, St Paul, Minnesota, pp. 426-438.

Brown, C.R., Yang, C.P, Mojtahedi, H. and Santo, G.S. (1996) RFLP analysis of resistance to Columbia root-knot nematode derived from *S. bulbocastanum* in a BC_Z population. *Theoretical and Applied Genetics* 92, 572-576.

Burow, M.D., Simpson, C.E., Paterson, A.H. and Starr, J.L. (1996) Identification of peanut (*Arachis hypogaea*, L.) RAPD markers diagnostic of root-knot nematode (*Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood) resistance. *Molecular Breeding* 2, 369-379.

Byrd, D.W., Jr, Ferris, H. and Nusbaum, C.J. (1972) A method for estimating numbers of eggs of *Meloidogyne* spp. in soil. *Journal of Nematology* 3, 378-385.

Cai, D., Kleine, M., Kifle, S., Harloff, H.J., Sandal, N.N., Marcker, K.A., Klein-Lankhorst, R.M., Salentijn, E.M.J., Lange, W., Stiekema, W.J., Wyss, U., Grundler, F.M.W. and Jung, C. (1997) Positional cloning of a gene for nematode resistance in sugarbeet. *Science* 275, 832-834.

Castagnone-Sereno, P., Wajrberg, E., Bongiovanni, M., Leroy, F. and Dalmasso, A. (1994a) Genetic variation in *Meloidogyne incognita* virulence against the tomato *Mi* resistance gene: evidence from isofemale line selection studies. *Theoretical and Applied Genetics* 88, 749-753.

Castagnone-Sereno, P., Bongiovanni, M. and Dalmasso, A. (1994b) Reproduction of virulent isolates of *Meloidogyne incognita* on susceptible and *Mi*-resistant tomato. *Journal of Nematology* 26, 324-328.

Castagnone-Sereno, P., Leroy, F., Bongiovanni, M., Zijlstra, C. and Abad, P. (1999) Specific diagnosis of two root-knot nematodes, *Meloidogyne chitwoodi* and *M. fallax*, with satellite DNA probes. *Phytopathology* 89, 380-384.

Church, G.T., Simpson, C.E., Burow, M.D., Paterson, A. H. and Starr, J.L. (2000) Use of RFLP markers for identification of individuals homozygous for resistance to *Meloidogyne arenaria* in peanut. *Nematology* 2, 575-580.

Davis, E.L., Hussey, R.S., Baum, T.J., Bakker, J., Schots, A., Rosso, M.N. and Abad, P. (2000) Nematode parasitism genes. *Annual Review of Phytopathology* 38, 365-396.

Obeikandl.com

De Jaeger, G., De Wilde, C., Eeckhout, D., Fiers, E. and Depicker, A. (2000) The plantibody approach: expression of antibody genes in plants to modulate plant metabolism or to obtain pathogen resistance. *Plant Molecular Biology* 43, 419-428.

De Wit, P.J.G.M. (1992) Molecular characterization of gene-for-gene systems in plant-fungus interactions and the application of virulence genes in control of plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 30, 391-418.

Dickson, D.W. and Strubble, F.B. (1965) A sieving-staining technique for extraction of egg masses of *Meloidogyne incognita* from soil. *Phytopathology* 55, 497.

Ehwaeti, M.E., Phillips, M.S. and Trudgill, D.L. (1998) The viability of *Meloidogyne incognita* eggs released from masses of different ages using different concentrations of sodium hypochlorite. *Nematologica* 44, 207-217.

Eisenback, J.D. and Triantaphyllou, H.H. (1991) Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species and races. In: Nickle, W.R. (ed.) *Manual of Agricultural Nematology*. Marcel Dekker, New York, pp. 191-274.

Esbenshade, P.R. and Triantaphyllou, A.C. (1985) Use of enzyme phenotypes for identification of *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 17, 6-20.

Esbenshade, P.R. and Triantaphyllou, A.C. (1986) Partial characterization of esterase in *Meloidogyne* (Nematoda). *Comparative Biochemistry and Physiology* 83B, 31-88.

Esbenshade, P.R. and Triantaphyllou, A.C. (1990) Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 22, 10-15.

Fassuliotis, G. and Corley, E.L. (1967) Use of seed growth pouches for root-knot nematode resistance tests. *Plant Disease Reporter* 51, 482-486.

Fehr, W.R. (1987) *Principles of Cultivar Development*, Vol. 1, *Theory and Technique*. MacMillan Publishing, New York, 536 pp.

Garcia, G.M., Stalker, H.T., Shroeder, E. and Kochert, G. (1996) Identification of RAPD, SCAR, and RFLP markers tightly linked to nematode resistance genes introgressed from *Arachis cardenasii* into *Arachis hypogaea*. *Genome* 39, 836-845.

Gomez, P.L., Plaisted, R.L. and Brodie, B.B. (1983) Inheritance of resistance to *Meloidogyne incognita, M. javanica*, and *M. arenaria* in potatoes. *American Potato Journal* 60, 339-351.

Haroon, S.A., Baki, A.A. and Huettel, R.N. (1993) An *in vitro* test for temperature sensitivity and resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato. *Journal of Nematology* 25, 83-88.

Hartman, K.M. and Sasser, J.N. (1985) Identification of *Meloidogyne* species on basis of different host test and perineal-pattern morphology. In: Barker, K.R., Carter, C.C. and Sasser, J.N. (eds) *An Advanced Treatise on Meloidogyne,* Vol. II, *Methodology*. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, pp. 69-77.

Hussey, R.S. (1985) Host-parasite relationships and associated physiological changes. In: Sasser, J.N. and Carter, C.C. (eds) *An Advanced Treatise on Meloidogyne,* Vol. I, *Biology and Control*. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, pp. 143-153.

Hussey, R.S. and Barker, K.R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter* 57, 1025-1028.

Hussey, R.S. and Boerma, H.R. (1981) A greenhouse screening procedure for root-knot nematode resistance in soybean. *Crop Science* 21, 794-796.

Hussey, R.S. and Boerma, H.R. (1992) Tolerance in soybean. In: Riggs, R.D. and Wrather, J.A. (eds) *Biology and Management of the Soybean Cyst Nematode*, APS Press, St Paul, Minnesota, pp. 169-182.

Hussey, R.S. and Grundler, F.M.W. (1998) Nematode parasitism of plants. In: Perry, R.N. and Wright, D.J. (eds) *Physiology and Biochemistry of Free-living and Plant-Parasitic Nematodes*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 213-243.

Hussey, R.S., Boerma, H.R., Raymer, P.L. and Luzzi, B.M. (1991) Resistance in soybean cultivars from maturity groups V-VIII to soybean cyst and root-knot nematodes. *Journal of Nematology* 23, 76-583.

Hussey, R.S., Davis, E.L. and Ray, C. (1994) *Meloidogyne* stylet secretions. In: Lamberti, F., De Giorgi, C. and Bird, D.M. (eds) *Advances in Molecular plant Nematology*. Plenum Press, New York, pp. 233-249.

Janssen, G.J.W., Verkerk-Bakker, B., Van Norel, A. and Janssen, R. (1996) Resistance to *Meloidogyne hapla, M. fallax* and *M. chitwoodi* in wild tuber-bearing *Solanum* spp. *Euphytica* 92, 287-294.

Janssen, G.J.W., Van Norel, A., Janssen, R. and Hoogendoorn, J. (1997a) Dominant and additive resistance to root-knot nematodes *Meloidogyne chitwoodi* and *M. fallax* in Central American *Solanum* species. *Theoretical and Applied Genetics* 94, 692-700.

Janssen, G.J.W., Van Norel, A., Verkerk-Bakker, B., Bakker, B. and Janssen, R. (1997b) Intra- and interspecific variation of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., for resistance from wild tuber-bearing *Solanum* spp. *Fundamental and Applied Nematology* 20, 449-457.

Janssen, G.J.W., Scholten, O.E., Van Norel, A., and Hoogendoorn, J. (1998) Selection of virulence in *Meloidogyne chitwoodi* to resistance in the wild potato *Solanum fendleri*. *European Journal of Plant Pathology* 104, 645-651.

Kappelman, A.J. and Bird, L.S. (1981) Indirect selection for resistance to Fusarium wilt-root-knot nematode complex in cotton. *Crop Science* 21, 66-68.

Li, Z., Jakkula, L.R., Hussey, R.S. and Boerma, H.R. (2001) SSR mapping and confirmation of the QTL from PI96354 conditioning soybean resistance to southern root-knot nematode. *Theoretical and Applied Genetics* (in press).

Lilley, C.J., Urwin, P.E. and Atkinson, H.J. (1999) Characterization of plant nematode genes: identifying targets for a transgenic defense. *Parasitology* 11, S63-S72.

Lu, Z.X., Sosinski, B., reighard, G.L., Baird, W.V. and Abbott, A.G. (1998) Construction of a genetic linkage map and identification of AFLP markers for resistance to root-knot nematodes in peach rootstocks. *Genome* 41, 199-207.

Luzzi, B.M., Boerma, H.R. and Hussey, R.S. (1987) Resistance to three species of root-knot nematodes in soybean. *Crop Science* 27, 258-262.

Luzzi, B.M., Boerma, H.R. and Hussey, R.S. (1994a) A gene for resistance to southern root-knot nematode in soybean. *Journal of Heredity* 85, 484-486.

Luzzi, B.M., Boerma, H.R. and Hussey, R.S. (1994b) Inheritance of resistance to southern root-knot nematode in soybean. *Crop Science* 34, 1240-1243.

Luzzi, B.M., Boerma, H.R. and Hussey, R.S. (1995a) Inheritance of resistance to the peanut root-knot nematode in soybean. *Crop Science* 35, 50-53.

Luzzi, B.M., Tamulonis, J.P., Boerma, H.R. and Hussey, R.S. (1995b) Inheritance of resistance to the Javanese root-knot nematode in soybean. *Crop Science* 35, 1372-1375.

Marull, J., Pinochet, J., Felipe, A. and Cenis, J.L. (1994) Resistance verification in *Prunus* selections to a mixture of thirteen *Meloidogyne* isolates and resistance mechanisms of a peach almond hybrid to *M. javanica*. *Fundamental and Applied Nematology* 17, 85-92.

Mojtahedi, H., Santo, G.S. and Wilson, J.H. (1988) Host tests to differentiate *Meloidogyne chitwood* races 1 and 2 and *M. hapla*. *Journal of Nematology* 20, 468-473.

Netscher, C. (1977) Observations and preliminary studies on the occurrence of resistance breaking biotypes of *Meloidogyne* spp. on tomato. *Cahiers ORSTOM Series Biologie* 11, 173-178.

Omwega, C.O., Thomason, I.J. and Roberts, P.A. (1988) A nondestructive technique for screening bean germplasm for resistance to *Meloidogyne incognita*. *Plant disease* 72, 970-972.

Powers, T.O. and Harris, T.S. (1993) A polymerase chain reaction method for identification of five major *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 25, 1-6.

Rick, C.M. and Fobes, J. (1974) Association of an allozyme with nematode resistance. *Report of the Tomato Genetics Cooperative* 24, 25.

Riggs, R.D. and Winstead, N.N. (1959) Studies on resistance in tomato to root-knot nematodes and on the occurrence of pathogenic biotypes. *Phytopathology* 49, 716-724.

Roberts, P.A. (1992) Current status of the availability, development, and use of host plant resistance to nematodes. *Journal of Nematology* 24, 213-227.

Roberts, P.A. and Thomason, I.J. (1989) A review of variability in four *Meloidogyne* spp. measured by reproduction on several hosts including *Lycopersicon*. *Agricultural Zoology Review* 3, 225-252.

Roberts, P.A., Dalmasso, A., Cap, G.B. and Castagnone-Sereno, P. (1990) Resistance in *Lycopersicon peruvianum* to isolates of *Mi* gene-compatible *Meloidogyne* populations. *Journal of Nematology* 22, 585-589.

Rossi, M., Milligan, S.B., Goggin, F., Kaloshian, I., Ullman, D. and Williamson, V.M. (1998) The nematode resistance gene *Mi* confers resistance to the potato aphid. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95, 9750-9754.

Rosso, M.N., Schouten, A., Roossien, J., Borst-Vrenssen, T., Hussey, R.S., Gommers, F.J., Bakker, J., Schots, A. and Abad, P. (1996) Expression and functional characterization of a single chain FV antibody directed

against secretions involved in plant nematode infection process. *Biochemical and Biophysical Research Communication* 220, 225-263.

Sasser, J.N. (1980) Root-knot nematodes: a global menace to crop production. *Plant Disease* 64, 36-41.

Sasser, J.N. and Freckman, D.W. (1987) A word perspective on Nematology: the role of the society. In: Veech, J.A. and Dickson, D.W. (eds) *Vistas on Nematology*. Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland, pp. 7-14.

Sidhu, G.S. and Webster, J.M. (1981) The genetics of plant-nematode parasitic systems. *The Botanical Review* 47, 387-419.

Smith, P.G. (1944) Embryo culture of a tomato species hybrid. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 44, 413-416.

Staub, J.E., Serquen, F.C. and Gupta, M. (1996) Genetic markers, map construction and their application to plant breeding. *Hortscience* 31, 729-741.

Tamulonis, J.P., Luzzi, B.M., Hussey, R.S., Parrott, W.A. and Boerma, H.R. (1997a) RFLP mapping of resistance to southern root-knot nematode in soybean. *Crop Science* 37, 1903-1909.

Tamulonis, J.P., Luzzi, B.M., Hussey, R.S., Parrott, W.A. and Boerma, H.R. (1997b) DNA markers associated with resistance to Javanese root-knot nematode in soybean. *Crop Science* 37, 783-788.

Tamulonis, J.P., Luzzi, B.M., Hussey, R.S., Parrott, W.A. and Boerma, H.R. (1997c) DNA markers analysis of loci conditioning resistance to peanut root-knot nematode in soybean. *Theoretical and Applied Genetics* 95, 664-670.

Taylor, A.L. and Sasser, J.N. (1978) *Biology, Identification and Control of Root-knot Nematodes (Meloidogyne species).* North Carolina State University, Raliegh, North Carolina, 111 pp.

Taylor, A.L., Dropkin, V.H. and Martin, G.C. (1955) Perineal patterns of root-knot nematodes. *Phytopathology* 45, 26-34.

Triantaphyllou, A.C. (1987) Genetics of parasitism on plants. In:Veech, J. A. and Dickson, D. W. (eds) *Vistas on Nematology*. Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland, pp. 354-363.

van der Beek, J.G., Poleij, L.M., Zijlstra, C., Janssen, R. and Janssen, G.J.W. (1998) Variation in virulence within *Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax* and *M. hapla* on *Solanum* spp. *Phytopathology* 88, 658-665.

van der Voort, J.N.A.M.R., Janssen, G.J.W., Overmars, H., Van Zandvoort, P.M., Van Norel, A., Scholten, O.E., Janssen, R. and Bakker, J. (1999) Development of a PCR-based selection assay for root-knot nematode resistance (*Rmc1*) by a comparative analysis of *Solanum bulbocastanum* and *S. tuberosum* genome. *Euphytica* 106, 187-195.

van der Vossen, E.A.G., van der Voort, J.N.A.M.R., Kanyuka, K., Bendahmane, A., Sandbrink, H., Baulcombe, D.C., Bakker, J., Stiekeman, W.J. and Kelin-Lankhorst, R.M. (2000) Homologues of a single resistance-gene cluster in potato confer resistance to distinct pathogens: a virus and nematode. *Plant Journal* 23, 567-576.

Veremis, J.C. and Roberts, P.A. (1996a) Relationships between *Meloidogyne incognita* resistance genes in *Lycopersicon peruvianum* differentiated by heat sensitivity and nematode virulence. *Theoretical and Applied Genetics* 93, 950-959.

Veremis, J.C. and Roberts, P.A. (1996b) Identification of resistance to *Meloidogyne javanica* in *Lycopersicon peruvianum* complex. *Theoretical and Applied Genetics* 93, 894-901.

Wang, M. and Goldman, I.L. (1996) Resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne hapla* Chitwood) in carrot is controlled by two recessive genes. *Journal of Heredity* 87, 119-123.

Williamson, V.M. (1998) Root-knot nematode resistance genes in tomato and their potential for future use. *Annual Review of Phytopathology* 36, 277-293.

Williamson, V.M. (1999) Plant nematode resistance genes. *Current Opinion in Plant Biology* 2, 327-331.

Williamson, V.M. and Hussey, R. S. (1996) Nematode pathogenesis and resistance in Plants. *Plant Cell* 8, 1735-1745.

Williamson, V.M., Ho, J.Y., Wu, F.F., Miller, N. and Kaloshian, I. (1994) A PCR-based marker tightly-linked to the nematode resistance gene *Mi* in tomato. *Theoretical and Applied Genetics* 87, 757-763.

Williamson, V.M., Milligan, S.B., Bodeau, J., Yaghoobi, J., Kaloshian, I. and Zabel, P. (1998) The root-knot nematode resistance gene *Mi* from tomato is a member of the leucine zipper, nucleotide binding, leucine-rich repeat family of plant genes. *Plant Cell* 10, 1307-1319.

Yaghoobi, J., Kaloshian, I., Wen, Y. and Williamson, V.M. (1995) Mapping a new nematode resistance locus in *Lycopersicon peruvianum*. *Theoretical and Applied Genetics* 91, 457-464.

Yi, H.Y., Rufty, R.C., Wernsman, E.A. and Conkling, M.C. (1998) Mapping the root-knot nematode resistance gene (RK) in tobacco with RAPD markers. *Plant Disease* 82, 1319-1322.

Zijlstra, C., Lever, A.E.M., Uenk, B.J. and Van Silfhout, C.H. (1995) Differences between ITS regions of isolates of root-knot nematodes *Meloidogyne hapla* and *M. chitwoodi*. *Phytopathology* 85, 1231-1237.

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الرابع

نيماتودا الحوصلات: *Globodera* و *Heterodera*

Cyst Nematodes: *Globodera* and *Heterodera* species

R. Cook[1] and G. R. Noel[2]
[1]*Institute of Grassland and Environmental Research, Aberystwyth, SY23 3EB, Wales, UK*
[2]*USDAARS, Department of Crop Sciences, University of Illinois, Urbana, IL 61801, USA*

تضم نيماتودا الحوصلات حوالي مائة نوع معروف تنتمي إلى ستة أجناس. وكلها متطفلات على النباتات ذات المحاصيل التي تنمو في المناطق المعتدلة والمدارية وتحت المدارية (Sharma, 1998). ويهتم هذا الفصل بالجنسين *Globodera*، و *Heterodera*، وخاصة الأنواع ذات الأهمية الاقتصادية منها التي يمكن مكافحتها باستخدام الأصناف المقاومة. وتسمى نيماتودا الحوصلات بهذه التسمية نظراً لأن جسم الأنثى يتحول بعد موتها إلى تركيب مقاوم يحمي البيض بداخله من العوامل الأرضية غير المناسبة. وتختلف الأنواع فيما بينها في بعض الخصائص البيولوجية الهامة، مع تحورات في بعض هذه التخصصات أيضاً لتناسب البيئة الزراعية التي تعيش فيها تلك الأنواع. وتشمل هذه الخصائص كلاً من: طريقة التكاثر (جنسي أو لا جنسي)، وعدد الأجيال في السنة أو في المحصول الواحد (تتراوح من جيل واحد في المحاصيل الحولية في المناطق المعتدلة إلى تكاثر مستمر في الظروف المناسبة في محاصيل المناطق المدارية)، والاختلافات في الفقس (من فقس استجابة للتغيرات في درجات الحرارة إلى فقس يتطلب وجود منبهات خاصة من إفرازات جذور العائل)، وتحمُّل إجهادات العوامل غير الحية. وهناك أيضاً اختلافات فيما بين الأنواع من حيث المدى العوائلي لكل منها.

ومن الخصائص العامة في نيماتودا الحوصلات دورة حياتها التي فيها تخرج يرقات الطور الثاني J_2 من البيض ممثلة الطور المعدي لتخترق جذور النبات العائل، وتتحرك داخل خلايا نسيج القشرة في هذه الجذور متجهة نحو نسيج الأسطوانة الوعائية. ولا يحدث أي تطور لهذه اليرقات بعد ذلك حتى تبدأ هي في استحثاث الخلايا النباتية المجاورة للأنسجة الوعائية لتحولها إلى مدمج خلوي Syncytium، وهي الخلايا التي تمد جميع الأطوار اليرقية –بعد ذلك بما فيها أيضاً الإناث الكاملة– بالغذاء اللازم لتطورها. وبعد بدء التغذية تنمو يرقات الطور الثاني وتمر بثلاثة انسلاخات. وفي العديد من الأنواع، تتطور أيضاً الذكور الكاملة برغم أنها لا تتغذى. ومن المهم حدوث التزاوج بين الذكور والإناث قبل وضع البيض في بعض الأنواع وليس كلها. وقد توضع أول دفعة تكونت من البيض في كتلة جيلاتينية خارج الفتحة التناسلية للأنثى. وسواء حدث ذلك أو لم يحدث فإن أغلب البيض يظل داخل جسم الأنثى التي تموت بعد ذلك ويتحول جسمها إلى حوصلة كما سبق شرحه. وفي بعض الأنواع، يستطيع البيض البقاء داخل

obeikandi.com

الحوصلة في الفترات غير المناسبة لنمو العائل النباتي. وبهذه الطريقة ينتقل البيض بكامل حيويته من مكان إلى آخر، كما يحدث في حالة انتقال الحوصلات على أسطح درنات البطاطس أو مع حبيبات التربة المحمولة بواسطة الرياح على سبيل المثال. ومعظم هذه الاختلافات الحيوية يمكن استخدامها في عملية التقييم لصفة المقاومة (الجدول رقم ٤,١).

الجدول رقم (٤,١). الخصائص الحياتية لنيماتودا الحوصلات (*Heterodera* و *Globodera*) ذات الصلة بقواعد التقييم.

السمة	الحالة	*H. glycines*	*H. avenae*	*H. schachtii*	*H. trifolii*	*G. rostochiensis*	*G. pallida*
التكاثر	جنسي	+	+	+		+	+
	لا جنسي				+		
السكون		+	+	+	(−)	+	+
خروج الطور اليرقي الثاني استجابة للإفرازات الجذرية	+ ضروري (+) استجابة جزئية − غير ضروري	+	(+)		−	+	+
عدد الأجيال/المحصول		٧-٣	١	٥-١	٨-١	١(٢)	١(٢)
درجة الحرارة المثلى (°م)	للفقس	٣٠-٢٥	٢٢-١٠	٢٥	٢٥-١٥	٢٥-٢٠	٢٠-١٥
	للتطور	٢٨-٢٦	٢٠-١٥	٢٧-٢١	٢٥-١٥		
	عدد الأيام اللازمة للوصول إلى طور الأنثى الكاملة	١٤	٤٠-٦٥	١٧	٢٠-٤٥		
احتواء كتل البيض على بيض		+	−	+	−	−	−
المدى العوائلي	العائلة النباتية الأساسية	البقولية	النجيلية	الزربيحية والخردلية	البقولية	الباذنجانية	الباذنجانية
	عائلات نباتية أخرى	قليل	لا يوجد	عديدة جدا	عديدة	قليلة	قليلة

التعريف

Identification

يتم تعريف نيماتودا الحوصلات عادة عن طريق الصفات المورفولوجية للأنثى الكاملة (الحوصلة)، وأيضاً عن طريق العائل النباتي (الجدول رقم ٤,٢). ولكن هذه الطرق أيضاً لا تسلم من الأخطاء إذا ما تم الاعتماد بطريقة مفرطة على العائل النباتي فقط في التعريف. فعلى سبيل المثال، نجد أن محاصيل الحبوب تصاب بمجموعة نيماتودا حوصلات الحبوب التي تتبع الجنس *Heterodera*، وهذه المجموعة من النيماتودا هي في الحقيقة عبارة عن عدة أنواع متميزة ومختلفة تماماً فيما بينها من الناحية المورفولوجية. أما الجنسان *Heterodera*، و *Globodera* فهما جنسان مختلفان تماماً مورفولوجياً، ومن السهل التمييز بينهما عن طريق شكل الحوصلة، فهي ليمونية الشكل في الجنس *Heterodera*، وكروية في الجنس *Globodera*. ولكن التعريف إلى مستوى النوع يحتاج عادة إلى دراسات وقياسات مورفولوجية مفصلة. وتشمل الخصائص التشخيصية للحوصلة كلاً من: الحجم، واللون، والنمط الكيوتيكلي،

obeikandi.com

إضافة إلى خصائص المنطقة الفرجية للحوصلة التي تشمل وجود أو غياب القنطرة الفرجية Vulval cone ، وطول الفتحة التناسلية Vulva slit ، والمسافة بين الفتحة التناسلية Vulva والفتحة الشرجية Anus ، وطبيعة جدار الجسم حول الفتحة التناسلية والفتحة الشرجية، وكذلك التفاصيل التركيبية داخل القمع الفرجي نفسه (الأجسام البيولية Bullae ، وتحت القنطرة Underbridge ، والغلاف المهبلي Vaginal sheath). ومن الصفات التشخيصية أيضاً، الخواص الشكلية ليرقات الطور الثاني J_2، وخاصة الحجم، وعدد الخطوط الجانبية في الحقل الجانبي للكيوتيكل، وطول وشكل الرمح، وطول وشكل الذيل. وهناك مفاتيح تصنيفية جيدة متوفرة يمكن الاستفادة منها، ولكن يجب ملاحظة احتمال وجود أنواع برية وأنواع أخرى لم يتم تعريفها حتى الآن، خاصة في المناطق المدارية. كما يمكن الاستعانة بنصائح علماء تصنيف النيماتودا في العديد من مناطق العالم المختلفة، مع عدم إغفال دور التعاون الدولي الهام جداً في توثيق تعريف النوع.

الجدول رقم (٤,٢). السمات المورفومترية المفتاحية المستخدمة في التمييز بين أنواع نيماتودا الحوصلات *Heterodera*، و*Globodera*. (القياسات بالميكرومتر).

السمة	*H. glycines*	*H. avenae*	*H. schachtii*	*H. trifolii*	*G. rostochiensis*	*G. pallida*
يرقات الطور الثاني J_2						
طول الجسم	٤٧٠	٥٧٥	٤٧٠	٥١٠	٤٦٨	٤٨٦
الخطوط الجانبية	٤	٤	٤	٤	٤	٤
طول الرمح	٢٣	٢٧	٢٥	٢٧	٢٢	٢٤
طول الذيل	٤٥	٥٦		٥٩	٤٤	٥١
٪ جزء الذيل الشفاف إلى الذيل الحقيقي	٥٠	٧٠		٦٠	٦٠	٥٠
شكل قواعد الرمح من الأمام	مسطحة إلى بارزة أمامياً	مسطحة إلى مقعرة قليلاً	ناتئة/بارزة للأمام	مقعرة للأمام	مستديرة، تميل خفيفاً للخلف	ناتئة/بارزة للأمام
الفازميد	دقيق	واضح	غير واضح	صغير، غير واضح		غير واضح
المسافة من الفازميد إلى الفتحة الشرجية	١٠ للخلف	بعدها مباشرة	بعدها مباشرة	في منتصف الذيل	في منتصف الذيل	
المسافة من فتحة الغدة الظهرية إلى الرمح	٥,٣		٣ – ٤	٥ – ٩	٢,٦	٣,٤
الحوصلات Cysts						
الشكل	ليموني	ليموني	ليموني	ليموني	كروي	كروي
الحجم	٤٩٠ × ٧٠٠	٥٠٠ × ٧١٠	٤٥٠ × ٧٥٠	٤٠٠ × ٦٥٠	٣٨٢ × ٤٤٥	٥٣٤ × ٥٧٩

تابع الجدول رقم (٤،٢).

السمة	*H. glycines*	*H. avenae*	*H. schachtii*	*H. trifolii*	*G. rostochiensis*	*G. pallida*
تابع الحوصـــــــــلات Cysts						
الطول : العرض	١،٤٣	١،٤٣	١،٦٧	١،٦٣	١،٢٧	١،١١
الطبقة البللورية	++	++	+	+	-	-
كيس البيض	+ ٢٠٠	صفر	+ قليل	+ ٢٠٠	صفر	صفر
نمط الكيوتيكل	متعرج	متعرج	مجعد خفيف			
تنقيط الكيوتيكل					شبكي	
اللون	بني	بني داكن	بني	بني/بني داكن	أصفر ذهبي ثم بني	أصفر باهت ثم بني
القمع الفرجي	مخروط منفرج	منفرج	ناتيء/بارز	ناتيء/بارز	لا يوجد	لا يوجد
طول الفتحة التناسلية	٥٠	١٢	< ٣٥	٤٧	١٠	١١،٥
الفتحـــة التناســـلية - الفتحة الشرجية			٧٧	٦٢	٦٠	٤٥
تحت القنطرة	++	-	ناتيء/بارز	ناتيء/بارز جدا	-	-
الأجسام البيولية	+ متطاولة	++ مرتفعة	+	+	-	-
شكل نوافذ القمع الفرجي	ثنائيتان نصف دائريتان	ثنائيتان نصف دائريتان	ثنائيتان نصف دائريتان	ثنائيتان نصف دائريتان	نافذة واحدة دائرية	نافذة واحدة دائرية
نسبة Granek	-	-	-	-	٣،٦	٢،١

يمكن التمييز بين الأنواع قريبة الصلة مثل أنواع نيماتودا حوصلات البطاطس باستخدام طرق التفريد الكهربي للبروتينات وكذلك بالطرق الجينية. ويمكن أيضاً في الوقت الحالي إعادة تلك التعريفات بالطرق الجزيئية الحديثة التي يمكنها تمييز الأنواع النيماتودية التي تمثل آفات زراعية هامة (انظر على سبيل المثال Subbotin *et al.*, 2000a). وفي بعض الحالات، لا يمكن تمييز بعض آفات المحاصيل عن الأنواع البرية القريبة منها بالطرق الجزيئية، ولكن ذلك قد يكون ممكناً في المستقبل القريب باستخدام طريقة تفاعل البلمرة المتسلسل Polymerase chain reaction (PCR) الذي لا يتطلب أكثر من عينات صغيرة تكفي لتعريف الأنواع، بل وتعريف الاختلافات بين عشائر النوع الواحد وداخلها. أما تمييز وتعريف الطراز الإمراضي Pathotype كفئة تقع تحت النوع فإنه يعتمد على اختبارات العوائل المفرقة Host differentials (وهي نباتات ذات مقاومة وراثية ثابتة ومميزة). وهناك تسميات أخرى مختلفة أعطيت لهذه الفئة مثل: السلالة Race بالنسبة لنيماتودا حوصلات فول الصويا، فيما ظلت تسمية الطراز الإمراضي Pathotype باقية لبقية أنواع نيماتودا الحوصلات الأخرى بما فيها نيماتودا حوصلات الحبوب ونيماتودا حوصلات البطاطس. وفي هذا الفصل نستخدم الكلمات المصطلح عليها حالياً لكل نوع. ويرتكز تمييز هذه الفئة من النيماتودا التي تقع تحت النوع عادةً على الشراسة الإمراضية للعشيرة أو الفرد، والتي لا يمكن تمييزها حتى الآن بالطرق الجزيئية، ولكن لأن الاختلافات في الشراسة الإمراضية هي في الأصل تعتمد على التركيب الوراثي، فإن

obeikandl.com

ذلك سوف يكون ممكناً في المستقبل. وحتى الآن يمكن تمييز أنواع نيماتودا حوصلات البطاطس فعلياً بعضها عن بعض باستخدام هذه الطريقة الجزيئية، وقد تمكن روب فان دير فورت Rouppe van der Voort (1998) من التمييز بين جيني *Ro1* و*Ro5* باستخدام تقنية تضاعف قطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (AFLP)، كما تمكن سبوتين وآخرون Subbotin *et al.* (2000b) من التمييز بين أنواع نيماتودا حوصلات الحبوب باستخدام هذه الطريقة، ولكنهم لم يتمكنوا من التمييز بين الطرز الإمراضية داخل النوع نفسه باستخدام هذا الاختبار.

مصادر المقاومة
Sources of Resistance

هناك دائماً سبب منطقي للبحث عن مصادر للمقاومة. وكما تمت الإشارة إليه في الفصل الثالث حول نيماتودا تعقد الجذور، تمت الاستفادة من صفة المقاومة الموجودة في الأصناف أوالسلالات المتقدمة من المحاصيل في برامج التربية. وقد يزيد التوجه نحو مصادر المقاومة الأخرى الأقل تطوراً التي توجد في السلالات المحلية والبرية أو حتى الأنواع القريبة منها من فرص نقل صفة المقاومة إلى أصناف زراعية مرغوبة. وتبعاً لوجود العديد من أنواع نيماتودا الحوصلات التي يمكنها أن تصيب عائلاً نباتياً ما، هناك أيضاً العديد من جينات المقاومة Resistance genes (R-genes)، وكذلك جينات عدم الشراسة الإمراضية المكملة لها Complementary avirulence genes (Avr-genes) في العشائر النيماتودية.

وقد أفرزت الدراسات حول المقاومة النباتية ميكانيكيات مختلفة يمكن بواسطتها لصفة المقاومة أن تعبر عن نفسها، وبالطبع فإن فهم هذه الميكانيكيات قد يسهل عملية الانتخاب لمصادر مختلفة من المقاومة. وفي الزراعات المحلية، يتجه الانتخاب للصفات المحصولية عالية القيمة والاستخدام عادةً على حساب الانتخاب لصفة المقاومة أو التحمل تجاه الآفات والأمراض النباتية. أما في الطبيعة، فإن تباين أشكال المقاومة النباتية وجينات عدم الشراسة الإمراضية في النيماتودا يعد ذا قيمة تأقلمية لكل من النبات والطفيل بالنسبة للعشائر متباينة الزيجوت. وقد تضاءلت المعوقات الدفاعية كثيراً في السلالات الزراعية النقية حيث تنخفض أعداد جينات المقاومة R-genes في الأصناف المؤقلمة. وقد يحدث ذلك بسبب أن هذه الأصناف يتم تطويرها في غياب النيماتودا. وتلك هي الحالة دائماً في المشاتل الحقلية للمربين حيث تكون تلك المشاتل خالية من التلوث بالنيماتودا، أو أن المشاكل النيماتودية فيها تحت السيطرة عن طريق استخدام الدورات الزراعية التي تدخل فيها نباتات غير عائلة للنيماتودا. وقد تظهر الأصناف التي تمت تربيتها في مثل تلك الظروف قابليتها للإصابة بالنيماتودا فيما بعد عندما تزرع في تربة ملوثة بها.

وهناك اعتبار هام جداً لا يجب إغفاله عند التربية لصفة المقاومة وهو وجود صفة تباين الزيجوت في العشائر النيماتودية. فمن الواضح أن بعض عشائر نيماتودا الحوصلات التي يتم تعريفها في النظم الزراعية تمتلك واحداً أو

أكثر من جينات عدم الشراسة الإمراضية Avr-genes مقابل وجود جينات مقاومة R-genes في الأصناف المتوفرة حالياً من المحاصيل. وتعرف هذه العشائر كطرز إمراضية Pathotypes وذلك للاختلافات الواضحة في قدرتها على التكاثر على النباتات التي تحتوي على جينات المقاومة. وفي حالات أخرى، حيث تكون حالات التداخل بين جينات المقاومة R-genes وجينات عدم الشراسة الإمراضية Avr-genes مختلفة ومتنوعة، يكون تعريف الاختلافات في صفة الشراسة الإمراضية في العشائر النيماتودية أقل وضوحاً. ويمكن تفسير الأمثلة التي تحدث من هذه التداخلات الوراثية المتغايرة المستمرة بأن صفة المقاومة في تلك التداخلات تكون إما صفة وصفية أو كمية، على الترتيب.

اعتبارات عامة في اختبارات المقاومة

General Considerations in Screening

هناك اعتبارات عامة قد تقود اختبارات المقاومة إلى نتائج عملية معينة، ومن هذه الاعتبارات التقدير المباشر لنمو وتكاثر النيماتودا. وسوف تكون هذه الاختبارات ممكنة التطبيق العملي في اختبارات المقاومة التقليدية، كما سوف تكون أيضاً ممكنة التحوير لأغراض أخرى؛ كاختبارات النباتات المقاومة المهندسة وراثياً. وعادة يكون قياس معدل تكاثر النيماتودا من المتطلبات، بالرغم من أنه عند اختبار تأثير الجينات المنقولة لا يتم تقدير معدل تكاثر النيماتودا بصفة مباشرة. فعلى سبيل المثال، أثبت أتكينسون وآخرون Atkinson *et al.* (1996) أن التعبير الجيني للجينات المنقولة قد أنقص المساحة السطحية لإناث نيماتودا حوصلات البطاطس.

تربية وإعداد اللقاح Rearing and Preparation of Inoculum

يعتمد اختبار أي من طرق الدراسة على حياتية النيماتودا أولاً. فلقاح نيماتودا حوصلات البطاطس على سبيل المثال يمكن جمعه وتخزينه في صورة حوصلات جافة. ويمكن للبيض داخل هذه الحوصلات أن يحتفظ بحيويته لفترات طويلة دون اتخاذ أية إجراءات تخزينية خاصة. وفي حالات أخرى، مثل نيماتودا حوصلات الحبوب *H. avenae* على سبيل المثال، من الممكن الاحتفاظ بحيوية البيض الذي سيستخدم كلقاح داخل الحوصلات المحفوظة رطبة على درجات حرارة منخفضة جداً حتى يمكن ليرقات الطور الثاني J_2 أن تفقس. أما الأنواع التي تضع جزءًا من البيض في كتلة جيلاتينية خارج جسم الأنثى مثل الأنواع *H. glycines*، *H. schachtii*، و*H. trifolii* فإنها تحتاج إلى حذر واهتمام خاص عند جمع البيض لاستخدامه في عملية التلقيح. وهناك دائماً اختلافات في القدرة على الفقس بين البيض الذي تم وضعه في كتل جيلاتينية وذلك الذي يبقى موجوداً داخل الحوصلة.

وعند الرغبة في إنتاج كميات كبيرة من اللقاح عن طريق إكثار النيماتودا على النباتات في التربة، فإن ذلك قد يحتاج إلى أكثر من جيل من النباتات. وخلافاً لذلك، فإن عدة أجيال من النيماتودا قد تكتمل في محصول معين دون

توقف، كما في حالة نيماتودا حوصلات البرسيم *H. trifolii*. ويجب تنمية النباتات التي ستربى عليها النيماتودا في ظروف نظيفة قدر الإمكان، وذلك للحصول على لقاح نظيف، سواء كان نوعاً أو طرازاً إمراضياً معيناً، دون أن يتلوث بأي نيماتودا أخرى أو كائن ممرض آخر، وأيضاً لضمان خلو اللقاح من مفترسات النيماتودا نفسها. فالفطريات التي تتطفل على الحوصلات والبيض قد تمثل مشكلة إذا تمت تنمية النيماتودا في مزرعة من تربة أخذت مباشرة من الحقل. ومع ذلك، فإن الكميات الكبيرة من اللقاح الجيد يمكن أيضاً الحصول عليها من الحقل أو القطع الحقلية الصغيرة Microplots تماماً كتلك التي يمكن الحصول عليها من مزارع البيوت الزجاجية أو البيئات الصناعية.

انتخاب العزلات Selection of Isolates

أينما وجدت الاختلافات داخل النوع النيماتودي، فإنه ينصح بتربية كل لقاح على حدة. فعلى سبيل المثال، عندما يخطط الباحث لاستخدام خليط من اللقاح ليستخدمه في الانتخاب لصفة مقاومة عريضة القاعدة، فإن المحافظة على كل عشيرة نيماتودية بمفردها يسمح باستخدام كل عشيرة على حدة كلقاح، كما يسمح أيضاً باستخدام خليط من تلك العزلات في الاختبارات المتتالية التي قد تتطلب ذلك، كما يفيد أيضاً في تجنب انتخاب عشيرة خاصة تمتلك صفة الشراسة الإمراضية.

ومن الضروري معرفة بعض المعلومات حول تلك الاختلافات داخل النوع الواحد، فخلط ما يعرف بالعشائر العدوانية Aggressive populations لنوع ما من النيماتودا دون معرفة مدى المقاومة في التراكيب الوراثية النباتية المختبرة قد يعطي الفرصة للانتخاب لصفة مقاومة فعالة تجاه العديد من العشائر النيماتودية. أما إذا أجري الانتخاب جزافاً دون معرفة أية معلومات حول الاختلافات في العشائر النيماتودية المستخدمة فإن ذلك يؤدي إلى إخراج بعض مصادر المقاومة بدعوى أنها غير فعالة بالدرجة الكافية، وذلك لأنها أظهرت فاعلية تجاه نسبة معينة فقط من اللقاح وليس تجاه اللقاح بأكمله. ومن الممكن تخيل أن مثل ذلك العمل سوف يؤدي إلى تنحية المصادر الفردية للمقاومة التي إذا أمكن جمعها في نبات مفرد قد تعطينا المستوى المطلوب من المقاومة. فإذا ما توفرت لدينا المعلومات عن كل جينات المقاومة R-genes الموجودة في عشيرة نباتية داخلية التربية، فإن اللقاح الخليط يكون هو المناسب هنا لتعريف النباتات التي تحتوي على هذه الجينات مجتمعة.

تلقيح النباتات Inoculating Plants

تستخدم النيماتودا في تلقيح النباتات في صورة حوصلات أو بيض أو يرقات فاقسة. وإذا ما رتبنا هذه الصور تبعاً لأفضلها من حيث نوعية وكمية اللقاح فإنها تكون كالآتي: اليرقات، فالبيض، فالحوصلات. وقد تؤدي التغيرات البيئية القوية إلى عكس ذلك الترتيب. ومن ثمَّ فإن الصورة المثلى من اللقاح هي تلك التي تجابه الظروف البيئية المعاكسة، مع الأخذ في الاعتبار أن يكون هناك دائماً معاملة للمقارنة تحكم التغير في الظروف البيئية للاختبار.

وكذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار أيضاً كلٌ من عدد الأصناف المراد تقييمها، والمساحة المتوفرة، والتكاليف، ومصاريف العمالة.

وفي الاختبارات المتحكم في ظروفها، يكون اللقاح دائماً عبارة عن يرقات حديثة الفقس لكي تعطي تحكماً دقيقاً في الكثافة العددية للنيماتودا (Pi)، ولكي تعطي أيضاً تطوراً متساوياً لليرقات حتى الوصول إلى طور الإناث الكاملة. أما الطريقة الأخرى التي تشمل- من بين ما تشمل- خلط الحوصلات مع التربة، ووضعها في مناخل ذات سعة ثقوب مختلفة (لكي يمكن فصل الحوصلات الحديثة عن القديمة) فسوف تناقش بالتفصيل فيما بعد لكل نوع من النيماتودا. وهناك عامل آخر في غاية الأهمية، وهو استجابة النيماتودا لعامل الفقس الذي تفرزه جذور النباتات. فنيماتودا حوصلات البطاطس مثلاً، ونيماتودا حوصلات فول الصويا يختلفان في استجابتهما لإفرازات الأصناف المختلفة من البطاطس وفول الصويا، على الترتيب (Dale and de Scurrah, 1998 ؛ Sikora and Noel, 1996). وتؤدي مثل هذه التداخلات إلى اختلافات في نتائج اختبارات التقويم تعتمد بصورة أساسية على اختيار نوع اللقاح؛ فالاختبارات التي تستخدم البيض الحر، أو البيض الموجود داخل حوصلات قد تعطي نتائج مختلفة عن تلك التي استخدمت فيها اليرقات حديثة الفقس. وقد يكون لاستخدام معلق البيض كلقاح أو البيض الموجود داخل الحوصلات ميزة هامة، حيث تطول المدة التي يحدث فيها الفقس ثم اختراق اليرقات للجذور، مما يجعل الاختبار أكثر قوة في مجابهة التغيرات البيئية. ولكن الشيء الأهم في ذلك، هو تجنب احتواء اللقاح على عدد كبير من اليرقات التي قد تسبب أضراراً للجذور فتؤثر سلبياً على نمو النباتات وتطور النيماتودا فيما بعد. وفي ظل ظروف النباتات المعرضة للإجهاد أو التنافس بين النيماتودا وبعضها على أماكن الغذاء، فإن بعض يرقات الطور الثاني المأمول تطورها إلى إناث قد تتطور إلى أفراد بين جنسية Intersexes، وقد يفشل البعض الآخر في التطور أساساً.

وعموماً، يجب أن يعرف الباحث كيف يتجنب التنافس المفرط. ومن غير المناسب أيضاً عدم السماح للنباتات بالتجذير قبل إضافة اللقاح النيماتودي، ومن ثم تقليص فرصة النيماتودا في ملاقاة الجذور لاختراقها، ومن ثمَ تقليص فرصتها في الحصول على مصادر لغذائها. وفي بعض الأنواع من المحاصيل كمحاصيل الحبوب والنجيليات في طور نموها الخضري، وكذلك المحاصيل الأخرى ذات النمو غير المحدود، فإن النمو الجذري الزائد قد يؤدي إلى صعوبات في استخلاص وعدّ النيماتودا.

تداخلات التقييم Evaluating interactions

المقاومة Resistance

المقاومة هي منظور نسبي يعبر عن تأثير التركيب الوراثي النباتي على تكاثر النيماتودا. وحتى في حالة تقييم صفة المقاومة عالية التأثير، فإنه لابد من نسبتها إلى تكاثر النيماتودا على صنف مقارن معلوم القابلية للإصابة، وإذا

أمكن، إلى صنف مقاوم معلوم أيضاً. وتوصف المقاومة عادة ببعض الصور المعبرة عن دليل تكاثر النيماتودا. وأكثر هذه الصور استخداماً هو دليل التكاثر Reproduction index (RI) الذي يمكن حسابه من المعادلة :

$$RI = 100\ Pf \div Pi$$

حيث : Pi = الكثافة الابتدائية ، وPf = الكثافة النهائية للنيماتودا. ويستخدم هذا الدليل بالمقارنة مع دليل تكاثر النيماتودا على صنف قابل للإصابة معلوم. وعادة يتم التقييم لجيل حديث من الإناث ؛ حيث من السهل عدّ هذه الإناث قبل تلونها وتحولها إلى حوصلات. وعند تنمية النباتات في بيئة تجذير (تربة أو غيرها)، يجب تحري هذه الإناث من الجذور قبل عدِّها. ولمزيد من الدقة، يجب غسل الجذور وتحرير الإناث منها ثم إضافتها إلى تلك الحوصلات المستخلصة من التربة بطريقة الطفو والمناخل، ثم عد الجميع. وهناك عدة طرق لاستخلاص إناث نيماتودا الحوصلات من التربة تتراوح ما بين الأجهزة المعقدة إلى التصفية والمناخل البسيطة. ويمكن الاطلاع على وصف ومقارنات أكثر لهذه الطرق في المرجع Eisenback and Zunke (1998). كما تعد بيئات التجذير Rooting media واحدة من الطرق الهامة التي يمكن بواسطتها الحصول على جيل جديد من إناث نيماتودا الحوصلات. وعند استخدام التربة كبيئة تجذير، يفضل أن تكون تربة ذات محتوي عال من الرمل. ويعكس استخدام الطرق المعقدة الدقيقة في التقييم التغاير الواضح المعلوم بين التراكيب الوراثية المقاومة والقابلة للإصابة وكذلك الغرض من الاختبار. وتعد المقارنات بين أعداد الحوصلات التي يمكن رؤيتها على جذور النباتات النامية في الأصص (اللوحة الملونة رقم ٦) كافية للتمييز بين النباتات القابلة للإصابة التي تحتوي جذورها على مئات الإناث والحوصلات، والنباتات المقاومة التي لاتحتوي جذورها على أي من ذلك أو تحتوي على عدد قليل منها. وفي حالات أخرى، يتم عد الإناث والحوصلات بدقة في كمية معلومة من الجذور.

وفي بعض الحالات، يتم قياس معدل تكاثر النيماتودا عن طريق عدّ البيض في الحوصلات التي يتم استخلاصها من التربة ؛ ولكن هذا يتطلب عمالة مكلفة بالرغم من كونه الأكثر قبولاً في حالة استخدام البيض أو اليرقات حديثة الفقس كلقاح، على عكس استخدام التربة الملوثة طبيعياً بالنيماتودا، أو التربة المخلوطة بالحوصلات صناعياً، حيث تكون طريقة عدّ البيض في الحوصلات أقل قبولاً، حتى لو استخدم الحذر في الفصل بين الحوصلات الحديثة والقديمة. وعادةً يكون استخلاص الحوصلات أكثر فعالية ودقة إذا كانت الحوصلات جافة في تربة قد تم تجفيفها بالهواء مقارنة بالحوصلات الرطبة المستخلصة من تربة رطبة.

وفي بعض الحالات العرضية، قد تنسب المقاومة إلى استجابات معينة لجذور النباتات. فعلى سبيل المثال، يظهر على الجذور الملقحة بنيماتودا حوصلات الحبوب عقداً جذرية مميزة تتميز بانتفاخ جذري يخرج منه تفرعات جذرية عند مكان تغذية وتطور أنثى النيماتودا. وعلى خلاف ذلك، لاتظهر مثل هذه الاستجابات على جذور

الشوفان والشعير الملقحة بنفس النوع من النيماتودا، وعليه لايمكن استخدامها كدلالة على المقاومة أو القابلية للإصابة في مثل هذه النباتات.

التحمل Tolerance

يتطلب تحديد تحمل النبات للإصابة بالنيماتودا من عدمه مقارنة حالة النمو في كل من النباتات المصابة وغير المصابة. وفي الظروف المتحكم بها، قد يكون من الصعب تحديد ذلك في وقت واحد، كما يحدث في حالة تقييم المقاومة. وفي بعض الحالات، يمكن مشاهدة بعض ردود الأفعال النباتية التي يبدو أن لها علاقة بصفة التحمل. ففي التراكيب الوراثية من البرسيم المقاوم لنيماتودا حوصلات البرسيم *H. trifollii*، نجد أن بعض النباتات يظهر على جذورها تلون بني نتيجة للموت الموضعي الذي يحدث في هذه الجذور ربما بسبب تفاعل شدة حساسية، ومن ثمَ فإنه من الممكن أن يتم الاختبار على أساس الجذور التي لايظهر عليها تلون وكذلك عدم تكون للحوصلات عليها.

يتم تقدير النمو النباتي والإنتاجية المحصولية كمقياس لصفة التحمل دائماً في الحقل أو في تجارب القطع الحقلية. وفي بعض الحالات، يمكن استخدام القطع الحقلية الصغيرة في ذلك. فعلى سبيل المثال، تم إجراء مثل هذه الاختبارات لقياس صفة التحمل لكل من نيماتودا حوصلات الحبوب في الشوفان الربيعي في أستراليا، ونيماتودا حوصلات فول الصويا في فول الصويا بالولايات المتحدة الأمريكية. وفي حالة الشوفان، تم تصنيف النباتات إلى أربع مجموعات تمثل المقاومة، والقابلية للإصابة، والمتحملة، والحساسة. وفي البطاطس، تم تقدير عدة صفات تشمل النمو النباتي واستجابة الجذور للعدوى بالنيماتودا، وذلك لتقدير تحمل تلك النباتات لنيماتودا حوصلات البطاطس (van Riel and Mulder, 1998 ؛ Trudgill *et al.*, 1998). كما تم تقدير صفة التحمل لنيماتودا حوصلات فول الصويا في نباتات فول الصويا بمقارنة إنتاجية النباتات في قطع حقلية أو أصص مملوءة بتربة ملوثة طبيعياً بالنيماتودا، تمت معاملة بعضها بالمبيدات النيماتودية، وترك البعض الآخر بدون معاملة. وقد أثبتت هذه الطريقة فاعليتها في التقييم لأكثر من طراز إمراضي من هذه النيماتودا (Hussey and Boerma, 1992). وإذا ما أخذنا في الاعتبار أن صفة التحمل هي صفة معقدة في الأصل، نجد أنه من الواجب أن تستمر اختبارات الأصص والقطع الحقلية لانتخاب صفة التحمل، أو على الأقل لتعريف التوافيق الأبوية التي يمكننا أن نحصل منها على صفة التحمل.

وسوف يسهل تطوير الخرائط الوراثية للنباتات العائلة باستخدام الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية Marker-assisted selection لمواقع الصفات الكمية Quantitative trait loci (QTLs)، واتخاذه كطريقة غير مباشرة للانتخاب لصفة التحمل. ولقد ثبت بالفعل أن صفتي التحمل والمقاومة هما صفتان مستقلتان (Trudgill, 1991). وهناك العديد من العوامل الأخرى التي تسهم في صفة التحمل وتشمل: حجم الجذر، ومعدل النمو، والمقاومة

للإجهادات غير الأحيائية الأخرى. إذاً فصفة التحمل هي صفة معقدة تتأثر بالعديد من العوامل الوراثية والبيئية، وتؤثر بذلك في كمية الفقد في إنتاجية المحصول التي تحدث بسبب الإصابة بالنيماتودا. ومن الضروري في برامج الانتخاب أن نحدد كفاءة الأداء المحصولي للأصناف المقاومة في أرض ملوثة بالنيماتودا تحت الظروف الحقلية (اللوحة الملونة رقم ٥).

قواعد التقييم لمحاصيل معينة

Screening Protocols for Specific Crops

من الضروري أن تعطي بروتوكولات التقييم نتائج ثابتة على مدار تكرارها عبر السنين، وأيضاً (كلما أمكن) بين مناطق إجرائها. وقد يميل البعض إلى تفضيل الانتخاب عن طريق التقنيات المتحكم بها على الانتخابات الحقلية بسبب توافر عوامل الدقة، والقدرة على التكرار، وسهولة التطبيق في الطريقة الأولى، وذلك على الرغم من ارتفاع تكاليفها. ويجب أيضاً التحكم في كافة ظروف نمو المحصول، وذلك لضمان تعبير التراكيب الوراثية القابلة للإصابة عن نفسها لمقارنتها مع التراكيب الوراثية المقاومة المستخدمة كأصناف مقارنة معلومة. وتوضح البروتوكولات الموجزة الآتية بعض- وليس كل- الأمثلة حول الأسس العامة لبعض حالات الانتخاب لمحاصيل معينة تجاه نيماتودا معينة.

نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines*

***Heterodera glycines*, soybean cyst nematode (SCN)**

من الناحية التاريخية، تم إجراء أول تقييم لأصناف فول الصويا تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا في حقول ملوثة بتلك النيماتودا، وتم عدّ الإناث البيضاء على جذور النباتات المصابة بعد شهر واحد من الزراعة. وقد تمت مقارنة كل صنف دخل الاختبار مع صنف قابل للإصابة قياسي تمت زراعة كل منهما في خطين (اللوحة الملونة رقم ٤) (Ross and Brim, 1957). أما اختبارات الأصص (Noel *et al.*, 1990 ؛ Epps and Hartwig, 1972) التي أجريت بعد ذلك، فقد استخدم فيها أصص فخارية بقطر ٨ سم، وزرعت فيها البادرات بمعدل بادرة واحدة بكل أصيص مملوء بتربة ملوثة طبيعياً بالنيماتودا، وتم عدّ إناث النيماتودا التي ظهرت على الجذور بعد شهر واحد من الزراعة. أيضاً، تم استخدام اختبار تعريف السلالات (Golden *et al.*, 1970) بشكل واسع كاختبار تقييم. وفي هذا الاختبار، يتم شتل البادرات التي يصل طول جذورها إلى ٢-٣ سم في أصص بقطر ٧٫٥ سم مملوءة بتربة أو رمل معقم، وتترك لتنمو لمدة ٣ - ٤ أيام، ثم تلقح بمعدل ١٠٠٠ - ٥٠٠٠ بيضة تؤخذ من إناث بيضاء White females حديثة. وبعد شهر من التلقيح، تستخلص الإناث البيضاء حديثة التكوين من كل أصيص، ويتم عدُّها، ثم تحويل الأعداد إلى دليل يسمى دليل الإناث Female index، وهو عبارة عن النسبة المئوية للإناث منسوبة إلى عدد الإناث

obeikandi.com

على الصنف القابل للإصابة Lee، أي عدد الإناث في الصنف المختبر مقسوماً على عدد الإناث على الصنف Lee، ثم ضرب الناتج × ١٠٠. ويستخدم هذا الدليل في تصنيف الأصناف كما يلي: صفر – ٩٪ = مقاوماً Resistance، ١٠ – ٣٠٪ = متوسط المقاومة Moderately Resistance، ٣٠ – ٦٠٪ = متوسط القابلية للإصابة moderate Susceptible، وأكثر من ٦٠٪ = قابلاً للإصابة Susceptible (Schmitt and Shannon, 1992). ويكون هذا الدليل موثوقاً به، ويمكن الاعتماد عليه عندما تكون العشيرة المختبرة من النيماتودا معلومة الشراسة الإمراضية. ولكن عندما يكون لدينا خليط من السلالات، فإن ذلك قد يسبب مشاكل في تفسير النتائج. ومع ذلك، فقد وجد أن أكثر من مائتي صنف فول صويا تنتمي إلى مجموعات النضج من الأولى حتى الثامنة تم إنتاجها في الولايات المتحدة الأمريكية لها القدرة على خفض نسبة الفقد المحصولي الذي تسببه الإصابة بالنيماتودا. وفيما يتعلق بالتربية العملية لنباتات فول الصويا في ولاية إلينوي الأمريكية، فإنه يتم تسجيل النباتات الفردية (كل نبات على حدة) كما يأتي: صفر = صفراً، ١ = ١ – ٥، ٢ = ٦ – ١٠، ٣ = ١١ – ٣٠، و٤ = أكثر من ٣٠ أنثى/المجموع الجذري، ويتم الاحتفاظ فقط بالنباتات التي تعطي تسجيلاً = ١، و٢. وقد أدى العمل بهذا التسجيل مهمته بدرجة جيدة جداً في الحفاظ على صفة المقاومة لفترة تقرب من العشرين عاماً في تلك الولاية، حيث كان يتم اختبار ما يقرب من الخمسة آلاف سلالة كل عام.

تستخدم بعض برامج التربية طريقة الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية (MAS) باستخدام تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد (RFLP)، أو تقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (RAPD). وسوف تنتشر هذه الطريقة للانتخاب على مستوى العالم، حيث إنها تسمح باختبار رد فعل نباتات مفردة تجاه أكثر من سلالة نيماتودية، كما تسمح أيضاً بتطوير أصناف تحتوي على جينات مقاومة متعددة Multiple R-genes. وقد وجد أن الصنف "Peking" يحتوي على دليلين مستقلي التوارث هما: الدليل pA136 والدليل pA635 الموجودان على مجموعتي الارتباط A وC، على الترتيب وأن هذين الدليلين يرتبطان بصفة المقاومة تجاه السلالة رقم ٣ من نيماتودا حوصلات فول الصويا. وهناك حالياً تزايد سريع مطرد في عدد الدلائل الجزيئية لجينات مقاومة أخرى تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا (Cregan and Quigley, 1997؛ Annad *et al.*, 1998). وتتطلب بروتوكولات التقييم للدلائل الجزيئية (انظر الفصل رقم ١٢) تطبيقاً مكثفاً للطرق التقليدية لتعريف ردود الفعل النباتية المفردة، ومتابعات مستمرة لتأكيد الارتباط بين الدليل الجزيئي ورد الفعل النباتي.

ومن الممكن إجراء التقدم الواضح في البرنامج قبل جدولة جميع التداخلات الوراثية. فقد استخدمت برامج التربية الأمريكية معلومات عن السلالات النيماتودية السائدة في مناطق مختلفة من الولايات الشمالية والجنوبية. ففي الشمال، هناك سلالتان سائدتان هما: السلالة رقم ١، والسلالة رقم ٣ (٢٥ و٧٠٪، على الترتيب). وقد بدأت بروتوكولات التقييم بالانتخاب لصفة المقاومة تجاه عشيرة من السلالة رقم ٣، ثم تمت الاختبارات لصفة المقاومة

الكاملة أو المعتدلة تجاه السلالات رقم ١–٥ والسلالة رقم ١٤ قبل السماح بطرح الأصناف في الأسواق. أما في الجنوب، حيث ينتمي ٨٧٪ من مجموع عشائر نيماتودا حوصلات فول الصويا SCN إلى السلالات: ٢، و٤، و٥، و٦، و٩، و١٤، فقد تم التقييم أولاً للسلالتين رقمي ٦، و٢، ثم السلالات رقم ١٤، و٤، و٥. وقد أدت هذه الطريقة بفاعلية إلى انتخاب المساهمات الجينية الفعالة الموجودة في المصادر والأصناف المتوفرة حالياً من فول الصويا في الأسواق (Kim *et al.*, 1998).

نيماتودا حوصلات الحبوب *Heterodera avenae* ومجموعة Avenae

***Heterodera avenae* and the *H. avenae* group, cereal cyst nematodes (CCN)**

تم إجراء اختبارات التقييم لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات الحبوب من النوع *H. avenae* والأنواع الأخرى القريبة منها التي تقع في مجموعة Avenae مراراً وتكراراً في تربة حقلية ملوثة طبيعياً بتلك الأنواع. وقد استخدمت الأصناف شديدة القابلية للإصابة في الحفاظ على هذه العشائر النيماتودية وإكثارها في الحقل أو في القطع الحقلية. وفي أوروبا، قد تمنع عوامل المكافحة الأحيائية الموجودة طبيعياً في التربة، أو تحد من تكاثر النيماتودا، ومن ثمَ من فرص الحصول على كميات كافية من اللقاح النيماتودي. ولهذا السبب، يستخدم بعض الباحثين الحوصلات النظيفة لتلقيح النباتات القابلة للإصابة، ثم يخزنون التربة الجافة على درجة ٢ – ٤ °م ليضمنوا بذلك الحصول على كميات وافرة من اللقاح بانتظام. ومن الممكن أن يستخدم هذا اللقاح بعد ذلك إما في صورة تربة ملوثة تخلط مع بيئة تجذير معقمة (كالرمل عادة)، أو في صورة يرقات طور ثان حديثة الفقس تستخدم في تلقيح الجذور في بيئات متعددة. ويمكن تنقية اللقاح بطرق عدة ومن بينها أنابيب الاختبار. وقد استخدم أيرولم Ireholm (1994) مائة يرقة طور ثان J_2 حديثة الفقس لعدوى البادرات النامية في ١٠٠ مل من الرمل (مائة يرقة/بادرة). وبعد ذلك يتم تغذية وري النباتات بعناية وحذر. كما قام ريفوال وآخرون *Rivoal et al.* (1991) بتنمية النباتات على آجار في أطباق بتري، ثم أضافوا إليها اللقاح النيماتودي على هيئة أربع أو ثمان يرقات طور ثان/طرف جذري (اعتماداً على الطراز الإمراضي المستخدم من النيماتودا)، وتمكنوا بهذه الطريقة من التمييز بين النباتات المقاومة والقابلة للإصابة.

استخدم ريفوال وآخرون *Rivoal et al.* (1991) طرقاً أخرى أساسها التربة، وقد كانت مادة التربة في هذه الطرق عبارة عن رمل أو طمي يوضع في أنابيب بلاستيكية سعة ٧٠ سم^3 ويضاف إليها العناصر السمادية المطلوبة. وتزرع نباتات القمح بواقع نبات واحد/أنبوبة من هذه الأنابيب، ثم يلقح كل نبات بحوصلتين جديدتين من حوصلات سبق تهيئتها بوضعها في أكياس أو حقائب صغيرة من النايلون المثقب على درجة حرارة ٣ °م لكسر طور السكون. ويعادل هذا اللقاح (الحوصلتان)٢٢٠ يرقة طور ثان/نبات. تُنمى النباتات بعد ذلك على ١٦ °م و١٨ ساعة إضاءة، وتروى حسب الحاجة أو مرة كل أسبوع. تستخلص الإناث والحوصلات بعد ذلك من الجذور

بغسيلها على مناخل سعة ثقوبها ٦٣ ميكرومیتراً وذلك بعد ٢-٥ أشهر. أما تايلور وآخرون Taylor *et al.* (1998) فقد طوروا طريقة فيشر Fisher (1982)، وذلك بأن زرعوا البادرات في تربة في أنابيب ذات أبعاد ٢٧ × ١٢٥ مم، ولقحوها عند الزراعة ثم على أربع فترات بعد ذلك، بين كل فترة والأخرى ٣ - ٤ أيام، لتصل كمية اللقاح ٥٠٠ يرقة طور ثان/نبات. تمت تنمية النباتات على ١٥ °م و١٦ ساعة إضاءة لمدة تسعة أسابيع بعد آخر تلقيح بالنيماتودا، ثم تبدأ عملية عدّ الحوصلات في كل أنبوبة.

وفي أستراليا، أمكن إجراء الكثير من الانتخابات الأولية تحت الظروف الحقلية، وذلك بقص الجذور المزروعة في مجموعات أو حفر، ثم عدّ الإناث المتكونة على تلك الجذور ومقارنتها بعدد الإناث على صنف معروف بقابليته للإصابة (قياسي). ويمكن إنجاز تلك الاختبارات بكفاءة أعلى، وذلك بزراعة النباتات في أصص مرتبة في حوامل Racks، وكل قناة تحتوي على ٥٠ أصيصاً، كل منها مملوء بحوالي ٢٠٠ جرام من تربة ملوثة طبيعياً بالنيماتودا ومخلوطة برمل مغسول ومخصبات زراعية بحيث تتراوح كثافة النيماتودا فيها بين ١٦ و٣٢بيضة/جم تربة. وفي مثل تلك الظروف، من الممكن أن تبلغ أعداد الحوصلات النيماتودية على كل كرة جذرية في جذور النباتات القابلة للإصابة حوالي ١٣ - ٤٥ حوصلة (١٣٨ - ٩٠٢ حوصلة/المجموع الجذري بأكمله)، مقارنة بعدد صفر - ٦حوصلة/كرة جذرية في النباتات المقاومة (٢٧ - ٩١ حوصلة/المجموع الجذرى بأكمله). ومن الممكن أن يقوم أربعة أشخاص مدربين بتقييم ما يقرب من ٦٠٠ نبات في اليوم الواحد. أما المستهدف تقييمه فقد يكون حوالي ١٠٠٠٠٠ نبات في الموسم، علماً بأن إجراء التقييم باستخدام الكمبيوتر في مثل هذه الحالات هو إجراء عديم القيمة أوالفاعلية (McKay, 1998). ومفتاح النجاح في مثل هذه المستويات التكاثرية العالية للنيماتودا هو التغذية الجيدة للنباتات، والري، وإجراء الاختبارات في ضوء النهار العادي خارج البيوت الزجاجية. ومن الأهمية بمكان أن يكون الصرف جيداً سواء بالنسبة للأصص أو الحوامل التي تحتويها، وذلك للوقاية من الإصابة بالآفات بما فيها الطيور، والثدييات الصغيرة، وكذلك يجب التخلص من الحشائش أو النباتات التلقائية التي قد تكون عائلة للنيماتودا، وخاصة عند استخدام التربة الملوثة طبيعياً من الحقل. وقد أمكن في بعض الاختبارات الشبيهة بالفعل تقييم ١٠٠ - ٢٠٠ نبات في اليوم الواحد. ولكن قد يحدُّ الخروج من الموسم الطبيعي لنمو النباتات من عدد النباتات التي يمكن تقييمها.

يجب تحوير طرق الاختبارات والتقييم بحيث تتلاءم مع حاجة برامج التربية. ويجب أن تكون الاختبارات قادرة على تحديد استجابة النباتات الفردية، مثل النباتات متباينة الزيجوت، وقادرة كذلك على انتخاب النباتات الأبوية، وقادرة أيضاً في نفس الوقت على اختبار نباتات متعددة. وهذا من شأنه أن يسمح بتقييم أكثر من نبات في الوحدة الواحدة، وأن يفيد في تحسين فرص اكتشاف الانعزالات في الأجيال التالية. فمثلاً، يعطي اختبار أربعة

أصص، يحتوي كل منها على أربعة نباتات احتمالاً قدره ٠,٩٥ لاكتشاف نسبة انعزالات = ١ قابل للإصابة : ٣ مقاوم في نباتات الشعير التي تحتوي على الجين *Rha2*. أما احتمالات اكتشاف انعزالات جينية أخرى فيمكن الاطلاع عليها في المرجع : Mather (1951).

وتحدد المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات الحبوب عادة باحتواء جذور النبات على أقل من ٥٪ من عدد الحوصلات المتكونة على جذور النبات القابل للإصابة القياسي، وقد تكون المرونة مطلوبة أيضاً عند تطبيق هذا القانون. وبصفة خاصة، إذا كان معدل تكاثر النيماتودا على الصنف عالياً بمتوسط قدره مائة أنثى/مجموع جذري. علماً بأنه لم يتم حتى الآن حل معضلة تفسير نتائج النباتات التي تحتوي جذورها على حوصلة واحدة أو اثنتين/مجموع جذري (Andersen and Andersen, 1982a)، فلم يستقر الرأي حول ما إذا كانت هذه الأفراد من النيماتودا هي أفراد شرسة إمراضياً، ولكن التهجينات الخلطية Outcrossing بين النباتات قد منعت نسلها من التعبير عن صفة الشراسة الإمراضية المتنحية، أو أن هذه الحوصلات قد نتجت عن تعبير غير كامل للمقاومة. وبالرغم من أن هذه الظاهرة لم يمكن شرحها، إلا أنه لا يجب تجاهلها، وأينما ظهرت مثل هذه الإناث/الحوصلات، فإنه يجب اختبار نسلها (اليرقات الناتجة منها) لتقييم صفة الشراسة الإمراضية لديها.

ومن الممكن استخدام طرق الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية في بعض التهجينات باستخدام دلائل جزيئية ظاهرية Morphological markers. فمثلاً ترتبط جينات إنتاج صبغة الأنثوسيانين في الشعير بالجين *Rha2*. وأمكن لدلائل الحامض النووي DNA تعريف جين واحد في التهجينات المنتخبة من القمح (Eastwood *et al.*, 1994)، والشعير (Williams *et al.*, 1996).

نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* و *G. pallida*

***Globodera rostochiensis* and *G. pallid*, potato cyst nematodes (PCN)**

تتشابه (من حيث الأساس) التقنيات المستخدمة في اختبارات المقاومة تجاه كلا نوعي نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* و *G. pallida*. ولكن التنوع الكبير في عشائر النوع *G. pallida* يمثل التحدي الأكبر تجاه الحصول على اختبارات دقيقة وسريعة للتمييز الدقيق بين التراكيب الوراثية القابلة للإصابة تماماً والأخرى ذات المقاومة الجزئية للنيماتودا. وقد بدأت التجارب والاختبارات في هذا المجال بزراعة النباتات في حقول ملوثة طبيعياً بالنيماتودا، ثم تم تأكيد هذه الاختبارات باختبارات في الأصص، حيث كان يتم عد الكرات الجذرية التي تحتوي النيماتودا لتعريف المقاومة في النباتات. وقد يكون التكرار في مثل هذه الاختبارات ضرورياً، ولكن النتائج قد تختلف تبعاً لجينات المقاومة المستهدفة. وبناءً على ذلك، فقد جرت العادة على استخدام ثلاثة مكررات لتعريف السلالة

النباتية التي تحتوي على جين مقاوم مفرد تجاه نيماتودا النوع *G. rostochiensis*، بينما تستخدم عشرة مكررات لاختبار صفة المقاومة الكمية تجاه النوع *G. pallida* (Fleming, 1998). وعادة قد تزيد معدلات تكاثر النيماتودا في تجارب الأصص بمقدار المثلين أو الثلاثة أمثال عنها في تجارب الحقل، ولكنها لا تؤثر برغم ذلك عادة على الترتيب النسبي للسلالات. وفي بريطانيا، تعتمد اختبارات الترتيب الوطني National list trials، وهي اختبارات قياسية، تم وصفها بواسطة ماكنزي وتيرنر McKenzie and Turner (1987)، وتعتمد على حساب معدلات تكاثر النيماتودا بقسمة الكثافة النهائية للنيماتودا Pf على الكثافة الابتدائية Pi معبراً عنها في صورة عدد الحوصلات (النهائية أو الابتدائية) لكل أصيص. وقد أوضحت سلسلة التقييمات المتحفظة لنيماتودا حوصلات البطاطس أن التعبيرات النسبية للنيماتودا وترتيبها من حيث أعدادها التي تكونها على النباتات تكون دائماً أكثر دقة وتعطي مقارنات منطقية مقارنة بالتقديرات والأعداد المطلقة (Fleming, 1998).

ويمكن إجراء اختبارات أكثر دقة وبأعداد أكبر من النباتات باستخدام أواني اختبار صغيرة تتراوح سعتها بين ٦٠ و٢٤٠ سم^3 من بيئة التجذير الملقحة بحوالي ٥ - ٢٠ بيضة/ سم^3 من البيئة. وتنمو براعم وبادرات البطاطس جيداً في أسطوانات صغيرة تحتوي على تربة أو بيئة ذات رطوبة نسبية تساوي ٣٠٪. وتغلق تلك الأسطوانات ذات الجدران الشفافة، وتوضع في ظروف بيئية متحكم بها على درجة حرارة ٢٠ °م لمدة سبعة أسابيع. وحينئذ يمكن رؤية إناث النيماتودا بوضوح على الجذور، ويمكن عدُّها كذلك من خلال الجدر الشفافة لأسطوانة النمو أو بعد استخلاصها. وقد استخدم روب فان دير فورت وآخرون Roupe van der Voort *et al.* (1998) أيضاً طريقة الأسطوانات التي وصفها فيليبس وآخرون Phillips *et al.* (1980)، وفيها توضع درنة بطاطس واحدة في كل إناء يسع ١٢٥ سم^3 من الرمل الفضي الملقح بخمس بيضات ويرقات/سم^3 رمل، ويوضع الجميع في الظلام على درجة حرارة ٢٠ °م لمدة ثلاثة أشهر، قبل استخلاص الحوصلات وعدِّها.

وفي اختبارات المقاومة التي تجري على الأصول المحفوظة من أنواع البطاطس المستزرعة أو البرية في البنوك الوراثية التابعة للمجموعة الهولندية الألمانية، تم اختبار عينات من ١٥ إلى ٤٠ نباتاً لكل صنف بإحدى ثلاث طرق؛ ١) تربة ملوثة، أو ٢) في أصص يحتوي كل منها على لقاح نيماتودي قدره ٢٥-٣٠ حوصلة كاملة، أو ٣) في أصص يحتوي كل منها على ثلاثة حوصلات مكسورة في نايلون مثقب. ثم بعد ذلك، يتم تقدير عامل تكاثر النيماتودا على النباتات المختبرة، وذلك باستخلاص الإناث النيماتودية من الأصص بطريقة الطرد المركزي أو الطفو. وتم اعتبار النباتات التي تحتوي على أكثر من خمس إناث/نبات نباتات قابلة للإصابة، ثم تمت إعادة اختبار النباتات التي اعتبرت مقاومة مرة ثانية. وتم اختبار الطريقة رقم (٢) في معظم الاختبارات التأكيدية. وفي فرنسا، تم استخدام الطريقة رقم (٣) التي تعد الطريقة الأكثر وثوقاً (Rousselle-Bourgeois and Mugniery, 1995). وفي أوروبا

حيث يوجد خمس مجموعات شرسة إمراضياً من نيماتودا النوع *G. rostochiensis*، وثلاثة من النوع *G. pallida*، تم استخدام نتائج الاختبارات الأولية على هذه المجموعات في تعريف الطراز الإمراضي باستخدام مخطط كورت وآخرون .Kort *et al* (1977). وفي الوقت الحاضر، من السهل الحصول على المعلومات التي تفيد بعدد النباتات التي لم تتكون على جذورها أية حوصلات (0 Cysts) والتي تم تعريفها بالرمز *Pa2*، وتلك التي تراوحت أعداد الحوصلات على جذورها بين صفر، و٢ والتي تم تعريفها بالرمز *Pa3*، وذلك بالنسبة للعدّ الكلي من النباتات التي تم اختبارها في الفترة مابين ١٩٨١ و١٩٨٥م. وفي اختبار كرات الجذور Root-ball test، تم عدّ الإناث الموجودة على سطح الكرات من الخارج فقط. ولكن عندما تم إجراء الاختبار في ظروف تحت مثالية (في فصل الشتاء). تم أيضاً فحص الكرات الجذرية من الداخل بمجرد النظر. وفي الاختبارات الأكثر دقة من ذلك، استخدم موجنيري Mugniery (1983) أطباق بتري ليضع فيها بيئة آجار لتنمى فيها الجذور ثم وضع يرقات الطور الثاني J_2 بالقرب من أطراف الجذور Root tips.

وعند المقارنة بين هذه الطرق، نجد أنه بالرغم من اختلاف معدل تكاثر النيماتودا فيما بين طرق الاختبارات تحت الظروف المختلفة، إلا أن ترتيب رد فعل التراكيب الوراثية النباتية للنيماتودا كان متوافقاً بدرجة جيدة في جميع الطرق. وإضافة إلى ذلك، يجب أن يكون هناك إجراء وقائي إضافي عند إجراء هذه الاختبارات، وهو أن يشتمل كل اختبار على سلالات مقاومة جزئياً، وأن نحاول أيضاً إدخال عشائر نيماتودية قياسية للأغراض المرجعية. وعموماً تتميز طرق الأسطوانات بتقديراتها المبالغ فيها لصفة المقاومة بينما تتميز طرق أطباق بتري بانخفاض درجة تقديراتها، وذلك بالمقارنة إلى التغيرات الفعلية لصفة المقاومة تحت الظروف الحقلية.

وسوف يسمح التقدم السريع في عمل الخرائط الوراثية للتراكيب الوراثية من البطاطس باستخدام الدلائل الجزيئية في برامج تربية البطاطس، الأمر الذي يؤدي إلى انتخاب التراكيب الوراثية Genotypes أكثر منه لانتخاب الأشكال الظاهرية Phenotypes، مما يضمن وجود توليفات من الجينات المختلطة التي تمنح صفة مقاومة عملية وثابتة تجاه العشائر متباينة الزيجوت من نيماتودا حوصلات البطاطس (Dale and Scurrah, 1998). وقد تم تعريف الدلائل الجزيئية المرتبطة بالجينات السائدة في عدد من المصادر المقاومة بواسطة تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد (RFLP) (Fleming, 1998). وسوف تسمح معرفة تتابع جينات المقاومة لنيماتودا حوصلات البطاطس في الحامض النووي DNA باكتشاف هذه الجينات في الانعزالات النباتية، وذلك باستخدام اختبارات المقاومة عن طريق تقنيات تفاعل البلمرة المتسلسل PCR. وهناك دلائل جزيئية مرتبطة بالجين المقاوم *H1* قد تم تعريفها بواسطة تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد (RFLP)، وأخرى مرتبطة بالجين المقاوم *Ro1* قد تم تعريفها بواسطة تقنية تقطيع الحامض النووي DNA في مواقع الصفات الكمية باستخدام إنزيمات

القطع المقيد (RFLP QTLs)، وذلك في النبات *Solanum spegazzini*. وإذا ما تم التقدم في عمل خرائط وراثية لثلاث عائلات نباتية مختلفة، فإن ذلك سوف يزيد كثيراً من قيمة هذه الدلائل الجزيئية، ليس فقط لانتخاب جينات المقاومة السائدة بل، أيضاً وبصفة خاصة لتحسين مستويات المقاومة تجاه النوع *G. pallida*. وقد دل تحليل مواقع الصفات الكمية QTLs على أن هناك موقعاً شائعاً ذي جينات متعددة يمنح طيفاً واسعاً من المقاومة لكلا النوعين *G. rostochiensis* و*G. pallida* (Roupe van der Voort *et al.*, 1998). وقد يوفر ذلك بعداً جيداً في العمل مقارنة بتطبيق طريقة الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية (MAS) لجينات المقاومة المعلومة. وفي هذا العمل، تم اختبار رد فعل النباتات المنماة صناعياً *in vitro* تجاه النيماتودا بنقل هذه النباتات إلى رمل فضي معقم وخليط من الطمي الرملي، ثم تلقيحها بالنيماتودا بعد ٢–٤ أسابيع من النمو. ثم استخدمت بعد ذلك قطع ساقية أخذت من بادرات مفردة لتكرار الاختبار واستخلاص الحامض النووى DNA منها دون التضحية بالنباتات الأبوية (Roupe van der Voort *et al.*, 1997). وفي هذه الاختبارات، تم نقل النباتات ذات العمر ٣–٤ أسابيع في خليط من التربة الطميية الرملية (٩٠٠جم تربة/أصص)، وتلقيحها بمعدل خمس بيضات ويرقات طور ثان/جم تربة. وبعد ثلاثة أشهر، تم استخلاص حوصلات النيماتودا من التربة بطريقة الطفو Floatation أو قمع فنويك Fenwick can، وتم تدريج الجذور حسب حجمها على المقياس صفر–٣. بعد ذلك تم تقدير متوسط عدد الحوصلات لكل تركيب وراثي وتحويله إلى لوغاريتم س – ١ (Log x-1) لاستخدامه في تصنيف النباتات إلى ثلاث فئات؛ مقاوم، وغير محدد، وقابل للإصابة (Roupe van der Voort *et al.*, 1998).

أنواع أخرى من نيماتودا الحوصلات Other cyst nematodes

يمكن تقييم صفة المقاومة تجاه الأنواع الأخرى من نيماتودا الحوصلات تبعاً للأسس التالية، مع تحويرها تبعاً للضرورة: ١) المواءمة بين المتطلبات والمصادر في البرنامج، ٢) طبيعة النبات والنيماتودا. وقد تم انتخاب النباتات المقاومة لنيماتودا حوصلات بنجر السكر من بين الأنواع النباتية البرية في أنابيب مصنوعة من البولي فينايل PVC بأبعاد = ٢ × ٤ × ١٢ سم، تحتوي على تربة طفلية أخذت من عمق ٣ – ٥ م، ومضاف إليها المحاليل المغذية اللازمة. وقد تم تعليق الأنابيب في صفوف يحتوي كل منها على ١٢ أنبوبة، ثم لقحت النباتات في الأنابيب بعد ١٤ يوماً بمعدل ١٠٠٠ يرقة طور ثان/أنبوبة، وتركت لتنمو لمدة ستة أسابيع على درجة حرارة ٢٠ °م و١٤ ساعة إضاءة. بعد ذلك، تم استخلاص الحوصلات من الأنابيب بغسيل تربة كل أنبوبة على مناخل سعة ثقوبها ١، و٠،١ مم، وتم التخلص من الشوائب Debris باستخدام حامض خليك ٢٠٪ ليذيب التربة الطفلية قبل عد الحوصلات. ولضمان سلامة الاختبار فإن ذلك يتطلب أن تحتوي جذور الصنف "Desiree" القابل للإصابة على حد أدنى من الحوصلات قدره ٤٠ حوصلة/نبات، وتصنيف النباتات التي تحتوي جذورها على أقل من ٣٠ حوصلة/نبات

كنباتات مقاومة. أما مفتاح النجاح في هذا الاختبار فهو ألا يتأرجح عدد الحوصلات/نبات في مكررات كل معاملة بين المقاوم تارة والقابل للإصابة تارة أخرى (Muller, 1998a).

قام كابلان وآخرون .Kaplan *et al* (1999) بتربية نيماتودا حوصلات البنجر على الكرنب، ثم على عوائل مختارة في أصص فخارية مملوءة برمل نهري ملوث بحوصلات النيماتودا، وقد تم إجراء الاختبارات بحيث يزرع كل نبات في ٨٠ جم رمل (يزيد حجم حباته عن ٢٥٠ ميكروميتراً) موضوع في زجاجات ذات أبعاد ٣,٧ × ٦,٢ سم ومغطاة بأغطية مثقبة للصرف. وتزرع البذور في هذه الزجاجات مباشرة، ثم تخفف البادرات إلى بادرة واحدة/زجاجة، وتتم تغذية النباتات في الزجاجات يومياً بمحلول مغذي. وبعد خروج أول ورقة حقيقية على البادرات، تلقح النباتات بمعدل ٥٠٠ يرقة طور ثان/نبات، ويتم عدّ الحوصلات بعد ٣٨ يوماً من ذلك حيث تكون النيماتودا قد كونت جيلين.

تم انتخاب النباتات المقاومة لنيماتودا حوصلات التبغ بتنمية بادرات التبغ في فيرميكيولايت Vermiculite، ثم شتلها بعد أربعة أسابيع في أصص فخارية بقطر ١٠ سم تحتوي على ٢٥٠ سم٣ خليط معقم متساو من التربة والرمل يوضع في الأصص بعد وضع قطعة من ورق الترشيح في قاع كل أصيص. تمت تربية النباتات لمدة أسبوعين بعد تلقيحها بمعدل ٦٠٠ بيضة/أصيص من بيض سبق تجميعه بتحطيم الحوصلات التي تم جمعها من الحقل، وتم تخزينه في أوعية مغلقة على درجة حرارة الغرفة حتى يحين وقت استخدامه. وبعد ثمانية أسابيع، تم غسل محتويات الأصص على مناخل سعة ثقوبها ٢٥٠ ميكروميتراً، وذلك لتجميع الإناث النيماتودية. تم أيضاً غسيل عينات من الجذور (١ جم) وصبغها للتعرف على الأطوار النيماتودية غير الكاملة. وقد احتوت هذه الاختبارات على ٨ – ١٠مكررات لكل معاملة، وكان عدد الإناث على جذور النباتات يتراوح بين ٠,١ و٣٤ أنثى/جم جذور (Hayes *et al*., 1997).

يتم الانتخاب لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات البرسيم في أصص بقطر ٦,٥ سم تحتوي على خليط من التربة الرملية المعقمة على درجة حرارة ١٨ – ٢٥ °م. وتروى النباتات في هذه الأصص بطريقة تشبه الخاصية الشعرية حيث توضع الأصص في صواني تحتوي على الماء الذي يضاف إليه أيضاً المخصبات الزراعية حسب الحاجة. يتم تلقيح البادرات ذات عمر أسبوعين بالنيماتودا عن طريق حقن التربة بمحلول البيض تحت البادرة مباشرة، وذلك بمعدل ٢٠٠٠ بيضة لكل بادرة. وفي الأسبوع الثامن، يتم غسل الجذور والتربة، وتجمع الحوصلات على منخل سعة ثقوبه ١٨٠ ميكروميتراً، ثم يتم عدها. ويتم تجهيز البيانات المتحصل عليها من هذه التجارب في صورة عدد الحوصلات/ نبات وأيضاً عدد الحوصلات/جم من الجذور الجافة (Hussain *et al*., 1997).

تم تعريف صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات قصب السكر *H. sacchari* في نباتات الأرز .*Oryza* spp النامية في أصص صغيرة (١٠٠سم٣) تم تلويث تربتها بيرقات الطور الثاني للنيماتودا. وقد ارتبطت هذه النتائج ارتباطاً جيداً مع نتائج تجارب مماثلة أجريت في الحقل في قطع تجريبية ملوثة طبيعياً بالنيماتودا (Plowright *et al*., 1999).

openilkanat.com

الطرز الإمراضية والسلالات

Pathotypes and races

نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines*

***Heterodera glycines*, soybean cyst nematode (SCN)**

تم بيان التغير في صفة الشراسة الإمراضية لنيماتودا حوصلات فول الصويا بشكل أساسي في الولايات المتحدة الأمريكية حيث ظهرت الاختلافات بين العشائر النيماتودية في الحقول بشكل واضح وأكيد بمجرد زراعة الأصناف المقاومة في تلك الحقول. ومن ثم، فقد اتضح أن صفة الشراسة الإمراضية في النيماتودا هي صفه متباينة الزيجوت. وقد أفصحت الاختبارات باستخدام مجموعة من أربعة نباتات مفرقة Differential Plants تحتوي على جينات للمقاومة عن إمكانية وجود ١٦ سلالة (الجدول رقم ٤،٣)، بالرغم من عدم التعرف على كل هذه السلالات فعلياً في الحقول. ويصنف النبات المفرق بأنه مقاوم لعشيرة نيماتودية إذا كان عدد الإناث النيماتودية المتكونة على جذوره أقل من ١٠٪ من عدد الإناث المتكونة على جذور الصنف القابل للإصابة Lee. ولكن هذا يخص تقدير التنوع في عشائر نيماتودا حوصلات فول الصويا، بالرغم من أنه قد يكون تصنيفاً مفيداً للمربي أو المزارع في الولايات المتحدة الأمريكية. وفي الصين، أدى اختيار سلالة واحدة لعدة أجيال على أربعة أصناف من فول الصويا إلى ظهور أربعة سلالات مختلفة.

الجدول رقم (٤،٣). سلالات نيماتودا حوصلات فول الصويا التي تم تمييزها بواسطة أربعة عوائل مفرقة، وتمت مقارنتها بعائل خامس قابل للإصابة (صنف فول الصويا "Lee").

عوائل فول الصويا المفرقة	السلالة[١]															
	١[٢]	٢[٢]	٣[٢]	٤[٢]	٥[٢]	٦[٢]	٧	٨	٩[٢]	١٠	١١	١٢	١٣	١٤[٢]	١٥	١٦
Pickett	-[ج]	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-
Peking	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+
PI88.788	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+
PI90.763	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+

[١]تعيين السلالة تبعاً لمقترح Riggs and Schmitt (1988).

[٢]السلالات الموجودة في الولايات المتحدة الأمريكية.

[ج] قابل للإصابة (دليل الإناث = ١٠٪ منها على الصنف القابل للإصابة "Lee").

+ مقاوم (دليل الإناث = < ١٠٪ منه على الصنف القابل للإصابة "Lee").

وقد عززت الدراسات الحديثة حول السلالات النيماتودية مفهوم أن الجينات الرئيسية Major genes تحكم نواتج التداخلات بين جينات المقاومة في أصناف فول الصويا وجينات عدم الشراسة الإمراضية في نيماتودا حوصلات فول الصويا (Opperman and Bird, 1998). وتستلزم التداخلات غير المتوافقة وجود جينات مقاومة سائدة Dominant R-genes، وجينات شراسة إمراضية متنحية Recessive v-genes. ولو ثبت ذلك، فإن التصنيفات السابقة غير المحددة لاستجابة النباتات تجاه العشائر النيماتودية سينتج عنها تراكيب وراثية نيماتودية معقدة من حيث صفة الشراسة الإمراضية.

وقد افترض مخطط حديث لتصنيف التنوع في نيماتودا حوصلات فول الصويا في أمريكا بواسطة نيبلاك وآخرون Niblack *et al.* (2001). وفي هذا المخطط يشار إلى عشيرة نيماتودية معينة بالرمز Hg Type بناءً على تطور إناث النيماتودا على مصادر معينة للمقاومة سواء كانت أصنافاً مسجلة أو مجرد تراكيب وراثية غير معرفة (انظر الجدول رقم ٤،٦). أما الأصناف المفرقة التي سوف تستخدم في هذا المخطط فتشمل الصنف Peking (PI548.402)، والسلالات PI88.788، وPI90.763، و PI437.654، وPI209.332، وPI89.772، وCloud (PI548.316). وسوف تعرّف السلالات النيماتودية التي لاتتكاثر على أي من هذه الأصناف أو السلالات بأنها Hg Type 0، أما التي ستتكاثر على السلالتين PI548.402 وPI88.788 فقط فستعرف بالرمز Hg Type 1.2. وسوف يكون هذا المخطط مفتوح النهايات، وقادراً على ضم مصادر مقاومة جديدة كتلك التي سيتم إدخالها في تراكيب وراثية أو أصناف قابلة للإصابة، وسوف يكون أيضاً قابلاً للتحوير والتطوير في كل مكان في العالم.

نيماتودا حوصلات الحبوب *Heterodera avenae* ومجموعة Avenae

***Heterodera avenae* and *H. avenae* group, cereal cyst nematodes (CCN)**

تتميز عشائر نيماتودا حوصلات الحبوب بأنها دائماً متباينة الزيجوت فيما يتعلق بصفة الشراسة الإمراضية، وبأنها أيضاً تختلف في المدى العوائلي لكل منها. ولذلك نجد أن عشائر هذه النيماتودا في شمال أوربا تتكاثر جيداً على الشوفان، بينما في جنوب أوروبا وشمال إفريقيا وبعض المناطق في آسيا لا يصاب الشوفان بأغلب عشائر نيماتودا حوصلات الحبوب هناك. ومع ذلك، فإن هناك بعض الاستثناءات، ومنها على سبيل المثال، أن بعض العشائر السويدية لا تتكاثر على الشوفان. وقد اعتمدت التصنيفات الأولى لنيماتودا حوصلات الحبوب على استخدام أربعة أصناف مفرقة من محاصيل الحبوب، وأيضاً على عشائر نيماتودية تنتمي إلى أكثر من جنس نيماتودي واحد. وقد كانت الأصناف المستخدمة مفيدة بالفعل في تصنيف عشائر شمال أوروبا من هذه النيماتودا، ومفيدة بصفة خاصة أيضاً في أغراض تطوير أصناف شعير ربيعي مقاوم (الجدول رقم ٤،٤)، ولكنها لم تفد في التقدير الكامل للتغير في جينات الشراسة الإمراضية لعشائر النيماتودا، بل ربما كانت مبخسة في ذلك التقدير. وفي هذا الصدد أوضح أيرولم Ireholm في الكتاب المحرر

بواسطة كوك وريفوال Cook and Rivoal (1998) أنه باستخدام أربعة فقط من الأصناف المفرقة من الشعير والقمح والشوفان تم تصنيف ٦٩ عشيرة من النيماتودا جمعت من كل أنحاء العالم إلى ٣٠ طرازاً إمراضياً فقط. ولذلك، فإنه بالرغم من أن مخطط أندرسن وأندرسن Andersen and Andersen (1982b) للطرز الإمراضية كانت لديه ميزة البساطة لكونه مبنياً على جينات مقاومة معروفة، إلا أنه كان يعاني من مشكلة عجزه عن فهم وتفسير ظاهرة تعدد أشكال جينات المقاومة والشراسة الإمراضية. وفي الواقع العملي، نجد أن العديد من أصناف الشعير والشوفان الأوروبية التي تمتلك جينات مقاومة قد تم التغلب عليها بواسطة عشائر نيماتودا حوصلات الحبوب في بعض المناطق. ونتيجة لفعل الجينات أو لغيرها التي تساهم في المقاومة الكمية، فإن العديد من الأصناف التقليدية كانت لديها مستويات جيدة من المقاومة الجزئية تجاه العشائر الحقلية من النيماتودا. وكمثال على ذلك، كان صنف الشوفان السويدي القديم "So1 II" (Sun II) لا تتكون على جذوره سوى ٢٥٪ فقط من عدد الحوصلات التي تتكون على جذور الصنف الإنجليزى الشديد القابلية للإصابة "Milford" (Cook and Mizen, 1991). ومن الممكن اختبار التراكيب الوراثية المستوردة، وأن يتم عزل التراكيب الوراثية شديدة القابلية للإصابة عن بقية الأصناف الشائع زراعتها، واستخدامها كأصناف مقارنة قياسية قابلة للإصابة. ويتبع ذلك، أن يكون من الصعب التحديد الدقيق للطرز الإمراضية اعتماداً على التداخلات بين التراكيب الوراثية غير المحددة والعشائر النيماتودية المجهولة. كما يتبع ذلك أيضاً أن يتم تقييم صفة الشراسة الإمراضية للعشائر المحلية من النيماتودا بواسطة أصناف محلية قابلة للإصابة، وإذا أمكن أيضاً بأصناف مقاومة للمقارنة، بالإضافة إلى الأصناف المفرقة المستوردة. وقد تكون هناك استثناءات لهذه الصورة المعقدة؛ كأن يكون للعشيرة النيماتودية المستجلبة تركيباً وراثياً محدود الشراسة الإمراضية على عائل ما ذي تركيب وراثي محدود المقاومة أيضاً، كما في حالة النيماتودا *H. avenae* ومحاصيل الحبوب في أستراليا. وأينما كنا في أي مكان من العالم، نجد أنه من الواضح أن كلاً من: صفة الشراسة الإمراضية الكاملة التي تمثل مشاكل كبيرة، والتداخلات الجزئية غير الكاملة التي تسبب مشاكل أيضاً في مخططات الطرز الإمراضية قد تدلان على ظاهرة تباين كبيرة في الزيجوت بالنسبة للتداخلات بين النيماتودا والنبات. وكل ذلك يتطلب استمرار الحذر من كل من علماء النيماتولوجى، ومربيي النباتات.

لم تتم تجربة الزراعة المستمرة للأصناف المقاومة من محاصيل الحبوب. ولكن على المدى البعيد، نجد أن زراعة صنف شعير يحتوي على الجين *Rha2* قد أدى إلى انتخاب طراز إمراضي شرس من النيماتودا *H. avenae* في الدنمارك، وكذلك من النوع القريب *H. filipjevi* في السويد. كما أدت زراعة أصناف الشوفان التي تحتوي على جين سائد للمقاومة في فرنسا إلى انتخاب طراز إمراضي شرس من النوع *H. avenae* (Lasserre *et al.* 1996).

الجدول رقم (٤،٤). مجموعات الطرز الإمراضية لنيماتودا حوصلات الحبوب التي تم تعريفها بناءً على اختبار العوائل المفرقة الدولي لأنواع وأصناف محاصيل الحبوب. (عن: Cook and Rivoal, 1998).

الأنواع المفرقة	مجموعة Ha1							مجموعة Ha2	مجموعة Ha3		
	Ha11	Ha21	Ha31	Ha41	Ha51	Ha61	Ha71	Ha12	Ha13	Ha23	Ha33
الصنف (جينات المقاومة)[أ] الشعير Barley:											
Varde	+[ب]	..	..	+	..	+	+	+	+	+	+
Emir [+ ex Emir]	+	+	..	+	..	−	+	+	+	+	+
Ortolan [*Rha1*]	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+
Morocco [*Rha3*, +]	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
Siri [*Rha2* + ex Herta]	−	−	−	+	+	+	−	−	+	+	+
KVL191 [*Rha2*, +]	−	−	−	..	+	+	+	−	..	..	..
Bajo Aragon	−	..	..	−	..	−	−	−	+	+	+
Herta	+	+	−	..	−	..	−	+	+	..	..
Martin 403 [2 dom]	−	..	..	−	..	−	−	−	−	+	+
Dalmatische	(−)	..	..	+	..	−	(+)	+	+	(−)	+
La Estanzuela	..	..	..	..	..	..	+	..	..	(−)	..
Harlan 43	−	..	..	..	..	..	−	−	..	−	+
الصنف (جينات المقاومة)[أ] الشوفان Oat:											
Nidar	+	..	..	(+)	..	+	−	+	+	+	+
Sol II [minor genes]	+	−	−	−	−	+	−	+	+	+	+
Pusa Hybrid BS1 [1 dom]	−	−	..	−	−	−	−	−	+	−	+
A. sterilis 1376 [1 to 3 dom]	−	−	..	−	−	−	−	−	−	−	−
Silva [> 1 gene]	(−)	..	..	−	..	(−)	−	(−)	(−)	(−)	+
IGV.H 72-646	−	..	..	−	..	−	−	−	+	+	+
القمح Wheat:											
Capa	+	+	..	+	..	+	+	+	+	+	+
AUS 10894 [*Cre1* +]	−	..	..	−	..	−	+	−	(−)	+	+
Loros [*Cre1* +]	−	−	..	−	..	(−)	−	−	(−)	+	+
Psathias	..	..	..	+	..	..	..	+	+	+	−
Iskamish K-2-light	+	..	..	−	..	(−)	..	+	+	+	+

[أ] جينات المقاومة = الجينات *Rha 1*، و*Rha 2*، و*Rha 3* تحدد ثلاث مجموعات من الطرز الإمراضية، dom = الجين السائد، + = جينات إضافية، +[ب] = قابل للإصابة، − = مقاوم (عدد الإناث = > ٥٪ من عددها على الصنف المقارن القابل للإصابة)، () = متوسط، .. = لا توجد ملاحظة.

نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* و *G. pallida*

Globodera rostochiensis and *G. pallida*, potato cyst nematodes (PCN)

شوهد هذان النوعان من النيماتودا والطرز الإمراضية المختلفة منهما على أصناف البطاطس الأوروبية التي تحتوي على جينات مقاومة R-genes، وكذلك على أصناف البطاطس المزروعة في جنوب أمريكا، وأيضاً على

الأنواع البرية من الجنس *Solanum*. وتختلف هذه العشائر المميزة من النيماتودا فيما بينها من حيث صفة الشراسة الإمراضية. وقد أمكن وضع هذه العشائر (الطرز) في مخطط للطرز الإمراضية يعتمد على فرضية الجينات المتناظرة Gene-for-gene hypothesis. وهناك مخططات أخرى منفصلة لكل من العشائر الأوروبية (Kort *et al.*, 1977)، والجنوب أمريكية (Canto Saenze Scurrah, 1977)، قد تم تطوير كل منها مستقلاً عن الآخر (الجدول رقم ٤,٥). ولكن التأثيرات البيئية على تكاثر نيماتودا حوصلات البطاطس، واستخدام بعض الأصناف المقاومة من البطاطس، وتطبيق نسب تكاثر النيماتودا الاعتباطية قد تؤدي كلها إلى إضعاف تلك المخططات (Trudgill, 1985). ويبدو أنه من الممكن وضع عشائر نيماتودا النوع *G. rostochiensis* في أوروبا في ثلاث مجموعات من الطرز الإمراضية، ولكن التغير الواضح في صفة الشراسة الإمراضية فيما بين العشائر الحقلية من نيماتودا النوع *G. pallida* قد يكفي تماماً لاعتبار هذه العشائر طرزاً إمراضية مختلفة فيما بينها بالنسبة لصفة الشراسة الإمراضية. وقد تغير هذه العشائر من صفة شراستها الإمراضية استجابة للضغط الانتخابي الذي يقع عليها بزراعة الأصناف المقاومة. وسوف تساعد التقنيات الجزيئية مثل: تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد (RFLP)، وتقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (RAPD) المرتبطة بجينات عدم الشراسة الإمراضية في الوصف الدقيق للعشائر النيماتودية في إطار التغيرات الوراثية العامة وبصفة خاصة أيضاً في إطار التراكيب الوراثية الشرسة إمراضياً.

أدت زراعة أصناف البطاطس التي تحمل في تركيبها الوراثي الجين *H1* المقاوم لنيماتودا حوصلات البطاطس *G. rostochiensis* إلى تغيرات في العشائر الأوروبية من نيماتودا حوصلات البطاطس *G. pallida*. وباستخدام أصناف البطاطس المقاومة للعشائر الأوروبية من نيماتودا حوصلات البطاطس، اتضح أن عشائر النوع *G. pallida* تتميز بقدر أكبر من الاختلافات في شراستها الإمراضية مقارنة بعشائر جنوب أمريكا.

تؤدي المقاومة الجزئية لنيماتودا النوع *G. pallida* في البطاطس إلى انتخاب طرز نيماتودية شرسة إمراضياً، ونظراً للثبات المحدود لهذه المقاومة (٧-١٠ محاصيل من البطاطس أو أجيال من النيماتودا)، يقوم مربي البطاطس دائماً بتعريف وإدخال مصادر جديدة للمقاومة. ويجب أن تكون طرق العمل مرنة عند اختبار المصادر أو التراكيب الوراثية ذات طبيعة النمو المختلفة عن البطاطس الدرنية، كما يجب جمع معلومات وفيرة حول التداخل بين النيماتودا والنبات لتوسيع قاعدة المعلومات الوراثية لصفة المقاومة.

الجدول رقم (٥ ,٤). التداخلات بين أصناف البطاطس التي تحمل جينات مقاومة وعشائر نيماتودا حوصلات البطاطس، التي تلخص نظم الطرز الإمراضية وتحويراتها. (عن: Cook and Rivoal, 1998).

النوع والتركيب الوراثي	التضاعف الكروموسومي	جينات المقاومة	*G. rostochiensis*					*G. pallida*							Globodera spp.
			Ro1		*Ro3*		*Ro5*					*Pa2/3*			مجموعات الشراسة الإمراضية
			Ro1	*Ro4*	*Ro2*	*Ro3*	*Ro5*	*Pa1*	–	–	–	*Pa2*	*Pa3*	–	الطراز الإمراضي الأوروبي
			R1A	*R1B*	*R2A*	*R3A*	-	*P1A*	*P1B*	*P2A*	*P3A*	*P4A*	*P5A*	*P6A*	الطرز الإمراضية بأمريكا الجنوبية
S. tuberosum ssp. *tuberosum*	4X	(ثانوية التأثير minor)	+/-[1]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S. t. ssp. *andigena* CPC 1673	4X	*H1* على الكروموسوم رقم ٥	-	-	+	+	+	+	..	..	..	+	+	..	
S. kurtzianum KTT 60.21.19	2X	K1 K2 A و B	-	(+)	-	(+)	(+)	+	+	+	-	+	+	+	
S. vernei GLKS 58.1642.4	2X	كمية التأثير Quantitative	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	
S. vernei VTn 62.33.3	2X	كمية التأثير Quantitative	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	
ex. *S. multidissectum* hybrid P55/7	2X	*H2* أكثر من ١ + جينات متعددة	+	+	+	+	+	-	-/+	-	-	+	+	+	
S. t. ssp. *andigena*	4X	H3 + جينات متعددة	+	..	..	..	..	(-)	..	..	..	(-)	(-)	..	
CIP 280090.10		كمية التأثير Quantitative	..	..	..	..	..	..	..	..	..	-	-	+	
S. vernei hybrid 69.1377/94	2X	جينات متعددة	-	-	-	-	-	-	..	..	..	-	-	..	
S. vernei hybrid 65.346/19	2X	جينات متعددة	-	-	-	-	-	+	..	..	..	+	+	..	
S. spegazzini	2X	*H1* = *Fa*	-	-	+	+	+	..	..	..	..	..	..	..	
S. spegazzini		*Fb* + جينان ثانويا التأثير	+	-	+	-	-	..	..	..	..	..	..	..	
		Gro1 على الكروموسوم رقم ٧	(-)	+	+	+	+	..	..	..	..	..	..	..	

[1] + تداخل متوافق: نيماتودا شرسة، وصنف بطاطس قابل للإصابة؛ – تداخل غير متوافق: نيماتودا غير شرسة، وصنف بطاطس مقاوم؛ () تداخل جزئي أو غير محدد؛ .. لا توجد معلومات.

أنواع أخرى Other species

تم تعريف وانتخاب الطرز الإمراضية لنيماتودا حوصلات بنجر السكر *H. schachti* باستخدام المصادر المقاومة من النباتات التي أصبحت متاحة حديثاً، مما يدل على وجود ظاهرة تباين الزيجوت فيما بين العشائر الأصلية لهذه النيماتودا. وقد تم انتخاب طرازين إمراضيين شرسين من نيماتودا حوصلات بنجر السكر من بعض العشائر الألمانية من هذه النيماتودا بعد ستة أجيال من الانتخاب على أصناف بنجر سكر تم إدخال صفة المقاومة إليها من أنواع نباتية قريبة (Muller, 1988b). وفي ولاية كاليفورنيا الأمريكية، تم انتخاب دلائل جينية في عشائر مختلفة من نيماتودا حوصلات بنجر السكر باستخدام محاصيل مختلفة في ردود أفعالها تجاه هذه العشائر، بما يثبت أيضاً ظاهرة تباين الزيجوت في هذه العشائر النيماتودية. ومثل هذا التغير في عشائر تحت النوع الواحد يجب أن يؤخذ في الحسبان عند إدارة مصادر المقاومة (Kaplan *et al.*, 1999). وقد لاحظ بلاورايت وآخرون Plowright *et al.* (1999) أن العشائر الحقلية من نيماتودا حوصلات قصب السكر *H. sacchari* تكون بضع حوصلات قليلة على التركيب الوراثي المقاوم من النبات *Oryza glaberrima*، وربما يعكس ذلك أيضاً ظاهرة تباين الزيجوت، بالرغم من أن هذه النيماتودا تتكاثر بكرياً Parthenogenetically.

الوراثة ومصادر المقاومة

Genetics and Sources of Resistance

نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines*

***Heterodera glycines*, soybean cyst nematode (SCN)**

وجدت صفة المقاومة في معظم المصادر الوراثية النباتية واستمرت فيها كصفة متنحية. وقد أدت ظاهرة تباين الزيجوت في كل من المصادر النباتية والعشائر النيماتودية إلى تعقيد عملية التفسير الوراثي. وقد عرّفت الخرائط الجزيئية عدداً من المواقع المعقدة التي تتجمع فيها جينات المقاومة ضمن التركيب الوراثي لفول الصويا. والنتيجة العملية لذلك هي أن هجن الجيل الأول F1 التي تنتج من التهجين بين نباتات مقاومة وأخرى قابلة للإصابة لا تظهر عليها مظاهر المقاومة. ولكي يمكننا تعريف النباتات المقاومة فمن الضروري حينئذ أن نقوم باختبار النسل الانعزالي في الجيل الثاني F2 أو الأجيال الناتجة من التهجينات الرجعية Backcrosses. شملت مصادر المقاومة التي استخدمت دوماً في الولايات المتحدة الأمريكية على مصادر من المجموعة العالمية الأمريكية US World Collection التي تحتوي على ١٦٠٠٠ مدخل نباتي. وقد أورد دونج وآخرون Dong *et al.* (1997) أصنافاً ومصادر للمقاومة أثبتت فعاليتها في الولايات المتحدة الأمريكية. ويوضح الجدول رقم (٤.٦) جينات المقاومة التي أخذت من المدخلات النباتية

Plant introductions (PI) التي استخدمت في تطوير أصناف ناجحة في أمريكا. وقد أصبحت أغلب جينات المقاومة (R-genes) المفيدة المتوفرة في نباتات فول الصويا *Glycine max* متاحة الآن. وسوف تسمح تقنيات الدلائل الجزيئية بتطوير توافيق جديدة من جينات المقاومة، وباستخدامها أيضاً في برامج التربية، الأمر الذى سيزيد كثيراً من عدد الجينات التي يمكن استخدامها، وسيضمن استمرار مساهمة صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا في برامج مكافحة هذه الآفة الرئيسية على محصول فول الصويا. وقد تكون الاختبارات المباشرة لصفة المقاومة مفيدة، بالرغم من أنها تتعرف فقط على الجينات المعروفة. ويبدو أنه من الممكن الحصول على مصادر جديدة للمقاومة من نباتات فول الصويا المعمرة *G. tomentella*، ومن أنواع أخرى أيضاً؛ مما يمثل ثروة يمكن اللجوء إليها في النباتات المعمرة البرية القريبة من فول الصويا المستزرع (Singh *et al*., 1998) ومنها يستطيع علماء الوراثة إدخال تلك الجينات المقاومة إلى نباتات مفيدة (Riggs *et al*., 1998).

الجدول رقم (٤,٦). تاريخ ظهور المصادر المقاومة لنيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines* (SCN) وأمثلة لاستخدامها في برامج التربية العامة بالولايات المتحدة الأمريكية.

مصدر المقاومة	الصنف أو التركيب		مقاوم للسلالات[أ]	المرجع
	الوراثي	سنة ظهوره		
PI548.402 (Peking)	Pickett	١٩٦٦م	١، ٣	Brim and Ross (1966)
PI88.788 and Peking	Bedford	١٩٧٧م	١، ٣، ٤[ب]	Hartwig and Epps (1978)
PI88.788	Fayette	١٩٨١م	٣، ٤[ب]	Bernard *et al*. (1988b)
PI90.763, Peking and PI88.788	Cordell	١٩٩٠م	٣، ٤، ٥	Hartwig and Young (1990)
PI209.332 and Peking	Delsoy 4710	١٩٩٢م	٣، ٤، ١٤	Anand (1992b)
PI209.332	LN89-5699	١٩٩٣م	٢، ٣، ٤، ١٤	Nickell *et al*. (1994b)
	Fairbault			Orf and MacDonald (1995)
PI473.654 and Peking	Hartwig	١٩٩٢م	١ — ٦، ٩، ١٤	Anand (1992a)
PI437.654 and PI88.788	Ina	١٩٩٧م	١ — ٣، ٥، ٩، ١٤	Nickell *et al*. (1999)
PI89.772	LN89-5717	١٩٩٣م	٢، ٣، ٤، ٥، ١٤	Nickell *et al*. (1994a)
PI548.316 (Cloud)	LN89-5612	١٩٩٣م	٣، ١٤	Nickell *et al*. (1994c)

[أ] مقاوم كليا أو جزئياً

[ب] قارن مع الجدول رقم (٤,٣)، حيث يعطي التطبيق الدقيق الصارم لعشرة بالمائة من النظام الصنف PI88.788 القابل للإصابة بالسلالة رقم ٤.

obeikandl.com

نيماتودا حوصلات الحبوب *Heterodera avenae* ومجموعة Avenae

***Heterodera avenae* and the *H. avenae* group, cereal cyst nematodes (CCN)**

تم إنجاز الكثير من العمل حول الجينات الرئيسية بسيطة التوارث، كما تم اختبار مصادر مقاومة ذات جينات رئيسة سائدة (الجدول رقم ٤,٧). ويبدو أن هناك العديد من جينات المقاومة في المجموعات النباتية المتاحة، وأن ما يوجد من هذه الجينات في نباتات القمح هو عبارة عن معقد لمواقع جينات المقاومة R-genes (Lagudah *et al.*, 1997). ويبدو كذلك أن النباتات المقاومة متعددة الأساس الكروموسومي كالشوفان والقمح التي تحتوي على جينات مقاومة رئيسية، تحتوي أيضاً على جينات مقاومة أخرى ثانوية، بدليل أن نقل الجينات الرئيسية فقط لم يوفر للنباتات البنوية مقاومة كاملة كتلك الموجودة في الآباء. وعلى عكس ذلك، نجد أن الجينات المفردة كانت دائماً فعالة في منح صفة المقاومة لنباتات الشعير ثنائية الأساس الكروموسومي.

وهناك بالفعل نقصٌ في مصادر المقاومة الفعالة في نباتات القمح، ولكن البحوث العلمية التي أجريت في كل من: أستراليا، وفرنسا، وإسبانيا قد أسفرت عن تعريف نباتات قريبة تتبع الجنس *Triticum* أيضاً، وتحتوي على جينات قيمة يمكن استغلالها في برامج تربية القمح. وقد أمكن إدخال تلك الجينات بواسطة طرق التهجين التقليدية والانتخاب إلى مصادر جديدة من القمح الصلب والطري الواسعة الانتشار. فمثلاً تعد صفة المقاومة في صنف القمح "Loros" المستمدة من نبات *Aegilops ventricosa* من الصفات المميزة، وقد سمي الجين الذي يحمل هذه الصفة بالجين *Cre2* أو *Ccn2* (Delibes *et al.*, 1993). أما صفة المقاومة في أصناف القمح التي تمت تربيتها في فرنسا، والمستمدة من نبات *A. ventricosa* أيضاً فقد سمي الجين المسؤول عنها بالجين *CreX*. ويقع هذا الجين على الكروموسوم المتشابه Homologous chromosome في المجموعة الثانية كالجين *Cre1*، والجينان *Cre3* و*Cre4* في نبات *T. tauschii* (= *A. squarrosa*).

تم استنساخ جينات المقاومة في نباتات القمح، ودراسة تتابعها الجزيئي، واستخدامها في برامج التربية في أستراليا. وقد استخدم الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لإدخال هذه الجينات (سواء كانت مفردة أو في مجموعات) إلى مصادر نباتية جديدة (Ogbonnaya *et al.*, 1998 ؛ Jeffries *et al.*, 1997). وهناك أدلة على أن جين المقاومة *Cre3* المستمد من نبات *Triticum tauschii* قد تم اكتشاف جين مثيل له في نباتات الشعير في الموقع الجيني الذي يحتوي على جينات المقاومة لنيماتودا حوصلات الحبوب (Seah *et al.*, 1998).

الجدول رقم (٤،٧). مصادر المقاومة واستخداماتها في برامج تربية أصناف حبوب مقاومة لنيماتودا حوصلات الحبوب (CCN) *Heterodera avenae* والأنواع الأخرى.

نوع محصول الحبوب	المصدر: الأصل	المصدر: جينات المقاومة	الاستخدام والأصناف	رد الفعل للطراز الإمراضي من النيماتودا[أ]
الشعير *Hordeum*	أصناف محلية بشمال أوروبا	*Rha1*	أصناف شمال أوروبا (١٩٠٠ – ١٩٦٠م)	مقاوم للطراز *Ha1*
	الصنف Emir	*Rha?*	قابل للإصابة في كثير من دول أوروبا	مقاوم للطراز Ha61 (النرويج، هولندا، الهند، سيبيريا)
	أصناف شمال إفريقيا	*Rha2*	أصناف دانمركية وسويدية وبريطانية	مقاوم للطرازين؛ *Ha1* و*Ha2*، وقابل للإصابة بالطراز *Ha3*
	مدخلات مغربية من شمال إفريقيا	*Rha3*	ليست بأصناف	مقاوم للطرز؛ *Ha1*، و*Ha2*، و*Ha3*
	الصنف "Galleon"	جين رئيسي	أستراليا	مقاوم للطراز *Ha13*
الشوفان *Avena*	الصنف "Sol II" من السويد	جينات ثانوية	أسكندنافيا	مقاوم جزئياً للعديد من الطرز
	الصنف "*A. sterilis* 1376"	١ – ٣ جينات رئيسية	بريطانيا	مقاوم لجميع طرز؛ *Ha1*، و*Ha2*، و*Ha3*، وهناك بعض الأصناف المنتجة قابلة للإصابة ببعض العشائر
	الصنف "US 1624 (CI3444)"	جين رئيسي	السويد، الدنمارك، بريطانيا	مقاوم للطرازين؛ *Ha1*، و*Ha2*، وقابل للإصابة بالطراز *Ha3*
	الصنف "Avon" وبعض الأصناف الأسترالية	؟	أستراليا	مقاوم في أستراليا (*Ha13*)، وقابل للإصابة بالطرازين؛ *Ha1*، و*Ha2*
القمح *Triticum*	الصنفان؛ "Loros"، و"AUS10894"	*Ccn1*	-	مقاوم للطرازين؛ *Ha1*، و*Ha2*، وقابل للإصابة بالطراز *Ha13* في أستراليا
	T. tauschii	*CcnD1*		مقاوم للطراز *Ha13*
		CcnD2		مقاوم جزئياً للطراز *Ha13*
	Ae.ventricosa	*Ccn2*		

[أ] انظر أيضاً الجدولين رقمي (٤،٥)، و(٤،٩).

obeikandl.com

نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* و *G. pallida*

Globodera rostochiensis and _G. pallida_, potato cyst nematodes (PCN)

تحتوي مصادر البطاطس المقاومة لنيماتودا حوصلات البطاطس على عدة جينات للمقاومة (الجدول رقم ٤،٨). وقد تم العمل في هذه الصفة بداية مع جين مفرد سائد يمنح مقاومة فعالة كاملة تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس *G. rostochiensis*. كما أمكن أيضاً إدخال جينات مقاومة رئيسية أخرى إلى بعض أصناف البطاطس. وتتوفر أيضاً صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس *G. pallida* في عدد من المصادر النباتية البرية والمستزرعة من الجنس *Solanum*، ولكن هذه الصفة نادراً ما كانت تبقى فعالة بعد التهجين.

الجدول رقم (٤،٨). مصادر المقاومة في نباتات الجنس *Solanum* لنيماتودا حوصلات البطاطس (PCN) *Globodera rostochiensis* و *G. pallida*، وأمثلة على استخدامها في برامج التربية الأوروبية، وبعض المصادر الأخرى للمقاومة. (Dale and de Scurrah, 1998 ؛Anad *et al*., 1998).

المصدر	جين المقاومة	الأصناف	مقاوم للطرز الإمراضية[1]	
			G. rostochiensis	*G. pallida*
S. tuberosum ssp. *andigena* CPC1673	*H1*	الصنف "Maris Piper" في بريطانيا ١٩٦٣م، والصنف "Saturna" في هولندا ١٩٦٤م، وأكثر من ٧٠ صنفاً أخرى	Ro1، وRo4	
S. tuberosum ssp. *andigena* CPC2802	*H3* polygenic جينات متعددة			(*Pa1*، و*Pa2/3*)
S. multidissectum	*H2*			*Pa1*
S. vernei	Oligogenic عدد قليل من الجينات	الصنف "Morag" في بريطانيا ١٩٨٥م، والصنف "Glenna" في هولندا ١٩٨٧م، وعدة أصناف في الدنمارك وهولندا وبريطانيا ١٩٩٧م		
S. brevicaule			طيف واسع من الطرز	
S. capsicibaccatum				*P4A*، و*P5A*
S. circaefolium				*Pa2*، و*Pa3*
S. gourlayi	جينات رئيسية ومقاومة كمية		طيف واسع من الطرز	*P4A*، و*P5A*
S. kurtzianum	جين رئيسي		طيف واسع من الطرز	
S. leptophytes				*P4A*، و*P5A*
S. megastacrolobum				
S. optocense			طيف واسع من الطرز	
S. santae-rosae				
S. sparsipilium				*P4A*، و*P5A*
S. spegazzinnii	جين رئيسي		طيف واسع من الطرز	
S. vernei	جينات رئيسية ومقاومة كمية		طيف واسع من الطرز	

[1] انظر أيضاً الجدولين رقمي (٤،٥)، و (٤،٩).

obeikandi.com

أنواع أخرى من نيماتودا الحوصلات Other cyst nematodes

تم نقل صفة المقاومة من أنواع البنجر البرية إلى أنواع بنجر السكر المستزرعة. ويبدو أن ذلك قد تم عن طريق نقل جين مفرد رئيسي يكتمل تأثيره بواسطة جين آخر أقل تأثيراً. وفي نفس الوقت، لم يمكن نقل جينات مقاومة أخرى توجد في الأنواع البرية إلى سلالات التربية. وقد تم استنساخ ودراسة تتابع هذا الجين الرئيسي الذي من الممكن أن يكون ذا فائدة كبيرة في منح صفة المقاومة تجاه النيماتودا في أصناف نباتية أخرى. وتتوارث صفة المقاومة أو التحمل تجاه نيماتودا حوصلات البنجر في أصناف البنجر بصفة عامة بطريقة مستقلة (Muller, 1998a). ولكن لا توجد أية معلومات متوفرة حول الخصائص الوراثية لصفة التحمل، كما لم تذكر أية طرق انتخاب خاصة بهذه الصفة. وجدت أيضاً صفة المقاومة الجيدة تجاه نيماتودا حوصلات قصب السكر *H. sacchari* في نباتات الأرز البرية *O. glaberrima*، ويبدو أن هذه الصفة صفة وصفية بسيطة. وقد تم نقل هذه الصفة وانتخابها في بعض الهجن بين النوعية مع نبات الأرز *O. sativa* (Plowright *et al.*, 1999).

اختبارات وتجميعات التراكيب الوراثية
Germplasm Tests and Collections

تتزايد باستمرار قاعدة بيانات البحوث العلمية حول الصفات الوراثية للمصادر النباتية في الشبكة العنكبوتية Internet. وبعض هذه النتائج كان يتعلق بصفة خاصة بالمقاومة تجاه النيماتودا، وبالتغير في رد فعل النباتات تجاه نيماتودا الحوصلات كما سيتم تناوله فيما بعد (الجدول رقم ٤،٩). وأحد مواقع البداية الجيدة في هذا المجال هو النظام الوطني للتراكيب الوراثية النباتية (NPGS) بوزارة الزراعة الأمريكية. وهذا المشروع التعاوني الذي يهدف إلى الحفاظ على التنوع الوراثي في النباتات يعد جزءًا من الشبكة المعلوماتية للمصادر النباتية (GRIN) التي تسمح بالوصول إلى البيانات العلمية. ويوفر هذا الموقع الألكتروني روابط مع العديد من المواقع الأخرى ذات العلاقة التي تشمل هيئات وطنية ودولية. وقد لا تحتوي أغلب هذه المواقع على معلومات حول رد فعل النباتات للإصابة بالنيماتودا، لكنها قد تعطي مدى محدوداً من التغيرات والمعارف التي تم اكتسابها في اختبارات التقييم. ومن نقاط البداية المفيدة أيضاً في هذا المجال هو الموقع: http://www.cgiar.org/ecpgr. وتوجد في هذا الموقع روابط تحتوي على معلومات حول تقييم صفة المقاومة تجاه النيماتودا، وكذلك حول المجموعات النباتية التي يمكن استخدامها في برامج التربية. ويجب ملاحظة أن نتائج اختبارات التقييم الموجودة في تلك المواقع هي نتائج أولية، وخاصة في حالة التراكيب الوراثية التي تم تقييمها في مناطق جغرافية مختلفة.

الجدول رقم (٤,٩). عناوين المواقع الألكترونية التي تتناول المصادر الوراثية النباتية ذات الصلة بصفة المقاومة لنيماتودا الحوصلات.

شبكة معلومات مصادر التراكيب الوراثية النباتية (GRIN)

خدمات البحوث الزراعية – وزارة الزراعة الأمريكية

الهيئة الوطنية للتراكيب الوراثية النباتية، وروابط مع مجمعات التراكيب الوراثية النباتية الأمريكية والدولية
http://www.ars-grin-gov/npgs

نيماتودا حوصلات فول الصويا

مواقع الولايات الأمريكية، قائمة بنتائج اختبارات تقييم الأصناف تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا
http://www.ag.uiuc/~wardt/cover.htm

نيماتودا حوصلات الحبوب

البنك الوراثي السويدي (Nordic genebank)، المحافظة على المصادر وتوزيعها

العوائل (الأصناف) المفرقة
http://www.ngb.se/cereal

نيماتودا حوصلات البطاطس

المركز الدولي للبطاطس (CIP)
http://www.cgiar.org/cip

مركز الكومنولث لجمع مصادر البطاطس
http://scri.sari.ac.uk/cpc

المركز الألماني الهولندي لجمع مصادر البطاطس
http://www.cprodlo.nl/cgn

نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines*

***Heterodera glycines*, soybean cyst nematode (SCN)**

أوردت قاعدة بيانات NPGS قوائم بردود أفعال نباتات فول الصويا تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines* (SCN)، وذلك في مجموعة التراكيب الوراثية لفول الصويا الخاصة بوزارة الزراعة الأمريكية. وقد استمدت جميع الأصناف المقاومة التي تم تطويرها بواسطة المعاهد الأمريكية المتخصصة مقاومتها من واحد أو أكثر من ستة تراكيب وراثية نباتية فقط (الجدولان رقما ٤,٦ و٤,٩ ؛ Bernard *et al.*, 1988a ؛ Dong *et al.*, 1997). وقد أوضح دونج وأوبرمان Dong and Opperman (1997) من خلال تفسيرهما لظاهرة عشائر نيماتودا حوصلات فول الصويا التي تحتوي على جينات القدرة على التكاثر على العوائل النباتية المقاومة *ror* genes أن التداخلات الجينية (جين مقابل جين) Gene for gene interactions تنطبق تماماً على نظام فول الصويا/نيماتودا حوصلات فول الصويا، الذي يتضمن أليلات مقاومة سائدة R-genes في النباتات المقاومة، وأليلات متنحية *ror* alleles خاصة بالقدرة على التكاثر على العائل المقاوم في النيماتودا الشرسة إمراضياً. ويتبع ذلك، أن ردود الأفعال المتوسطة التي تمت مشاهدتها في بعض الحالات من التداخل بين العائل والنيماتودا هي في الأصل قد نتجت كتعبير عن تباين

الزيجوت Heterogeneity في كل من النبات والنيماتودا. وقد يُخفي ذلك جينات مفيدة موجودة بالفعل في النبات، ولكن طرق الانتخاب بواسطة الدلائل الجزيئية قد تكون قادرة على الكشف عن هذه الجينات.

يتم تسجيل أصناف وزارة الزراعة الأمريكية دائماً في جمعية علوم المحاصيل الأمريكية. وهناك أيضاً قوائم بالأصناف المقاومة في عدد من صفحات الشبكة العنكبوتية، وتحتوي بعض هذه الصفحات أيضاً على روابط لصفحات أخرى تشمل طرق العمل والتقنيات المستخدمة. وفي بعض الولايات الأمريكية، هناك أيضاً صفحات على الشبكة العنكبوتية تتضمن معلومات عن أصناف فول الصويا المقاومة، كما تتضمن أيضاً روابط لصفحات أخرى لمصادر مقاومة من فول الصويا (الجدول رقم ٤,٩).

نيماتودا حوصلات الحبوب *Heterodera avenae* ومجموعة Avenae

***Heterodera avenae* and the *H. avenae* group, cereal cyst nematodes (CCN)**

تعطي بعض القوائم الأوربية للأصناف المسجلة تفصيلات حول أصناف محاصيل الحبوب المقاومة لنيماتودا حوصلات الحبوب. وقد أورد ريفوال وكوك Rivoal and Cook (1998) تراكيباً وراثية مقاومة لبعض الطرز الإمراضية والأنواع النيماتودية التي تتبع مجموعة Avenae مع التفاصيل الخاصة بالمكافحة الوراثية وما يتعلق بها في حالة توافرها (الجدولان رقما ٤,٧ ، و٤,٩).

تمت المقارنة بين أصناف الشعير المسجلة الشائع زراعتها التي تحمل صفة المقاومة (Wheeler, 1998) وتلك التي تتصف بصفات جيدة للتحمل مع أصناف الشوفان في أستراليا. وهناك أيضاً مصادر إضافية للمقاومة في جنس القمح *Triticum* تجاه عدد كبير من أنواع نيماتودا حوصلات الحبوب (Nicol, 2001). والهدف من استخدام التتابعات الجينية Gene sequences في اختبار التراكيب الوراثية مباشرة هو تعريف جينات أخرى للمقاومة. وقد استخدم تتابع الجين *Cre3* الموجود في بعض أصناف القمح لاكتشاف جينات المقاومة المماثلة على كروموسومات القمح (Spielmeyer *et al.*, 1998). وسوف يسمح تطوير هذا الهدف باختبار مباشر للجينات وتتابعاتها التي تحكم عملية المقاومة للنيماتودا. وتشمل أصناف القمح المقاومة كلاً من ؛ "Festiguay" غير معروف الأبوين، و"Molineux" وأصناف أخرى مستحدثة من قمح الخبز تحتوي على أليلات من الصنفين ؛ "Loros"، و"AUS 10894".

أوضحت الدراسات أن أصناف الشوفان الأسترالية المقاومة لنيماتودا حوصلات الحبوب كانت قابلة للإصابة في بريطانيا (Cook and York, 1988). أما أغلب أصناف الشيلم rye فهي مقاومة بشكل عام، في حين أن أصناف التريتكال Triticales يوجد منها ماهو مقاوم، ومنها ما يشبه في مقاومته تلك المقاومة الكمية الموجودة في الشيلم، ومنها مايحتوي على جينات سائدة للمقاومة كتلك التي توجد في القمح (Cook and York, 1998).

تحتوي المجموعة العالمية لوزارة الزراعة الأمريكية من الحبوب الصغيرة وكذلك المركز الدولي لتطوير الذرة والقمح CIMMYT على العديد من أصناف الحبوب، ولكن هذه الأصناف لم يتم اختبارها جميعها تجاه العزلات المختلفة من نيماتودا حوصلات الحبوب. أما البنك الوراثي بشمال أوروبا Nordiska Genbanken في السويد فقد أورد قائمة بمحاصيل حبوب مقاومة لنيماتودا حوصلات الحبوب، كما يقوم هذا البنك أيضاً بالمحافظة على الأصناف الدولية المفرقة التي تستخدم في تعريف عشائر نيماتودا حوصلات الحبوب على مستوى العالم.

تحتوي الأصناف القديمة (الآباء) من محاصيل الحبوب على سلالات محلية قديمة مثل الصنف Sol II الذي قد يكون مقاوماً أيضاً لعشائر نيماتودية تم جلبها من خارج منطقة نشأتها. وعلى سبيل المثال، نجد أن المصادر الأسكندنافية والشمال غرب أوروبية، على الرغم من أنها حالياً قابلة للإصابة بالعشائر الموجودة في منطقة نشأتها، إلا أنها مقاومة للعشائر في فرنسا والهند وأستراليا.

نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* و *G. pallida*

Globodera rostochiensis **and *G. pallida*, potato cyst nematodes (PCN)**

تم اختبار مقاومة عدة مجموعات نباتية هامة تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس (الجدولان رقما ٤،٥ و٤،٩). وقد شملت تلك المجموعات أصنافاً محصولية وعدة أنواع قريبة منها، وذلك في مركز الكومنولث لجمع مصادر البطاطس Commonwealth Potato Collection والمركز الدولي للبطاطس Centro International de la Papa (CIP): www.cgiar.org/cip. هناك أيضاً قوائم محلية لأصناف البطاطس ومن بينها المركز الألماني – الهولندي لجمع مصادر البطاطس Dutch-German Potato Collection قد تم اختبار أصنافها في كل من: هولندا، وألمانيا، وفرنسا تجاه الطرز الإمراضية *Ro1*، و*Ro2*، و*Ro3*، و*Ro5*، *Pa1*، و*Pa2*، و*Pa3*، و (*Ro5 + Ro4 + Ro3 + Ro2 + Ro1*) مختلطة. هناك أيضاً مجموعات من التراكيب الوراثية للبطاطس يمكن الاطلاع عليها من خلال روابط لمواقع مركز الكومنولث لجمع مصادر البطاطس (CPC) ومجموعة البطاطس الألمانية–الهولندية. وهناك أيضاً اختلافات لها اعتبارها في الأنواع البرية للجنس *Solanum* (الجدول رقم ٤،٨).

نيماتودا حوصلات التبغ *Globodera tabacum*

***Globodera tabacum*, tobacco cyst nematodes**

أورد كل من لامونديا La Mondia (1988)، وجونسون Johnson (1990) قائمة بأصناف التبغ المقاومة لنيماتودا حوصلات التبغ *G. tabacum*، كما تم اختبار مقاومة ٢٤ تركيباً وراثياً لتلك النيماتودا في اختبارات أصص تحتوي على تربة معقمة تم تلويثها ببيض النيماتودا، وقد وجد أن تسعة من هذه التراكيب كانت جيدة المقاومة

obeikandl.com

(Herrero *et al.*, 1996). وقد اشتملت التراكيب الوراثية المقاومة لعشيرة نيماتودا حوصلات التبغ من شمال كارولينا كل من الأصناف؛ "Burley 21"، و"PD 4"، و"VA 81"، و"VC 567"، و"Speight G-80"، و"Kutsaga Mammoth 101"، و"Kutsaga 110"، وسلالتين من التبغ لازالتا تحت التربية. وقد قام هيز وآخرون .Hayes *et al* (1997) باختبارات مماثلة باستخدام عشيرة نيماتودية من ولاية فرجينيا الأمريكية، ولكنهم قاموا بصبغ عينات من جذور النباتات بعد ثمانية أسابيع من العدوى لشتلات عمرها ستة أسابيع. وقد اشتملت التراكيب الوراثية الأكثر مقاومة كل من؛ "TI 1597"، و"TI 1625"، و"Burley 64"، و"MD 40"، و"Pennbell 69"، و"Kutsaga Mammoth 10".

نيماتودا حوصلات الحمص *Heterodera ciceri*

***Heterodera ciceri*, chickpea cyst nematode**

تم تقييم مقاومة أصناف من الحمص *Cicer arietinum* وبعض الأنواع القريبة منه لنيماتودا حوصلات الحمص *H. ciceri* تحت ظروف البيت الزجاجي، حيث تمت تربية النباتات في أصص تم تلويث تربتها بمعدل ٢٠ بيضة/جم تربة. تم تقييم مقاومة النباتات باستخدام مقياس صفر - ٥ يعتمد على عدد الحوصلات والإناث البيضاء لنيماتودا الجيل الأول التي تكونت على جذور النباتات. وقد أوضحت النتائج وجود بعض السلالات المقاومة التي تنتمي إلى ثلاثة أنواع ليس من بينها النوع *C. arietinum*. وقد تكون صفة المقاومة التي وجدت في سلالة تتبع النوع *C. reticulatum* هي السلالة "ILWC 292" مفيدة إذا تم تهجين هذه السلالة مع أصناف الحمص المزروعة (Singh *et al.*, 1996)، وتتم المحافظة على هذه السلالة وغيرها في المركز الدولي للزراعة في المناطق القاحلة (إيكاردا ICARDA) في مدينة حلب بسورية.

نيماتودا حوصلات الأرز *Heterodera sacchari*

***Heterodera sacchari*, rice cyst nematode**

وجدت مصادر هامة للمقاومة تجاه هذه النيماتودا في أصناف الأرز الإفريقي *Oryza glaberrima* في غرب إفريقيا، وكذلك في بعض التهجينات مع الأرز المزروع *O. sativa* (Plowright *et al.*, 1999). وقد وجد أن ١٥ من أصل ٢١ صنفاً من الأرز *O. glaberrima*، وسبعة من أصل تسعة أصناف من الأرز البري *O. breviligulata* كانت مقاومة لنيماتودا حوصلات الأرز *H. sacchari* (Reversat and Destombes, 1998). ومن الجدير ذكره، أن جميع مصادر المقاومة تجاه هذه النيماتودا كانت ذات منشأ إفريقي.

obeikandl.com

نيماتودا حوصلات البرسيم *Heterodera trifolii*

Heterodera trifolii, clover cyst nematode

وجدت صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات البرسيم *H. trifolii* في بعض التراكيب الوراثية من البرسيم الأبيض في بريطانيا ونيوزيلاندة، وقد تم انتخاب النباتات المقاومة بناءً على عدد الإناث النيماتودية/نبات، أو عدد الإناث النيماتودية/جم جذور في نيوزيلاندة. وقد تم بالفعل تطوير التراكيب الوراثية التي وجدت مقاومة في نيوزيلاندة، وقد أثبتت هذه التراكيب فعاليتها في مكافحة النيماتودا على المدى الطويل في التجارب الحقلية. كما ازدادت نسب النباتات المقاومة عقب الانتخابات المتكررة التي أجريت في الأجيال المتعاقبة من البرسيم، وأثبتت هذه النباتات فعاليتها تجاه عشائر نيماتودية من شمال وجنوب نيوزيلاندة (Mercer *et al.*, 1999). وتوجد صفة المقاومة ضد هذه النيماتودا أيضاً في الأنواع قريبة الصلة، وخاصة النوع *Trifolium nigrescens*، ويمكن نقل هذه الصفة عن طريق التهجين بين الأنواع Interspecific hybridization إلى صنف البرسيم المزروع *T. repens* (Hussain *et al.*, 1997).

المراجع

References

Anand, S.C. (1992a) Registration of 'Hartwig' soybean. *Crop Science* 32, 1069-1070.

Anand, S.C. (1992b) Registration of 'Delsoy 4710' soybean. *Crop Science* 32, 1294.

Anand, S.C., Cook, R. and Dale, M.F.B. (1998) Development of varieties resistant and tolerant to cyst nematodes. In: Sharma, S.B. (ed.) *The Cyst Forming Nematodes*. Kluwer Academic, Dordrech, The Netherlands, pp. 293-321.

Andersen, K. and Anderesn, S. (1982a) Classification of plants resistance to *Heterodera avenae*. *EPPO Bulletin* 12, 435-437.

Andersen, S. and Anderesn, K. (1982b) Suggestions for determination and terminology of pathotypes and genes for resistance to cyst-forming nematodes, especially *Heterodera avenae*. *EPPO Bulletin* 12, 379-386.

Atkinson, H.J., Urwin, P.E., Clarke, M.C. and McPherson, M.J. (1996) Image analysis of the growth of *Globodera pallida* and *Meloidogyne incognita* on transgenic tomato roots expressing cystatins. *Journal of Nematology* 28, 209-215.

Bernard, R.L., Juvik, G.A., Hartwig, E.H. and Calton, J.E., Jr. (1988a) *Origins and Pedigrees of Public Soybean Varieties in the United States and Canada*. United States Department of Agriculture Technical Bulletin No. 1746, 69 pp.

Bernard, R.L., Noel, G.R., Anand, S.C. and Shannon, J.G. (1988b) Registration of 'Fayette' soybean. *Crop Science* 28, 1028.

Brim, C.A. and Ross, J.P. (1966) Registration of 'Pickett' soybean. *Crop Science* 6, 305.

Canto-Saenz, M. and de Scurrah, M.M. (1977) Races of the potato cyst nematode in the Andean region and a new system of classification. *Nematologica* 23, 340-349.

Cook, R. and Mizen, K.A. (1991) Expression of resistance in oats (*Avena* spp.) and some other cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*). *Helminthologia* 28, 145-150.

Cook, R. and Rivoal, R. (1998) Genetics of resistance and parasitism. In: Sharma, S.B. (ed.) *The Cyst Forming Nematodes*. Kluwer Academic, Dordrech, The Netherlands, pp.322-352.

Cook, R., and York, P.A. (1987) Variation of Triticales in reaction to cereal cyst nematode. *Annals of Applied Biology 110, Tests of Agrochemicals and Cultivars* No. 8, 158-159.

Cook, R., and York, P.A. (1988) Reaction of some European and Australian oat cultivars to cereal cyst nematode. *Annals of Applied Biology 112*, *Tests of Agrochemicals and Cultivars* No. 9, 84-85.

obeikandi.com

Cregan, P.B. and Quigley, C.V. (1997) Simple sequences repeat DNA marker analysis. In: Caetano-Anolles, G. and Gresshojj, P.M. (eds) *DNA Markers: Protocols, Applications and Overviews*. John, Wiley & Sons, New York, pp. 173-185.

Dale, M.F.B. and de Scurrah, M.M. (1998) Breeding for resistance to the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*: strategies, mechanisms and genetic resources. In: Marks, R.J. and Brodie, B.B. (eds) *Potato Cyst Nematodes: Biology, Distribution and Control*. CAB International, Wallingford, UK, pp.167-196.

Delibes, A., Romero, D., Aguaded, S., Duce, A., Mena, M., Lopez-Braña, I., Andres, M.F., Martin-Sanchez, J.A and Garcia-Olmedo, F. (1993) Resistance to cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll.) transferred from the wild grass *Aegilops ventricosa* to hexaploid wheat by a 'stepping-stone' procedure. *Theoretical and Applied Genetics* 87, 402-408.

Dong, K. and Opperman, C.H. (1997) Genetic analysis of parasitism in the soybean cyst nematode *Heterodera glycines*. *Genetics* 146, 1131-1318.

Dong, K., Barker, K.R. and Opperman, C.H. (1997) Genetic of soybean *Heterodera glycines* interactions. *Journal of Nematology* 29, 509-522.

Eastwood, R.F., Lagudah, E.S. and Appels, R. (1994) A direct search for DNA sequences tightly linked to cereal cyst nematode resistance genes in *Triticum tauschii*. *Genome* 37, 311-319.

Eisenback, J.D. and Zunke, U. (1998) Extraction, culturing and microscopy. In: Sharma, S.B. (ed.) *The Cyst Nematodes*. Kluwer Academic, Dordrech, The Netherlands, pp.141-155.

Epps, J.M. and Hartwig, E.E. (1972) Reaction of soybean varieties and strains to race 4 of the soybean cyst nematode. *Journal of Nematology* 4, 222.

Fisher, J.M. (1982) Towards a consistent laboratory assay for resistance to *Heterodera avenae*. *EPPO Bulletin* 12, 445-449.

Fleming, C.C. (1998) The evaluation and durability of potato cyst nematode resistance in the potato. In: Marks, R.J. and Brodie, B.B. (eds) *Potato Cyst Nematodes: Biology, Distribution and Control*. CAB International, Wallingford, UK, pp.197-208.

Golden, A.M., Epps, J.M., Rigss, R.D., Duclos, L.A., Fox, J.A. and Bernand, R.L. (1970) Terminology and identity of infraspecific forms of the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*. *Plant Disease Reporter* 54, 544-546.

Hartwig, E.E. and Epps, J.M. (1978) Registration of 'Bedford' soybeans. *Crop Science* 30, 231.

Hartwig, E.E. and Young, L.D. (1990) Registration of 'Cordell' soybeans. *Crop Science* 30, 231.

Hayes, A.J., Wilkinson, C.A. and Johnson, C.S. (1997) Evaluation of tobacco accessions for resistance to tobacco cyst nematodes and wildfire. *Crop Science* 37, 586-591.

Herrero, S., Rufty, R. and Barker, K.R. (1996) Evaluation of tobacco germplasm for resistance to tobacco cyst nematode, *Globodera tabacum solanacearum*. *Plant Disease* 80, 61-65.

Hussain, S.W., Williams, W.M., Mercer, C.F. and White, D.W.R. (1997) Transfer of clover cyst nematode resistance from *Trifolium nigrescens* Viv, to *T. repens* L. by interspecific hybridisation. *Theoretical and Applied Genetics* 95, 1274-1281.

Hussey, R. S. and Boerma, H. R. (1992) Tolerance in soybean. In: Riggs, R.D. and Wrather, J.A. (eds) *Biology and Management of the Soybean Cyst Nematode*. APS Press, St Paul, Minnesota, pp. 169-182.

Ireholm, A. (1994) Characterization of pathotypes of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp. in Sweden. *Nematologica* 40, 399-411.

Jeffries, S.P., Barr, A.R., Langridge, P., Chalmers, K.J., Kretschmer, P.G. and Karakousis, A. (1997) Practical application of molecular markers in barley breeding. In: *Proceedings of the 8th Australian Barley Technical Symposium*, Queensland, September 1997.

Johnson, C.S. (1990) Control of *Globodera tabacum solanacearum* by rotating susceptible and resistant flue-cured tobacco cultivars. *Journal of Nematology* 22, 700-706.

Kaplan, M., Caswell Chen, E.P. and Williamson, V.M. (1999) Assessment of host-induced selection on three geographic isolates of *Heterodera schachtii*. *Phytopathology* 89, 68-73.

Kim, D.G., Riggs, R.D. and Mauromoustakos, A. (1998) Variation in resistance of soybean lines to races of *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology* 30, 184-191.

Kort, J., Ross, H., Rumpenhorst, H.J. and Stone, A.R. (1977) An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* 23, 333-339.

Lagudah, E.S., Moullet, O. and Apples, R. (1997) Map-based cloning of a gene sequences encoding a nucleotide binding domain and a leucine rich region at the *Cre3* nematode resistance locus of wheat. *Genome* 40, 659-665.

LaMondia, J.A. (1988) Tobacco resistance to *Globodera tabacum*. *Journal of Nematology* 2, 77-80.

Lasserre, F., Gigault, F., Gauthier, J.P., Henry, J.P., Sandmeier, M. and Rivoal, R. (1996) Genetic variation in natural populations of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll.) submitted to resistance and susceptible cultivars of cereals. *Theoretical and Applied Genetics* 93, 1-8.

Mather, K. (1951) *The Measurement of Linkage in Heredity*, 2nd ed. Methuen, London, 149 pp.

McKay, A. (1998) Rapid test for resistance to cereal cyst nematode in cereal breeders lines. URL: www.sardi.sa.gov.au/crops.

McKenzie, M.M. and Turner, S.J. (1987). Assessing reproduction of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) on potato cultivars for National Listing. *EPPO Bulletin* 17, 345-357.

Mercer, C.F., Van den Bosch, J. and Miller, K.J. (1999) Effectiveness of recurrent selection of white clover (*Trifolium repens*) for resistance to New Zealand populations of clover cyst nematode (*Heterodera trifolii*). *Nematology* 1, 449-455.

Mugniery, D. (1983) A method for screening potatoes for resistance to *Globodera* spp. under laboratory conditions. In: Hooker, W.J. (ed.) *Research for the Potato in the Year 2000*. International Potato Center (CIP), Lima, Peru, pp.137-138.

Muller, J. (1998a) Resistance and tolerance to beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii*) in sugar beet cultivars. *Zuckerindustrie* 123, 688-693.

Muller, J. (1998b) New pathotypes of beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii*) differentiated on alien genes for resistance in beet (*Beta vulgaris*). *Fundamental and Applied Nematology* 21, 519-526.

Niblack, , T.L., Rigss, R.D., Arelli, P.R., Noel, G.R., Opperman, C.H., Orf, J.H., Schmitt, D.P., Shannon, J.G. and Tylka, G.L. (2001) A revised classification scheme for genetically diverse populations of *Heterodera glycines*. *Phytopathology* 91, S139.

Nickell, C.D., Noel, G.R., Bernard, R.L., Thomas, D.J. and Frey, K. (1994a) Registration of soybean germplasm line ′LN89-5717′ resistance to soybean cyst nematode. *Crop Science* 34, 1133.

Nickell, C.D., Noel, G.R., Bernard, R.L., Thomas, D.J. and Pracht, J. (1994b) Registration of soybean germplasm line′LN89-5699′ resistance to soybean cyst nematode. *Crop Science* 34, 1134-1135.

Nickell, C.D., Noel, G.R., Bernard, R.L., Thomas, D.J. and Frey, K. (1994c) Registration of soybean germplasm line ′LN89-5612′ moderately resistance to soybean cyst nematode. *Crop Science* 34, 1134.

Nickell, C.D., Noel, G.R., Cary, T.R., Thomas, D.J. and Leitz, R.A. (1999) Registration of □Ina□ soybean. *Crop Science* 39, 1533.

Nicol, J.M. (2001) Important nematode pests of cereals. In: Curtis, B.C. (ed.) *Wheat Production and Improvement*. FAO Plant Production and Protection, FAO, Rome.

Noel, G.R., Franco, J. and Jatala, P. (1990) Screening for resistance to cyst nematodes, *Globodera* and *Heterodera* species. In: Starr, J. (ed.) *Methods for Evaluation of Plant Species for Resistance to Plant-Parasitic Nematodes*. Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland, pp.24-32.

Ogbonnaya, F.C., Moullet, O., Eastwood, R.F., Kollmorgen, J., Eagles, H., Apples, R. and Lagudah, E.S. (1998) The use of molecular markers to pyramid cereal cyst nematode resistance genes in wheat. In: Slinkard, A.E. (ed.) *Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium*, pp. 138-139.

Opperman, C.H. and Bird, D.M. (1998) The soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*: a genetic model system for the study of plant-parasitic nematodes. *Current Opinion in Plant Biology* 1, 342-346.

Orf, J.H. and MacDonald, D.H. (1995) Registration of ′Fairbault′ soybean. *Crop Science* 35, 1227.

Phillips, M.S. and Trudgill, D.H. (1998) Variation of virulence, in terms of quantitative reproduction of *Globodera pallida* populations, from Europe and South America, in relation to resistance from *Solanum vernei* and *S. tuberosum* spp. *andigena* CPC 2802. *Nematologica* 44, 409-423.

Phillips, M.S., Forrest, J.M.S. and Wilson, L.A. (1980) Screening for resistance to the potato cyst nematode using closed containers. *Annals of Applied Biology* 96, 317-322.

Plowright, R.A., Coyne, D.L., Nash, P. and Jones, M.P. (1999) Resistance to the rice nematodes *Heterodera sacchari*, *Meloidogyne graminicola* and *M. incognita* in *Oryza glaberrima* and *O. glaberrima* x *O. sativa* hybrids. *Nematology* 1, 745-751.

Reversat, G. and Destombes, D. (1998) Screening for resistance to *Heterodera sacchari* in the two cultivated rice species, *Oryza sativa* and *O. glaberrima*. *Fundamental and Applied Nematology* 21, 307-317.

Obeikandl.com

Riggs, R. D. and Schmitt, D. P. (1988) Complete characterization of the race scheme for *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology* 20, 392-395.

Riggs, R. D., Wang, S., Singh, R.J. and Hymowitz, T. (1998) Possible transfer of resistance to *Heterodera glycines* from *Glycine tomentella* to *Glycin max*. *Journal of Nematology* 30, 547-552.

Rivoal, R. and Cook, R. (1993) Nematode pests of cereals. In: Evans, K., Trudgill, D.L. and Webster, J.M. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 259-303.

Rivoal, R., Lasserre, F., Hulle, M. and Doussinault, G. (1991) Evaluation de la resistance et de la tolerance a *Heterodera avenae* chex le ble par tests miniatutises. *Mededelingen van den Faculteti Landbouwwettenschappen* 56, 1281-1292.

Ross, J.P. and Brim, C.A. (1957) Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as determined by a double row method. *Plant Disease Reporter* 41, 923-924.

Rouppe van der Voort, J.N.A.M. (1998) Mapping genetic factors controlling potato/cyst nematode interactions. Ph. D. Thesis, Landbouwuniversiteit te Wageningen, The Netherlands. 135 pp.

Rouppe van der Voort, J.N.A.M., Wolters, P., Folkertsma, R. Hutten, R., Van Zandvoort, P., Vinke, H., Kanyuka, K., Bendahmane, A., Jacobsen, E. and Bakker, J. (1997) Mapping of cyst nematode resistance locus *Gpa2* in potato using a strategy based on comigrating AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics* 95, 874-880.

Rouppe van der Voort, J.N.A.M., Lindeman, W., Folkertsma, R. Hutten, R., Overmars, H., Van der Vossen, Jacobsen, E. and Bakker, J. (1998) A QTL for broad-spectrum resistance to cyst nematode species (*Globodera* spp.) maps to a resistance gene cluster in potato. *Theoretical and Applied Genetics* 96, 654-661.

Rousselle-Bourgeois, F. and Mugniery, D. (1995) Screening tuber bearing *Solanum* spp. for resistance to *Globodera rostochiensis* Ro1 Woll. and *G. pallidaa* Pa2/3 Stone. *Potato Research* 38, 241-249.

Schmitt, D.P. and Shannon, G. (1992) Differentiating soybean responses to *Heterodera glycines* races. *Crop Science* 32, 275-277.

Seah, S., Sivasithamparam, K., Karakousis, A. and Lagudah, E.S. (1998) Cloning and characterization of a family of disease resistance gene analoges from wheat and barley. *Theoretical and Applied Genetics* 97, 937-945.

Sharma, S.B. (1998) *The Cyst Nematodes*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 452.

Sikora, E.J. and Noel, G.R. (1996) Hatch and emergence of *Heterodera glycines* in root leachate from resistance and susceptible soybean cultivars. *Journal of Nematology* 28, 501-509.

Singh, K.B., DiVito, M., Greco, N. and Saxena, M.C. (1996) Registration of ILWC 292, a chickpea cyst nematode resistant germplasm of *Cicer reticulatum* Ladiz. *Crop Science* 36, 1421-1422.

Singh, R.J., Kolliara, K.P. and Hymowitz, T. (1998) Monosomic alien addition lines derived from *Glycine max* (L) Merr and *G. tomentella* Hayata: production characteristics and breeding behavior. *Crop Science* 38, 1483-1489.

Spielmeyer, W., Robertson, M., Collins, N., Leister, D., SchulzeLefert, P., Seah, S., Moullet, O. and Lagudah, E.S. (1998) A superfamily of disease resistance gene analogs is located on all homologous chromosome groups of wheat (*Triticum aestivum*). *Genome* 41, 782-788.

Subbotin, S.A., Waeyenberge, L. and Moens, M. (2000a) Identification of cyst forming nematodes of the genus *Heterodera* (Nematoda: Heteroderidae) based on the ribosomal DNA-RFLP. *Nematology* 2, 153-164.

Subbotin, S.A., Waeyenberge, L., Molokanova, I.A. and Moens, M. (2000b) Identification of *Heterodera avenae* group species by morphometrics and rDNA-RFLPs. *Nematology* 1, 195-207.

Taylor, C., Shepherd, K.W. and Langridge, P. (1998) A molecular genetic map of the long arm of chromosome 6R of rye incorporating the cereal cyst nematode resistance gene *CreR*. *Theoretical and Applied Genetics* 97, 1000-1012.

Trudgill, D.L. (1985) Potato cyst nematodes: a critical review of the current pathotype scheme. *EPPO Bulletin* 15, 273-279.

Trudgill, D.L. (1991) Resistance and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annual Review of Phytopathology* 29, 167-192.

Trudgill, D.L., Evans, K. and Phillips, M.S. (1998) Potato cyst nematodes: damage mechanisms and tolerance in the potato. In: Marks, R.J. and Brodie, B.B. (eds) *Potato Cyst Nematodes: Biology, Distribution and Control*. CAB International Wallingford, UK, pp. 117-133.

Van Riel, H.R. and Mulder, A. (1998) Potato cyst nematodes (*Globodera* species) in Western Europe. In: Marks, R.J. and Brodie, B.B. (eds) *Potato Cyst Nematodes: Biology, Distribution and Control*. CAB International Wallingford, UK, pp. 271-298.

Wheeler, R. (1998) Barley varieties sowing guide, 1998. URL: www.sardi.sa.gov.au.

Williams, K.J., Fisher, J.M. and Longride, P. (199 6) Development of a PCR-based allele specific analysis for RFLP probe linked to resistance to cereal cyst nematode in wheat. *Genome* 39, 198-801.

obeikandl.com

الفصل الخامس

نيماتودا الجنس *Ditylenchus*

Ditylenchus species

R.A. Plowright[1], G. Caubel[2] and K.A. Mizen[3]
[1]*CABI Bioscience, Bekham Lane, Egham, Surry TW20 9TY, UK;*
[2]*INRA, 35653 Le Rheu Cedex, France;*
[3]*Institute of Grassland and Environmental Research, Aberystwyth SY23 3EB, Wales, UK.*

يحتوي الجنس *Ditylenchus* على العديد من الأنواع، ولكن أربعة منها فقط تعد آفات هامة للمحاصيل النباتية وهي: *D. dipsaci* (Kuhn) Filipjev، و*D. destructor* Thorne 1945، و*D. angustus* (Butler 1913) Filipjev, 1936، و*D. africanus* Wendt *et al.*, 1995. ويوجد النوع *D. dipsaci* الذي يعرف بنيماتودا السيقان والأبصال في مدى واسع من الظروف البيئية ودرجات الحرارة في المناطق المدارية وتحت المدارية، حيث تساعد الرطوبة الجوية المتوفرة في حدوث الإصابة بالنيماتودا، كما تساعد أيضاً في تكاثر وانتشار النيماتودا. وتعد نيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci* آفة هامة على كل من: البرسيم الحجازى *Medicago sativa*، والبرسيم الأحمر *Trifolium pratense*، والبرسيم الأبيض *T. repens*، والبازلاء *Pisum sativum*، والفول *Vicia faba*، وبعض أنواع الأبصال من العائلة Liliaceae مثل: الثوم *Allium sativum*، والبصل *A. cepa*، والتيوليب *Tulipa* spp.، والنرجس *Narcissus* spp.. وتشكل نيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci* أهمية اقتصادية أيضاً لبعض محاصيل الحبوب، وخاصة الشوفان *Avena* spp.، والشيلم *Secale cereale*. ولهذه النيماتودا العديد من السلالات والعشائر التي وصفت كمعقد نوعي Species complex (Sturhan, 1971). وتلعب الأصناف المقاومة دوراً هاماً في إدارة هذه النيماتودا حيث إن المكافحة الكيميائية دائماً غير اقتصادية، أما معاملة البذور فهي ليست دائماً فعالة، كما أن الدورة الزراعية كثيراً ما يصادفها بعض التعقيدات بسبب المدى العوائلي الواسع للنيماتودا. وهناك بعض المصادر المتاحة للمقاومة، وقد تم بالفعل تطوير أصناف مقاومة من كل من: البرسيم الحجازي، والبرسيم الأبيض، والبرسيم الأحمر، والشوفان، والثوم، والفراولة (*Fragaria × ananassa*)، والبطاطا الحلوة *Ipomoea batatas*.

تنتشر نيماتودا تعفن درنات البطاطس *D. destructor* في العديد من مناطق العالم، ولها أهمية اقتصادية في البعض منها. ومن الناحية التاريخية، ظهرت هذه النيماتودا كآفة على البطاطس في أمريكا وأوروبا ولكنها الآن لم

تعد تشكل خطورة هناك إلا في أوروبا الشرقية حيث تسبب خسائر اقتصادية في محصول البطاطس (Sturhan and Brezeski, 1991). كما تسبب نيماتودا تعفن درنات البطاطس *D. destructor* مشاكل خطيرة أيضاً لمحصول البطاطا الحلوة في الصين (Lin *et al.*, 1993 ,1996). وقد توصلت بعض الأبحاث هناك إلى مصادر للمقاومة، بينما يتم التركيز أساساً على سبل المكافحة المتكاملة IPM (Anon, 1992).

تعد نيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* التي تسبب المرض المعروف باسم مرض "أوفرا" Ufra disease في الأرز (اللوحة الملونة رقم ٧) آفة هامة في حقول الأرز *Oryza sativa* عميق المياه في جنوب آسيا وجنوب شرقيها. ولكن أهميتها بدأت في الانخفاض بتضاؤل مساحات الأرز عميق المياه في الوقت الحالي. تنتشر هذه النيماتودا أيضاً في حقول الأرز المنخفضة في جنوب بنجلاديش وجنوب غربيها حيث تتسبب في فشل هذا المحصول في كل من الأراضي المروية وتلك التي تروى بماء المطر على حد سواء. وهناك مصادر جيدة للمقاومة تجاه هذه النيماتودا، وهي متوفرة الآن وجاهزة للتطوير إلى أصناف مقاومة مناسبة لكل من أرز الأراضي المنخفضة و أرز الأراضي عميقة المياه.

تصيب نيماتودا النوع *D. africanus* الفول السوداني *Arachis hypogaea* (Jones and Waele, 1988) وتنتشر أساساً في جنوب إفريقيا. وتخفض هذه النيماتودا من القيمة التسويقية لمحصول الفول السوداني، وفي بعض الأحيان، قد تؤثر على إنتاجية المحصول (Venter *et al.*, 1991, 1993). ولسوء الحظ، جميع أصناف الفول السوداني التي تم اختبارها حتى الآن وجدت قابلة للإصابة بهذه النيماتودا، وقد يكون الصنف "Kwarts" متحملاً فقط للإصابة (Venter *et al.*, 1993).

اعتبارات عامة في اختبارات المقاومة
General Considerations in Screening

تعريف الأنواع Species identification

يعدُّ التعريف الدقيق للنوع المستهدف من النيماتودا، والفهم الشامل للتغير في قدرته الإمراضية التي قد تختلف من عشيرة حقلية إلى أخرى في غاية الأهمية بالنسبة لمربي النباتات المقاومة، ومن ثم لاستنباط الأصناف المقاومة، ولا يستثنى من ذلك بالطبع نيماتودا الجنس *Ditylenchus*.

وقد يكون من الصعب التفريق بين أنواع الجنس *Ditylenchus* مورفولوجيا، ولكن التعريف المورفوجي يظل، من الناحية العملية، هو الخطوة الأولى في التعريف. وقد يساعد كل من التعريف المورفولوجي، والمدى العوائلي للنيماتودا، وتاريخ الموقع، ومكان الإصابة (جذور، أو سيقان، أو درنات، أو بذور)، والأعراض المرضية على النبات، والتوزيع الجغرافي مجتمعين في عملية تعريف النوع. وهناك عدد من المؤسسات التي تعرض خدمات تعريف الأنواع للمساعدة في هذه الخطوات الهامة.

obeikandl.com

لا يوجد (حتى الآن) اختلافات داخل النوع في أي من نيماتودا تعفن درنات البطاطس *D. destructor*، أو نيماتودا سيقان الأرز *D. angustus*، أو نيماتودا النوع *D. africanus*، في حين يوجد ٣٠ سلالة بيولوجية أو أكثر للنوع *D. dipsaci* (Janssen, 1994). وقد تم حديثاً التعرف على طرز إمراضية من النيماتودا يمكنها كسر صفة المقاومة في النباتات المقاومة. كما وجدت بعض السلالات المتخصصة عوائلياً من النوع *D. dipsaci*، وخاصة تلك التي تصيب البقوليات العشبية ونباتات العائلة الزنبقية Liliaceae. وتختلف هذه السلالات كثيراً فيما بينها من حيث المدى العوائلي لكل منها، وقد تكون فائدة اختبارات المدى العوائلي في تحديد السلالات النيماتودية محل جدل، ولكننا من الناحية العملية نحتاج إلى حسم عملية تحديد السلالة أو الطراز الإمراضي للعشائر الحقلية الموجودة من النيماتودا بدقة. وقد تساعدنا معرفة المدى العوائلي فقط في اتخاذ القرار الصحيح للمكافحة، كما يجب الأخذ في الاعتبار أيضاً إمكانية وجود خليط من السلالات (الاختلافات داخل النوع) في العشائر الحقلية داخل الحقل الواحد.

أجريت بعض المحاولات البحثية للتفريق بين أنواع الجنس *Ditylenchus* باستخدام الحامض النووي DNA (Palmer *et al*., 1992)، أو باستخدام تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد Restriction fragment length polymorphism (RFLP) ضمن تقنية تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR)، أو باستخدام تقنية تتابع الريبوسومات المتضاعفة Amplified ribosomal sequences (Wendt *et al*., 1994). ولكن هذه التقنيات لم يمكنها حتى وقتنا الحالي أن تميز بين السلالات باستثناء تمييزها بين السلالة العملاقة Giant race والسلالات العادية التي يمكن إجراؤها أساساً بالاعتماد على حجم الإناث. وقد أمكن إحراز بعض التقدم في تطوير تقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال Random amplified polymorphic DNA (RAPD)، وذلك فيما يتعلق بالتفريق بين سلالات عوائلية أخرى من النوع *D. dipsaci* (Esquibet *et al*., 1988). ولكن هذا أيضاً، كان ناجحاً جداً في التمييز بين السلالة العملاقة والسلالات الأخرى. وداخل هاتين المجموعتين؛ العملاقة والعادية، كانت السلالات متماثلة جداً. وقد تعيق المشاكل المتعلقة بتكرار تقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال Random amplified polymorphic DNA (RAPD) من استخدام تلك الطرق في التمييز بين السلالات الحقلية، وخاصة حيث توجد السلالات المختلطة في حقل واحد.

اللقاح Inoculum

اختيار العزلات Selection of isolates

يجب أن تكون العزلات النيماتودية المستخدمة في اختبارات المقاومة ممثلة للعشائر النيماتودية الموجودة في المنطقة الجغرافية تحت الدراسة. ويمكن تربية نيماتودا الجنس *Ditylenchus* في مزارع أحادية (وحيدة نوع النيماتودا)

Monoxenic culture على عائل معين أو مادة Substrate معينة (وسيأتي تفصيل ذلك فيما بعد). وإذا سمحت قوانين الحجر الزراعي، فإن هذه الطريقة سوف تساهم في تطوير ونشوء العزلات النيماتودية. وقد تصبح هذه العزلات فيما بعد سلالات أو طرزاً إمراضية مختلفة من النوع *D. dipsaci*، أو عشائر معزولة جغرافياً من أنواع أخرى. ويجب أن تنمى العزلات النيماتودية مستقل بعضها عن بعض، على الرغم من تفضيل البعض للعزلات المختلطة عند إجراء تجارب التقييم لصفة المقاومة (Alcaniz *et al.*, 1996 ؛ Whitehead, 1992).

جمع العينات Population samples

عندما تستخلص النيماتودا من النباتات في الحقل لأغراض التربية فلابد من اختيار التركيبات الوراثية المطلوبة من النيماتودا الموجودة في الحقل دون غيرها، وتجنب غير المرغوب منها. ومن الناحية العملية، يجب أن تنشأ المزارع النيماتودية من عدد محدود من الأفراد أو حتى أنثى واحدة Single female. ويفيد ذلك، على سبيل المثال، في تحليل التغيرات الوراثية فيما بين عشائر النيماتودا داخل الحقل الواحد فيما يتعلق بالقدرة الإمراضية لكل منها. ومع ذلك، نجد أن مثل هذا الاختبار لا يكون مرغوباً في أغلب اختبارات التقييم لصفة الشراسة الإمراضية. وقد يجمع اللقاح المستخدم في اختبارات التقييم من الحقل مباشرة، أو تتم تربيته على نباتات في أحواض تجريبية صغيرة أو في أصص. وبالنسبة لنيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci* تتم تربيتها على نباتات البرسيم الأبيض أو الفول *Vicia faba*. ويمكن الحصول على الأنسجة المصابة حينئذ لاستخدامها مباشرة في عملية العدوى، أو – كما في حالة الفول– تجفف تلك الأنسجة بالهواء وتخزن لاستخدامها فيما بعد. وعندما يجمع اللقاح من أكثر من مصدر (حقل)، يجب أن تختار عندئذ الحقول ذات التعاقب المحصولي المتماثل. وبالمثل، يمكن الحصول على الأنواع الأخرى من النيماتودا من الأنسجة النباتية المصابة. فعلى سبيل المثال؛ تجمع نيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* من سيقان الأرز الغضة سواء كانت نامية في أصص أو في أحواض صغيرة، كما تجمع نيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس *D. destructor* من قشور درنات البطاطس، وتجمع نيماتودا *D. africanus* من بذور أو قشور قرون الفول السوداني. ومع ذلك، قد تكون المصادر النباتية للقاح كافية، أو لا يمكن التعويل عليها بمفردها، وذلك لأنها قد لا تكون متوفرة طوال الوقت، أو عند الحاجة إليها، أو لأنها قد تكون مصابة بأكثر من نوع نيماتودي في نفس الوقت بخلاف النوع المطلوب استخدامه في اللقاح تبعاً لبرامج المكافحة المستخدمة في إدارة الآفات، والوقت من الموسم. ومن الصعب عادةً الحصول على كميات كافية من لقاح النيماتودا *D. dipsaci* من الحقل عند الرغبة في ذلك. وحتى في حالة ظهور أعراض الإصابة واضحة على النباتات، وخاصة في حالة الإصابة الحديثة، نجد أن أعداد النيماتودا الموجودة قد تكون قليلة، كما قد نجد في حالات الإصابات الأقدم عمراً أن النيماتودا ربما تكون ملوثة ببعض

البكتيريا المتطفلة أو المتغذية على النيماتودا، كما قد تهاجر بعض الأنواع مثل النوع *D. dipsaci* من الأنسجة النباتية التالفة.

قدرة النيماتودا على إحداث العدوى Nematode infectivity

من بين أنواع النيماتودا التي نوليها الاعتبار في هذا الكتاب كل من النوعين: *D. dipsaci*، و*D. africanus*، حيث يمكن لكلا النوعين البقاء والحياة تحت ظروف الجفاف الخفيف داخل الأنسجة والبذور النباتية في صورة أطوار كامنة. وتستخلص نيماتودا النوع *D. dipsaci* بعد ترطيب الأنسجة أو البذور النباتية الجافة، وفي هذه الحالة تكون النيماتودا في الطور اليرقي الرابع وهو طور البقاء Survival stage فيها. أما إذا كانت الأنسجة النباتية في حالتها الغضة فإنها من المحتمل أن تحتوي على جميع أطوار النيماتودا في آن واحد، وكلما تقدمت الأنسجة النباتية في العمر واتجهت نحو طور الشيخوخة، اتجهت النيماتودا أيضاً إلى زيادة أعداد يرقات الطور الرابع القادر على الحياة في الظروف غير الملائمة (طور البقاء). أما نيماتودا النوع *D. africanus* فيمكنها البقاء في البذور الجافة في صورة بيض وقليل من الأطوار الساكنة الجافة Anhydrobiotic nematodes (Venter *et al*., 1995).

ولأغراض برامج التقييم، عندما يوضع اللقاح مباشرة على نبات ينمو في ظروف عالية الرطوبة النسبية، فإن قدرة الأطوار المختلفة لنيماتودا الجنس *Ditylenchus* في إحداث العدوى تتساوى، سواء كانت هذه الأطوار يرقات داخل البيض، أو يرقات حرة، أو حتى أطواراً كاملة. ومن ثمَ، فإنه عند تقدير كثافة اللقاح يجب عدّ جميع الأطوار الموجودة. وعلى العكس من ذلك، عندما يوضع اللقاح في التربة، أو في معلق مائي بالقرب من النبات فإن القدرة النسبية للأطوار المختلفة في اختراق النبات تحدد الأعداد التي ستكون قادرة منها على الاختراق.

وفي النوع *D. africanus* على سبيل المثال، وجد بلاورايت وجيل Plowright and Gill (1994) أن يرقات الطور الثاني (J_2) – ومن ثم البيض – ليست لديها القدرة على عدوى النباتات عندما استخدمت في ظروف عدوى صناعية تحاكي الظروف الطبيعية (انظر فيما بعد). ويمكن تفهم مثل تلك المسائل جيداً عن طريق تثبيت الطرق المستخدمة، وخاصة فيما يتعلق بمصدر اللقاح وعمر المزرعة التي يؤخذ منها اللقاح. وقد وجد بلاورايت وجل Plowright and Gill (1994) أن عشائر نيماتودا النوع *D. angustus* قد حققت معدلات ثابتة بعد ٦٠ يوماً من العدوى. وقد استخدمت المزارع بهذا العمر (٦٠ يوماً) للحصول على اللقاح المستخدم في تجارب التقييم لصفة المقاومة. ويمكن تفسير بعض الصعوبات التي واجهت وايتهيد وآخرون Whitehead *et al* وآخرون (1987) عند محاولتهم نقل عدوى النباتات إلى المصادر المتعددة للقاح التي استخدموها، والتي شملت مزارع الكالس Callus cultures، والأنسجة النباتية الغضة والجافة، وربما أيضاً إلى موت بعض عشائر النيماتودا على أوراق الترشيح.

وبغض النظر عن مصدر اللقاح النيماتودي، يجب جمع النيماتودا من معلق الاستخلاص يومياً واستخدامها في التلقيح مباشرةً بأسرع ما يمكن بعد جمعها. وإذا لزم الأمر، يمكن حفظ النيماتودا في كمية قليلة من الماء (لايزيد عمقها عن ٥ مم، في أطباق على درجة حرارة ٢-٥ °م لمدة أسبوع إلى أسبوعين)، وتظل النيماتودا بذلك محتفظة بقدرتها على العدوى. وقد تجنب كوك وإيفانز Cook and Evans (1988) مشاكل الاستخلاص بأن استخدما معلقاً مائياً من أنسجة البرسيم الأبيض الملوثة بالنيماتودا. وقد استخدمت نفس الطريقة مع نيماتودا النوع *D. angustus* (سيأتي ذكر ذلك فيما بعد). وعند استخلاص النيماتودا من الأنسجة النباتية الغضة، يجب غسل تلك النيماتودا بتمريرها عدة مرات تحت ماء معقم، وذلك للتخلص من آثار المواد الفينولية النباتية السامة والكلوروفيل التي تؤثر على قدرتها في إحداث العدوى.

وقد يؤثر طول عمر مزرعة نيماتودا السيقان والأبصال المنماة على نسيج الكالس أو أي عائل آخر على قدرة النيماتودا في التكاثر على الأنواع النباتية الموجودة في الحقل، حيث تم تسجيل مثل ذلك لنيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* (Ali and Ishibashi, 1997). ولهذا السبب، فإنه يجب اختبار قدرة نيماتودا السيقان والأبصال المنماة في مزارع نقية على عدوى نباتات الحقل. وعلى عكس ذلك، تظل سلالة البرسيم الحجازي من نيماتودا السيقان *D. dipsaci* المنماة على نسيج الكالس محتفظة بقدرتها الإمراضية وتخصصها العوائلي وإحداثها لنفس الأعراض المرضية على نباتات البرسيم الحجازي القابلة للإصابة لمدة عشر سنوات رغم تكرار نقلها وتجديدها (Eriksson, 1972).

تربية اللقاح Rearing inoculums

يمكن لمزارع نيماتودا السيقان *Ditylenchus* spp. المنماة على عائل وحيد - في حالة صيانتها جيداً - أن تكون مصدراً معقولاً من اللقاح كماً ونوعاً. كما يمكن لهذه المزارع أيضاً أن تخفض من مخاطر تعرض النيماتودا للجفاف.

المزارع الأحادية لنيماتودا النوع *Ditylenchus dipsaci*: تم استخدام وتطوير طريقة المزارع الأحادية (وحيدة النوع النيماتودي) Monoxenic cultures بالنسبة لنيماتودا النوع *D. dipsaci* بواسطة Hooper (1986)، وتعد هذه الطريقة طريقة نموذجية للحصول على الكميات الكبيرة من اللقاح المطلوب لإجراء تجارب التقييم لصفة المقاومة. ومن أفضل هذه الطرق أن تُربى هذه النيماتودا على مزارع كالس البرسيم الحجازي. وليست كل أنواع الكالس دائماً مناسبة لتكاثر النيماتودا، فمن الحقيقي أن صفة المقاومة أو القابلية للإصابة الموجودة في نبات ما لا تعني بالضرورة أن تتوفر أيضاً في الكالس الناتج من هذا النبات. إذا يجب أن نختار من بين جميع أنواع الكالس المشتقة من نباتات البرسيم الحجازي تلك التي تتضح مناسبتها تماماً لتكاثر النيماتودا. ويجب كذلك أن تخضع النيماتودا التي يتم تجميعها من التربة أو الأجزاء النباتية إلى عمليات الاستخلاص والتعريف والتنظيف والتطهير السطحي قبل استخدامها في عدوى نسيج الكالس. وعند جمع نيماتودا النوع *D. dipsaci* من النباتات الكاملة في الحقل، فإنه يجب أولاً تعريفها، وذلك بعد التقاطها من المعلق باستخدام إبر خاصة أو ماصات دقيقة.

وعند تجديد المزارع، من المهم جداً أن تُختار نيماتودا النوع *D. dipsaci* فقط دون غيرها، وذلك لضمان ألا تحتوي المزرعة إلا على نوع نيماتودي واحد فقط Monoxenic culture. ويمكن فصل النيماتودا عن الشوائب بتمرير المعلق الذي يحويهما على أنسجة الاستخلاص الورقية المعروفة واستقبال الناتج في الأواني ضمن الطريقة التي وصفها وايتهيد وهيمينج Whitehead and Hemming (1965)، أو على المرشح السليولوزي الإسفنجي ذي العمق ٥ مم المجهز بشكل يناسب وضعه في قمع بيرمان. وفي كلتا الحالتين، تجمع النيماتودا بعد ذلك في ماء نظيف أو في محلول يحتوي على مضاد حيوي فطري/بكتيري. وقد يكون المحلول المناسب لذلك الذي يقوم بعملية تطهير سطحي جيدة للنيماتودا هو: بنسلين ج صوديوم Pinicillin G sodium (٣٠٠ وحدة/مل)، أو كبريتات الإستربتومايسين Streptomycin sulphate (٣٠٠ ميكروجرام/مل)، أو أمفوتيريسين ب Amphotericin B (٠,٧٥ ميكروجرام/مل). وهناك عدة طرق تستخدم في التطهير السطحي للنيماتودا بخلاف ذلك. بعد ذلك، يمكن نقل النيماتودا سريعاً على عدة دفعات، تحتوي كل دفعة منها على ١ – ١٠ أفراد من النيماتودا في كل مرة، وذلك باستخدام دبوس تثبيت الحشرات الدقيق، أو إبرة تلقيط دقيقة، إلى شرائح زجاجية مجوفة معقمة يحتوي تجويفها على عدة نقط من صبغة الملاكايت الأخضر Malachite green (٠,١٪ وزن: حجم) وتترك كذلك لمدة ١٥ ق. تنقل النيماتودا بعد ذلك وبسرعة إلى ماء مقطر معقم في قالب زجاجي مجوف معقم. وبمجرد أن يصبح عدد النيماتودا في هذا القالب كافياً (٣٠ – ٥٠ فرداً)، تنقل النيماتودا مباشرة إلى نسيج الكالس في قطرة (٥ – ١٠ ميكروليترات) من الماء المقطر المعقم. وإذا لم يتيسر فعل ذلك، فإن الطريق البديل هو أن تشطف النيماتودا عدة مرات في ماء مقطر معقم، ثم – تبعاً لمستوى التلوث – تنقع النيماتودا في مادة الهيبيتان Hibitane (٠,٥ – ١٪) وهي عبارة عن جلوكونات كلوروهكيسيدين Chlorihexidine gluconate (٢٠٪ وزناً: وزن) لمدة أقصاها ثلاث ساعات على درجة حرارة الغرفة، أو طوال الليل على درجة حرارة ٢ – ٥ °م. وبعد المعاملة، تغسل النيماتودا في ماء مقطر معقم، ثم توضع في قالب زجاجي، ثم يلقح بها الكالس في ٥– ١٠ ميكروليترات من الماء المقطر المعقم. ويعد القالب الزجاجي المجوف وعاءً جيداً لاستقبال أعداد كبيرة من النيماتودا المعقمة سطحياً. وبتحريك القالب حركة دائرية خفيفة تتجمع النيماتودا الموجودة في الماء المعقم أو المحلول المطهر بينما هي تركد تجاه القاع. بعد ذلك يمكن سحب الجزء العلوي من السائل (الماء أو المحلول) وذلك باستخدام ماصة دقيقة، وتبقى النيماتودا حينئذ في حجم صغير من السائل، حيث يمكن غسلها مرة أخرى، أو استخدامها في التلقيح. يمكن أيضاً إجراء مثل هذه الإجراءات في أنابيب طرد مركزي معقمة (مثل أنابيب إبندورف ١,٥ مل) حيث يعمل الطرد المركزي على ترسيب النيماتودا في قاع الأنابيب.

طريقة تربية نيماتودا السيقان والأبصال على الكالس

Protocol for culturing *Ditylenchus dipsaci* on callus

تصف البروتوكولات التالية طرق الخربشة والتعقيم السطحي التي تجري لبذور البرسيم الحجازي أو البرسيم العادي، واستخدامها في إنتاج الكالس، وكذلك طرق تربية نيماتودا السيقان على الكالس.

احتياطات عامة General Precautions

١- لبس القفازات واتباع الإرشادات المعملية للعمل داخل المختبر.

٢- ضمان التخلص من حامض الكبريتيك قبل نقع البذور في الماء (لكي تبرد البذور).

٣- يوضع الحامض المركز في وعاء مستقل، ويتم تخفيفه عند الحاجة بإضافة الحامض إلى الماء تدريجياً وببطء تحت غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي.

٤- عند تلامس كلوريد الزئبقيك مع الإيثانول تتصاعد أبخرة الزئبق، ولذلك يجب أن يتم العمل تحت غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي.

٥- يفضل العمل دائماً تحت غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي Laminar flow hood، وتحت ظروف معقمة.

طريقة: خربشة البذور، وتعقيمها، وإنباتها

Method: seed scarification, sterilization and germination

١- توضع البذور في دورق زجاجي سعة ١٠٠ مل.

٢- يضاف حامض الكبريتيك المركز حتى يغطي البذور.

٣- تحرك البذور في الحامض بواسطة مقلب زجاجي، ثم تترك لمدة ٥ - ١٠ ق اعتماداً على حجم البذور وصلابتها.

٤- يتم التخلص من الحامض الزائد.

٥- تنقع البذور في ماء مقطر معقم لخفض درجة الحرارة الناتجة من المعاملة بحامض الكبريتيك.

٦- تكرر عملية نقع البذور في الماء المقطر المعقم أربع مرات.

٧- يملأ الدورق الزجاجي بمحلول كلوريد زئبقيك ١٠٠٠ جزء في المليون في ٣٠٪ إيثانول.

٨- يوضع الدورق في غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي لمدة ١٥ ق.

٩- يتم التخلص من كلوريد الزئبقيك الزائد.

١٠- تنقع البذور في ماء مقطر معقم، وتكرر العملية أربع مرات.

١١- يوضع الدورق في غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي لمدة ١٥ ق.

١٢- توضع البذور في الماء المقطر المعقم تحت غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي لمدة ٢ - ٣ ساعات حتى تتشرب الماء.

١٣- يصب الماء الزائد ويضاف ماء مقطر معقم جديد حتى يمكن التخلص من المواد التانينية.

١٤- تنقل البذور إلى أطباق بتري تحتوي على آجار مغذٍ وتترك للإنبات لمدة يومين على درجة حرارة ١٥-٢٠ °م.

١٥- يتم التخلص من أية بادرات تبدو ملوثة، وتنقل البادرات السليمة إلى أنابيب سعة ٣٠ مل تحتوي على آجار لتنمو على درجة حرارة ٢٠ °م و١٦ ساعة إضاءة/٨ ساعات ظلام.

طريقة: إنتاج الكالس والتلقيح وتجميع النيماتودا

Method: Callus production, inoculation and nematode collection

١- تقطع بادرات البرسيم الحجازي أو البرسيم الأبيض أو الأحمر ذات الثلاث أو الأربع ورقات مركبة عند منطقة السويقة الجنينية السفلى وتعقم، وتنقل إلى بيئة نمو الكالس (B51)، وهي عبارة عن بيئة B5 ذات درجة حموضة pH = ٥,٨، والمضاف إليها 2,4-dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) (٢ مجم/لتر) + كينيتين (٠,٥ مجم/لتر) + سكروز (٢٪ وزن/حجم) + آجار (٨ جم/لتر). يتم مسك البادرة بواسطة ملقط، وتخزق البادرة في عدة مواضع على طول ساقها لإحداث نقط جرحية متعددة، ثم توضع البادرة بجزئها المقطوع عند السويقة الجنينية السفلى في الآجار بينما تترك بقية البادرة تتمدد على سطح الآجار. توضع ثلاث إلى أربع بادرات في كل طبق، وتوضع الأطباق في الظلام لمدة سبعة أيام. يبدأ تكون الكالس من كل نقطة جرحية، ويمكن تنميته بعد ذلك واستزراعه وتلقيحه بالنيماتودا بعد ٢ - ٣ أسابيع. تتم عدوى الكالس بحوالي ١٠٠ - ٢٠٠ نيماتودا معقمة سطحياً في ٥ - ١٠ ميكروليترات من الماء باستخدام ماصة دقيقة. وتتم عادةً عدوى أنسجة الكالس صغيرة العمر نشيطة النمو، أما عدوى البادرات فقد تكون أصعب من ذلك. وعموماً يمكن عمل تلك المزارع بتلقيح البادرات المعقمة بالنيماتودا فيما بين الوريقات الفلقية للبادرات، أو في محور الورقة بعد يوم أو يومين من نقل البادرة إلى بيئة الكالس. ويمكن للنيماتودا حينئذ أن تخترق البادرة، وتتطور في نفس الوقت الذي يبدأ فيه نسيج الكالس في التكشف والنمو.

٢- تحفظ المزارع المنماة في الظلام، ويفضل أن يكون ذلك في حضانات على درجة حرارة ٢٠ °م. واعتماداً على كثافة اللقاح الابتدائي للنيماتودا، ومعدل تكاثر النيماتودا، يحتاج الكالس إلى التجديد بعد ٤٠ - ٩٠ يوماً. ويلاحظ أن نسيج الكالس ذا الكثافة العالية من النيماتودا يتغير لونه ويبدو مشبعاً بالماء ظاهرياً. يتم تجديد الكالس تحت ظروف معقمة بنقل أجزاء من الآجار والكالس تحتوي على النيماتودا إلى أنسجة كالس جديدة نشطة النمو.

obeikandl.com

٣- تجمع النيماتودا من الكالس بتقطيع الكالس أو الآجار بواسطة ملقط معقم، ووضع القطع التي تحتوي النيماتودا وكل ما يتم غسيله من الطبق مع النيماتودا في قمع بيرمان معقم أو أي جهاز مماثل لاستخلاص النيماتودا النشطة. تجمع النيماتودا بانتظام في أطباق بتري معقمة ويمكن التخلص من بقايا مادة 2,4-D من معلق النيماتودا بتمرير المعلق في ثلاث أو أربع دورات من النقع (الشطف) كتلك التي ذكرت من قبل، ثم تخزن النيماتودا النظيفة على درجة حرارة ٢-٤ °م حتى يحين موعد استخدامها. ويمكن أيضاً جمع بعض النيماتودا من القطرات المكثفة على غطاء طبق بتري حيث تكون تلك النيماتودا قد غادرت الكالس إلى تلك القطرات. وتمرر هذه النيماتودا أيضاً من خلال نظام مرشحات (فلاتر) معقمة.

طرق مزرعية بديلة خاصة بالنوع *Ditylenchus dipsaci*

***Ditylenchus dipsaci*: Alternative Culture Methods**

يمكن تربية نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci* بشكل واسع على نباتات الكوسة courgettes (Hooper and Cowland, 1988) أو البصل بالنسبة لبعض السلالات ومنها السلالة العملاقة. وقد وجد تينيتي وإيفانز Tenete and Evans (1992) أن سلالات البرسيم الأحمر من هذه النيماتودا تتكاثر جيداً على الكوسة بعكس سلالات الفاصوليا والشوفان والبرسيم الحجازي التي فشلت في التكاثر عليها. ولذلك يجب أن تنمى هذه السلالات على الكوسة بأن تحقن في الأنسجة في ٥ - ١٠ ميكروليترات من الماء المقطر باستخدام إبرة حقن تحت البشرة، ثم تغطية مكان الحقن بواسطة شمع منصهر. وقد تمثل البكتيريا الموجودة داخل هذه الأنسجة - في حالة وجودها- مشكلة، إذ إنها قد تؤدي إلى تعفن الأنسجة قبل أن تتمكن النيماتودا من تكملة دورة حياتها.

ويمكن استخلاص نيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci* من الأنسجة النباتية الغضة أو الجافة على حد سواء، ولكن الأنسجة الجافة هي الأفضل عند الرغبة في استخلاص هذه النيماتودا من أنسجة الفول *Vicia faba*. وتعني قدرة هذه النيماتودا على البقاء حية في حالات الجفاف أنه يمكن تخزين الأنسجة الجافة في مجموعات كبيرة للحصول منها على أعداد كبيرة من النيماتودا فيما بعد. وتقطع الأنسجة النباتية سواء كانت غضة أو جافة إلى قطع صغيرة بطول ١سم، ثم توضع في قمع بيرمان في كمية ضحلة من المياه، أو تحت غرفة رذاذ ذات تحكم أوتوماتيكي. وتكون النيماتودا المستخلصة من الأنسجة الجافة عادة في الطور اليرقي الرابع، بينما تحتوي النيماتودا المستخلصة من الأنسجة الغضة على البيض وجميع الأطوار اليرقية للنيماتودا. وكلما اتجهت الأنسجة الغضة إلى الشيخوخة، زادت فيها أعداد الطور اليرقي الرابع من النيماتودا، إذ إنه الطور القادر على البقاء.

المزارع الأحادية لنيماتودا العفن الجاف *Ditylenchus destructor*

***Ditylenchus destructor* Monoxenic Culture**

تتغذى نيماتودا العفن الجاف وتتكاثر على عدد كبير من العوائل التي تشمل: فطريات، وأنسجة كالس من الجزر، والبرسيم، والبطاطس، والتبغ (Hooper, 1986 ؛ Faulkner and Darling, 1961). وقد قام ماك جودوين وسلاك MacGuidwin and Slack (1991) بتربية نيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس على فطر *Fusarium roseum* المنمى على بيئة آجار دكستروز البطاطس PDA. ولأغراض تجارب التقييم لصفة المقاومة، فمن الأفضل أن تتم تربية النيماتودا على الأنسجة النباتية للتقليل من مخاطر انتقال الجراثيم الفطرية مع النيماتودا المستخدمة في التلقيح فيما بعد. ولهذا الغرض، يكون من الأنسب استخدام نسيج كالس البطاطس على درجة حرارة ٢٥ °م. ويمكن إنشاء هذا الكالس من سلاميات سيقان البطاطس المشطوفة في كحول الإيثايل (٧٠٪ حجم : حجم)، أو من نباتات البطاطس المنتجة في ظروف مزارع الأنسجة المعقمة. كما قام وايلي وآخرون De Waele *et al.* (1991) بإكثار الكالس على بيئة Murashige and Skoog´s (1962) المضاف إليها مادة 2,4-D (٣ مجم/لتر) والكينيتين (٠,٢ مجم/لتر). ويمكن تعقيم يرقات نيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس سطحياً باستخدام بعض الطرق السابق وصفها في الحديث عن نيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci*. ويمكن أيضاً صيانة المزارع بنقل قطع صغيرة من الكالس المصاب إلى مزارع كالس جديدة.

طرق مزرعية بديلة للنوع *Ditylenchus destructor*

***Ditylenchus destructor*: Alternative Methods**

يمكن تربية نيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس على درنات البطاطس الكاملة. ويوضع اللقاح المستخدم في تلقيح هذه الدرنات في محلول كاربوكسي ميثايل سليولوز Carboxymethyl cellulose (٢٪ وزن : حجم) في فجوة سطحية صغيرة (بعمق ٥ مم) على سطح الدرنة يمكن إحداثها باستخدام ثاقب فلين قطره ٣ مم، ثم تغطى الفجوة بالشمع المنصهر (فضلاً: انظر Hooper, 1986).

المزارع الأحادية لنيماتودا سيقان الأرز *Ditylenchus angustus*

***Ditylenchus angustus*: Monoxenic Culture**

تم إجراء أغلب تجارب التقييم لصفة المقاومة تجاه نيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* في الحقل في قطع تجريبية صغيرة Microplots تم تلويثها بقطع صغيرة من سيقان الأرز المصابة المأخوذة من نباتات تمت تربيتها في قطع تجريبية صغيرة أو أصص. وتتشابه طرق التلقيح المستخدمة في تربية النيماتودا *D. angustus* تماماً سواء في الأصص أو القطع التجريبية الصغيرة أو الحقل. ويمكن تربية نيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* بشكل جيد على نباتات الأرز النامية في الأصص بطريقة مزارع النوع النيماتودي الواحد والعائل الواحد Monoxenic culture (Plowright and Akehurst, 1992). وهناك بعض الاقتراحات التي تفضي بأن بعض أنواع الفطريات تصلح أيضاً لتكاثر هذه النيماتودا (Latif and Main,

1992). وعلى عكس الدراسة السابقة التي قام بها بلاورايت وإكهورست Plowright and Akehurst (1992)، فقد وجد علي والشيباشي Ali and Ishibashi (1997) أن نيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* يمكنها أن تتكاثر على الفطر *Botrytis cinerea*. وقد تكون خصوبة النيماتودا دائماً أعلى عند تربيتها على المزارع النباتية، ولكن هناك أيضاً اقتراح مفاده أن النيماتودا يمكنها أن تتحور وتتأقلم لتصبح أكثر خصوبة عند تنميتها على مزارع الفطر *B. cinerea*.

ولكي نعدّ مزرعة نباتية من الأرز لتربية نيماتودا سيقان الأرز، تعقم حبوب الأرز المقشرة تعقيماً سطحياً بتغطيسها في محلول كلوريد الزئبقيك (٠,١٪ وزن: حجم) لمدة ٣٠ ق، ثم تغسل هذه الحبوب خمس مرات في ماء مقطر معقم، وتنقل بعد ذلك إلى بيئة Gamborgs B5 المضاف إليها السكروز بنسبة ٢٪، والمصلبة بواسطة الآجار ١٪، وتوضع في أطباق بتري معقمة ذات قطر ٩ سم. وبعد ٣٠ يوماً، تلقح قاعدة الورقة المجاورة لأحدث الأوراق بزوغاً في نبات الأرز بحوالي ٣٠ نيماتودا (طور كامل) في ٥ ميكروليترات من الماء المقطر المعقم. يغلف الطبق بعد ذلك بواسطة شريط مطاطي من مادة PVC أو مادة البارافيلم ويحفظ على درجة حرارة ٢٥ °م، و١٢ ساعة إضاءة: ١٢ ساعة ظلام. تهاجر النيماتودا من الأنسجة وتتحرك خلال الطبق كلما زادت أعدادها. وقد تتكون قطرات رطوبية على السطح الداخلي لغطاء الطبق، وخاصة في حالة تذبذب درجات الحرارة بعدة درجات نهاراً. وقد تصطاد هذه القطرات النيماتودا ومن ثم تجوع النيماتودا وقد تموت. وعند استخلاص النيماتودا من مثل هذه المزارع، فيجب اتخاذ الحذر الكامل لتجنب استخلاص النيماتودا التي قد تكون ضعيفة أو ميتة ضمن النيماتودا المراد استخدامها كلقاح. ويمكن تجميع النيماتودا المهاجرة إلى السطح الداخلي للغطاء (غير المرغوب فيها) بسهولة في حجم صغير من الماء المقطر المعقم (أقل من ١مل). بعد ذلك تجمع النيماتودا المرغوبة لاستخدامها كلقاح وتركز في أنبوبة من أنابيب جهاز الطرد المركزي، بحيث يكون لدينا كثافة من اللقاح تساوي ٦ نيماتودا/ميكروليتر من ماء مقطر معقم. ويمكن دائماً الحفاظ على نوعية ثابتة من اللقاح لأغراض التقييم عن طريق الحفاظ على عمر قياسي ثابت للمزارع.

المزارع الأحادية لنيماتودا النوع *Ditylenchus africanus*

***Ditylenchus africanus*: Monoxenic Culture**

يمكن تربية نيماتودا النوع *D. africanus* على كالس أوراق الفول السوداني (Van der Walt and De Waele, 1989). وتبدأ خطوات إعداد هذا الكالس بأن تعقم أوراق نباتات الفول السوداني ذات العمر أربعة أسابيع تعقيماً سطحياً باستخدام كحول الإيثايل (٧٠٪ حجم : حجم) لمدة ٣٠ ثانية، ثم بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم (٠,٥٪ حجم : حجم) الذي يحتوي على توين ٢٠ Tween 20 لمدة ١٥ ق، ثم تغسل خمس مرات بماء مقطر معقم.

تقطع الأوراق بعد ذلك إلى قطع صغيرة (١ سم٢) ثم توضع على بيئة Murashige and Skoog's (1962) ذات درجة حموضة pH = ٥٫٧. تتم عدوى الكالس نشط النمو الناتج بعد أربعة أسابيع من بدء نموه. قد يظهر بعض التغير في اللون على الكالس الملقح بالنيماتودا كما يحتاج هذا الكالس إلى التجديد بعد خمسة أسابيع. وعند التجديد، تتبع نفس الإجراءات التي تم وصفها عند الحديث عن نيماتودا النوع *D. dipsaci* فيما قبل.

تلقيح النباتات
Inoculating Plants

تم تطوير العديد من الطرق التي يمكن بواسطتها تلقيح النباتات بنيماتودا السيقان والأبصال. ومن الممكن تلقيح النباتات بتلك النيماتودا مباشرةً أو –وبناءً على نوع النيماتودا نفسها– يتم وضع النيماتودا في التربة أو الماء بجوار النباتات. ويمكن وضع اللقاح النيماتودي نفسه عند التلقيح في معلق مائي مع أو بدون مادة لزجة مثل: الآجار أو الكاربوكسي ميثايل سليولوز، أو حتى باستخدام أجزاء نباتية مصابة سواء كانت غضة أو جافة. وبالمثل، يمكن استخدام مدى واسع من كثافة اللقاح الابتدائي النيماتودي.

نيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci*

تلقيح النباتات في الحقل Inoculating plants in the field

كما هو الحال مع أغلب أنواع النيماتودا المتطفلة على النباتات، يتم اختيار موقع في الحقل ملوث بنيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci*، ثم يتم الحفاظ عليه لإجراء اختبارات التقييم به. وعلى سبيل المثال، قام كوك وإيفانز Cook and Evans (1988) بنقل نباتات عدة أصناف من البرسيم الأبيض سبق تنميتها في الأصص إلى حقل ملوث بالنيماتودا يزرع بالبرسيم الأبيض دائماً كمحصول وحيد، وذلك لاختبار قابلية أو مقاومة تلك الأصناف للنيماتودا. أيضاً، قام كل من ريفوال وآخرون Rivoal *et al.* (1978)، وسانتون وآخرون Santon *et al.* (1984) باختبارات مماثلة لاختبار بعض أصناف محاصيل الحبوب تجاه نفس النيماتودا (*D. dipsaci*). وتتأثر أعداد عشائر النيماتودا *D. dipsaci* عادة بشدة تبعاً للظروف البيئية، وخاصة الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة. ومن ثم، فإن نتائج الاختبارات الحقلية تختلف تبعاً لذلك من عام لآخر باختلاف الظروف البيئية السائدة. وإضافة إلى ذلك، من المعروف أن توزيع النيماتودا في التربة يكون غير متماثل. ويتطلب هذا الأمر أن يشمل تصميم التجربة على تكرار لمعاملاتها، كما يجب أن تتضمن الأصناف المختبرة صنفين معلومين؛ أحدهما قابل للإصابة، والآخر مقاوم. أما فيما يخص العمل مع الفول *Vicia faba*، فقد تمكن حانونيك وآخرون Hanounik *et al.* (1986) من التغلب على

مشكلة عدم تماثل كثافة اللقاح النيماتودي في الحقل بزراعة البذور في خطوط بطول ١م تحتوي على تربة ملوثة بالنيماتودا حتى عمق ١٥ سم، ويبعد كل خط عن الآخر بمسافة ٥٠ سم. وقد تم تجهيز التربة الملوثة بالنيماتودا بخلطها بكميات كبيرة من سيقان النباتات المصابة بالنيماتودا مقطعة إلى قطع صغيرة بطول ٢سم. وقد تم ترطيب هذه التربة بشكل يومي، وتم تخفيفها بتربة غير ملوثة بالنيماتودا بعد أسبوعين، للحصول على الكثافة المطلوبة من اللقاح (٣٠٠ يرقة طور رابع/ديسميتر^{٣} من التربة).

تلقيح النباتات والبادرات في الحاويات النباتية

Inoculating plants and seedlings in containers

يمكن الحد من مشكلة هروب النباتات من الإصابة لأسباب لا تتعلق بمقاومة العائل، ولكن نادراً ما يمكن منعها، وذلك بتلقيح النباتات أو البادرات بالطور المعدي النشط من النيماتودا. فإذا ما تم ذلك في ظروف مواتية لحدوث العدوى، يمكن حينئذ تحديد ومقارنة استجابة كل نبات للعدوى. وهناك العديد من الطرق التي تستخدم في تلقيح النباتات بنيماتودا السيقان والأبصال. وقد تقوم المختبرات المختلفة بتطبيق بعض من هذه الطرق القياسية في آن واحد. ومع ذلك، فهناك بعض الأسس المرشدة التي يجب اتباعها، كما هو موضح فيما بعد.

كثافة اللقاح Inoculum density

يجب أن تتراوح كثافة اللقاح بين ٣٠ و١٠٠ فرد نيماتودا لكل نبات أو بادرة. ويفضل إلجين Elgin (1984) استخدام ٢٠٠ فرد، ولكنه يعتبر أن ١٠٠ فرد قد تكون كافية. أما هوبر Hooper (1984) فقد استخدم ٥٠٠٠٠ – ١٠٠٠٠٠ نيماتودا/أصيص عند تلقيح نباتات الفاصوليا، إلا أن هذه الكمية من اللقاح تعتبر كمية مفرطة، أي زائدة عن الحد المطلوب. أما بالنسبة للبرسيم الأبيض، فقد وجد كوك وإيفانز Cook and Evans (1988) أنه لا توجد فروق بين العدوى بكثافة لقاح ٣٤ أو ٦١ نيماتودا/أصيص. وقد كانت هناك بعض الدراسات حول مصير هذه النيماتودا المستخدمة في التلقيح، حيث يعتقد أنه يُفقد جزءٌ منها وهو الجزء الذي لا يمكنه اختراق النباتات، والذي يعتقد بأنه يشكل عدداً كبيراً من النيماتودا المستخدمة في التلقيح. وقد أوضح بلاورايت وجيل Plowright and Gill (1994) أن أكثر من ٧٥٪ من لقاح النيماتودا *D. angustus* قد يفقد، بينما قدر ميرسر وجرانت Mercer and Grant (1995) أن نسبة الفقد في لقاح النيماتودا *D. dipsaci* قد تراوح بين ٦٧ و٩٣٪.

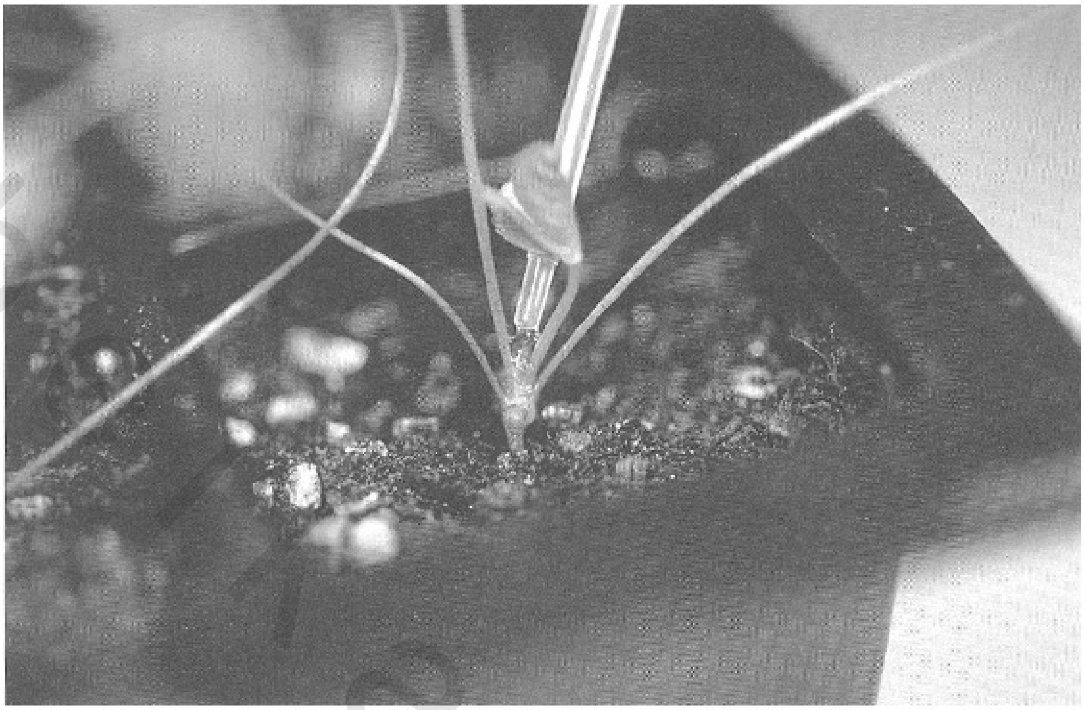
وضع اللقاح Inoculum delivery

في كل طرق وضع اللقاح، سواء كانت النيماتودا توضع في التربة أو مباشرة على النبات، من الضروري أن يتم الحفاظ على معدل عال من الرطوبة النسبية في فترة ما بعد التلقيح مباشرة. وتعد الفترة التي تمتد ٢ – ٣ أيام بعد التلقيح بصفة خاصة فترة حرجة. وتختلف تفاصيل الظروف المثلى للتلقيح بصفة عامة باختلاف العائل النباتي، ولكن في جميع الأحوال، يجب أن يكون معدل النمو النباتي بطيئاً في فترة الأسبوع إلى الأسبوعين الأولين بعد التلقيح، وذلك للسماح للنيماتودا بأن تستوطن مكاناً معيناً للعدوى. فالنباتات سريعة النمو قد تهرب من الإصابة،

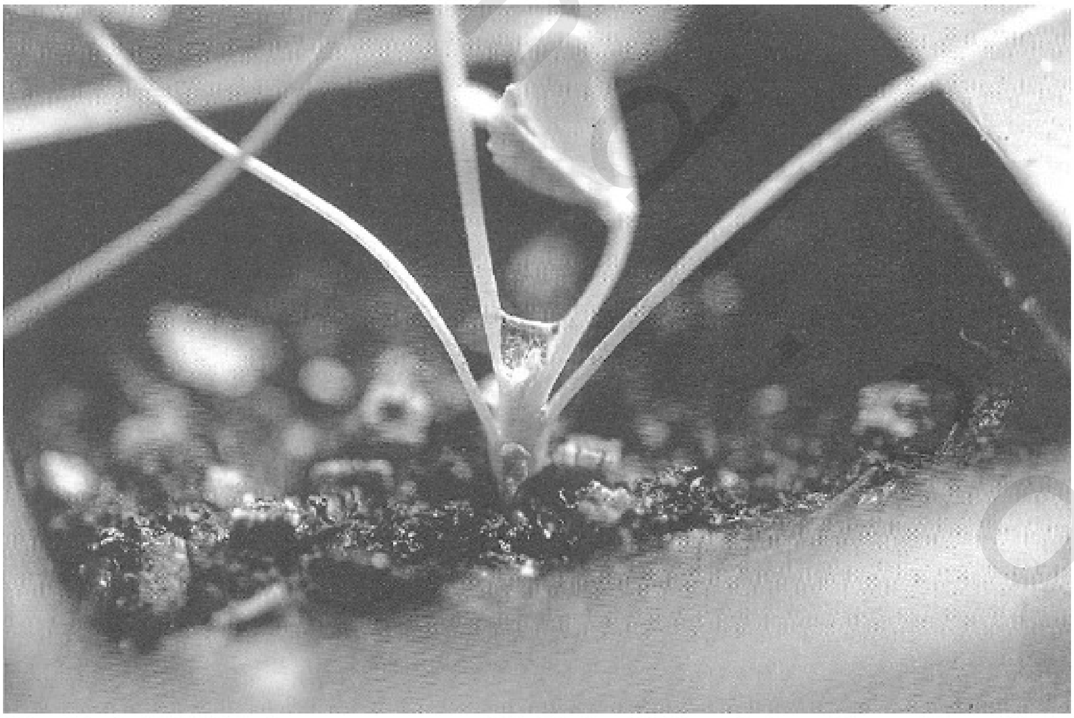
حيث يمكن لأنسجة النمو الثانوي السميكة للنباتات أن تصطاد النيماتودا بداخلها، وتمنع بذلك أو تخفض تطور الأعراض وتكشفها. كما ينصح أيضاً بإعادة تلقيح النباتات بعد أسبوع أو أسبوعين من التلقيح الأول لخفض فرصة هروب النباتات من الإصابة، وخاصة عندما تتم العدوى بالنيماتودا في معلق مائي.

ويمكن تلقيح بادرات البرسيم الحجازي والفول والبرسيم العادي والبازلاء بالنيماتودا *D. dipsaci* في قطرة من الكاربوكسي ميثايل سليولوز CMC (١- ٢٪ وزن : حجم) توضع في محور الورقة الأولى للبادرة بالقرب من الطرف المرستيمي (الشكلان رقما ٥,١ و٥,٢). ويمكن استخدام هذه الطريقة أيضاً لتلقيح البادرات الأكبر عمراً في الأصص، أو تحويرها لتستخدم في البرتوكول المسمى بالدمية القماشية Rag-doll (سيأتي ذكره فيما بعد). وقد قام إلجين Elgin (1984) بتلقيح بادرات البرسيم الحجازى المنماة في الصواني بعد أسبوعين من إنباتها بالنيماتودا موضوعة إما في قطرات من الماء أو في نظام للرش، وذلك بمعدل ١٠٠ نيماتودا/نبات. كما استخدم ميرسر وجرانت Mercer and Grant (1995) تقنية خاصة لتلقيح نباتات البرسيم تماثل تماماً تلك التقنية التي استخدمها هاسي وكروسبرج Hussey and Krusberg (1968) لتلقيح نباتات البازلاء التي يتم فيها تلقيح بادرات البرسيم ذات العمر ثلاثة أيام، أو البذور النابتة بمعلق من النيماتودا. كما قام كوك وإيفانز Cook and Evans (1988) بتلقيح قمم قطع الساق المدادة لنباتات البرسيم الأبيض بمعلق مائي من أنسجة البرسيم الأبيض المزقة المصابة بالنيماتودا يحتوي على ١٠٠ نيماتودا يضاف إلى سطح التربة بالقرب من البراعم. ويمكن حقن نباتات البرسيم بمعلق من النيماتودا باستخدام محقن تحت البشرة (Dijkstra, 1957 ؛ Cook and Evans, 1988). كما يمكن أيضاً حقن بادرات محاصيل الحبوب بنفس الطريقة (Seinhorst, 1952)، ولكن ما دام أنه من الصعب حقن حتى الكميات صغيرة الحجم من اللقاح في النباتات فإن حجم المعلق الذي يحقن داخل النبات يجب ألا يزيد عن ٥ ميكروليترات (Cameron, 1963).

وتقوم مادة الكاربوكسي ميثايل سليولوز بعدة وظائف فضلاً عن أنها حامل للقاح. فهي تسهل عملية التصاق اللقاح بسطح النبات، وتخفض من ظاهرة التوتر السطحي فتمكن نقطة المعلق التي تحتوي على اللقاح من الاستقرار على محور الورقة، كما يجعلها أيضاً لا تجف سريعاً كما في حالة نقطة الماء، بل تجف تدريجياً بمعدل أبطأ. كما أنها تفيد أيضاً في الحفاظ على النيماتودا *D. dipsaci* في المعلق متجانسة التوزيع، بالرغم من أن نيماتودا النوع *D. angustus* الأكثر نشاطاً قد تتجمع في تكتلات يصعب توزيعها. وعموماً، يمكن الآن استخدام الماصات الأوتوماتيكية الدقيقة للتعامل بدقة مع الأحجام الصغيرة التي تصل إلى ميكروليترات قليلة، ويمكن بواسطتها نقل النيماتودا في كميات صغيرة جداً من المحلول أو المعلق. وتضمن الكمية الصغيرة من المعلق في شكل قطرات ٥ – ١٠ ميكروليترات سلامة اللقاح، كما تمكن من وضع اللقاح ملاصقاً للمنطقة المراد تلقيحها، على الرغم من أن مثل هذه القطرات الصغيرة قد تتعرض للجفاف سريعاً ولا تترسب سريعاً على محور الورقة. وقد وجد ميرسر وجرانت Mercer and Grant (1995) أن العدوى باستخدام قطرات صغيرة من المعلق كانت طريقة فقيرة جداً، ولكن ذلك قد يكون بسبب الحجم الكبير للقطرات (٣٠ ميكروليتراً).



الشكل رقم (٥,١). نبات برسيم أبيض ملقح بنيماتودا السيقان *Ditylenchus dipsaci* في اختبار تقييم تحت ظروف متحكم بها.



الشكل رقم (٥,٢). نبات برسيم أبيض بعد تلقيحه مباشرة بنيماتودا السيقان *Ditylenchus dipsaci*، وتظهر قطرة التلقيح التي تحتوي النيماتودا.

وقد يكون تلقيح التربة أو البادرات الصغيرة مشابهاً كثيراً لطرق العدوى الطبيعية في الحقل، ولكن بما أنه يعتقد أن ميكانيكيات المقاومة تبدأ فعلها عادة بعد العدوى، فإن جميع طرق التلقيح المباشرة تكون كلها متساوية. ويمكن التحكم جيداً في عدد النيماتودا التي يمكن بها تلقيح النباتات عن طريق عدوى كل نبات على حدة، وكذلك بالتحكم الجيد في عملية تجانس اللقاح عن طريق التأكد والمراجعة المستمرة لكثافة النيماتودا في المعلق بفحص قطرات منه على شرائح زجاجية بصفة مستمرة. وتعد طرق التلقيح بالرش أو الرذاذ التي يستخدمها الكثيرون من الطرق الأسرع، ولكنها تضحي بالدقة ما لم يتم تكرار التلقيح. وقد وجد كوك وإيفانز Cook and Evans (1988) أن الطرق المختلفة التي استخدمت في تلقيح النباتات قد أدت إلى مستويات مختلفة من القابلية للإصابة في النباتات بشكل عام في بعض الاختبارات، ولكن كان هناك اتفاقاً عاماً فيما يتعلق بترتيب أصناف البرسيم من حيث قابليتها للإصابة في الاختبارات المختلفة، وهذا قد يؤدي إلى اقتراح يفضي بأن عددا قليلاً نسبياً من النيماتودا هو المطلوب لإجراء العدوى اللازمة لترتيب الأصناف النباتية من حيث درجة مقاومتها أو قابليتها للإصابة.

نيماتودا سيقان الأرز *Ditylenchus angustus*

تلقيح النباتات في الحقل Inoculating plants in the field

تعد العدوى الطبيعية بنيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* متقطعة جداً Sporadic، ولا يمكن الاستناد عليها في أغراض تجارب التقييم. فالنيماتودا ليست لديها القدرة الكافية للبقاء في ظروف الجفاف (Ibrahim and Perry, 1993)، كما أن الكثافة العددية للنيماتودا في التربة تكون تقريباً تحت المستوى المطلوب لاكتشافها عندما يعقب موسم الأرز موسم جاف أو محصول غير مروي. ويمكن الحصول على قطع تجريبية ملوثة في الحقل -بعد صرف المياه منه، وترك التربة لتجف - وذلك بإضافة أجزاء نباتية مصابة بالنيماتودا إلى تربة هذه القطع.

يمكن تلويث القطع التجريبية الصغيرة المزروعة بالأرز بواسطة تعويم قطع صغيرة من سيقان الأرز المصابة بالنيماتودا فوق سطح الماء حول بادرات الأرز. وفي هذه الحالة، يجب إضافة كمية كافية من اللقاح النيماتودي لا تقل عن ١٠٠ فرد من الطور المعدي للنيماتودا (طور يرقي رابع أو طور كامل) لكل بادرة (Anon, 1985). ويعد عمق الماء بالنسبة لارتفاع البادرة عاملاً هاماً في نجاح عملية التلقيح (انظر البروتوكول والشكل رقم ٥.٧).

تلقيح النباتات في الأصص Inoculating plants in pots

تم تطوير عملية تلقيح أغمدة أوراق نباتات الأرز في فيتنام (Kinh and Nghiem, 1982)، وذلك بوضع عشرة أفراد من النيماتودا في قطرة من الماء على حبة الأرز النابتة، وحفظها في جو مشبع بالرطوبة لمدة ٤٨ ساعة على درجة حرارة ٢٨-٣٠ °م. بعد ذلك ترفع البادرات المصابة من الأصص وتحفظ في غرفة مظللة من الشاش أو النسيج المثقب على درجة رطوبة نسبية ٨٠-٩٠٪. وقد قام بلاورايت Plowright (بيانات غير منشورة) بتطوير طريقة الدمية القماشية Rag doll حيث قام بتلقيح نباتات الأرز بالنيماتودا *D. angustus* في ٢٪ كاربوكسي ميثايل سليولوز CMC

داخل لفافات من ورق الكروماتوجرافي، ولكنه وجدها طريقة غير مقبولة. فنيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* هي نيماتودا نشطة للغاية وتميل إلى التجمع في المحاليل، ويمكن فك هذه التجمعات بإثارة الماء أو المحلول الذي توجد فيه النيماتودا، ولكن من الصعب فعل ذلك في محلول كاربوكسي ميثايل سليولوز CMC.

قام رحمان Rahman (1987) بتلقيح نباتات أرز عمرها ٣-٤ أسابيع في الأصص بوضع النيماتودا مباشرة في ماء حول النباتات بمعدل ١٠٠ نيماتودا/نبات. وفي اختبارات التقييم الروتينية، قام بلاورايت وجيل Plowright and Gill (1994) بتلقيح بادرات الأرز بمعدل ٣٠٠ - ٥٠٠ نيماتودا/بادرة، وذلك بأن توضع البادرة في أنبوبة بلاستيكية، وتوضع النيماتودا في كمية من الماء حول البادرة وذلك للحفاظ على النيماتودا محصورة حول البادرة (الشكل رقم ٥,٣). وتتضمن عملية حصر وجود النيماتودا بجوار البادرة حدوث عدوى متماثلة للنباتات، وعدم هروب النيماتودا أو هروب النباتات من الإصابة، وذلك مقارنة بوضع اللقاح في صينية واحدة تحتوي ٢٤ نباتاً معاً، حتى لو استخدم نفس المعدل من اللقاح (Plowright and Gill, 1994). وتحاكي هذه الطرق طرق العدوى الطبيعية باستخدام الماء التي تحدث عند مستوى سطح الماء الملاصق للنباتات، وقد كان من المفترض أنه باستخدام مثل هذه الطرق لن تزيد نسبة النيماتودا التي تنجح في الاختراق وإحداث العدوى عن ١٠٪ من النيماتودا المستخدمة في اللقاح. أيضاً قام رحمان وإيفانز Rahman and Evans (1987) بحقن النيماتودا في التربة أو وضعها عند قاعدة نباتات الأرز ذات العمر عشرة أيام في الماء. وقد أعطت الطريقة الأخيرة أعلى نسبة من النباتات المصابة، ولكن نسبة النيماتودا التي نجحت في إحداث العدوى لم تتعد أيضاً نسبة العشرة بالمائة من مجموع النيماتودا المستخدمة في اللقاح.

نيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس *Ditylenchus destructor* ونيماتودا النوع *D. africanus*
Ditylenchus destructor and *D. africanus*

هناك القيل جداً من المعلومات المتوفرة حول التقنيات المستخدمة في التلقيح بأي من نيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس *D. destructor* أو نيماتودا النوع *D. africanus*. وكلا النوعين المذكورين من النيماتودا يخترق أنسجة النباتات العائلة تحت سطح التربة، ويمكن إجراء التلقيح بهما بوضعهما في معلق مائي يضاف إلى التربة حول النباتات المزروعة. وعلى سبيل المثال، قام فينتر وآخرون Venter *et al.* (1993) بتلقيح النباتات بنيماتودا النوع *D. africanus* بمعدل ١٠٠ أو ١٠٠٠ فرد من أطوار مختلفة من النيماتودا/نبات بعمر خمسة أسابيع. وقد أثبتوا أن للكثافة الابتدائية من النيماتودا (Pi) تأثيراً ضئيلاً جداً على الحالة العوائلية النسبية لأصناف الفول السوداني. وتنطبق أغلب الاعتبارات والمعايير المتعلقة بالنيماتودا داخلية التطفل المتجولة Migratory endoparasites على التلقيح بتلك النيماتودا أيضاً (انظر الفصل الثامن). ويمكن لنيماتودا النوع *D. africanus* أن تصيب جذور الفول السوداني وتتكاثر بداخلها، ومن ثمَ يكون التلقيح قبل مرحلة تكوين القرون. وبالمثل، تتغذى نيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس على أنسجة السيقان الأرضية لنباتات البطاطس قبل تطور ونمو الدرنة الساقية في البطاطس، أو الجذور المتدرنة في البطاطا الحلوة.

الشكل رقم (٥,٣). نباتات برسيم أبيض بعد تلقيحها مباشرة بنيماتودا السيقان *Ditylenchus dipsaci*، الأنابيب البلاستيكية حول قاعدة البادرات لتركيز اللقاح النيماتودي. (لاحظ استجابة النباتات العائلة في المقدمة).

وتستلزم الطرق المخبرية لتقييم الجذور الدرنية في البطاطا الحلوة (Anon, 1992) نفس الاعتبارات التي تتخذ عند إنشاء مزارع تربية نيماتودا العفن الجاف *D. destructor* على درنات البطاطس (انظر ما سبق، وكذلك انظر المرجع Hooper, 1986). ويلعب سُمك طبقة البشرة المحيطية (البريديرم) Periderm في الجذور دوراً هاماً في عملية المقاومة، ويهيئ الضرر الميكانيكي الحادث في هذه الطبقة الدرنة للإصابة بالنيماتودا. وقد تسهل عملية تلقيح النيماتودا خلال طبقة البشرة المحيطية (كنوع من التحايل على هذا الحاجز) من عملية تشكل النباتات المستنسخة Clones اعتماداً على معدل (دليل) التعفن (Anon, 1992).

تقييم التراكيب الوراثية لصفة المقاومة
Evaluating Genotypes for Resistance

تفسر المقاومة بأنها قدرة بعض الأصناف النباتية على خفض قدرة النيماتودا على التكاثر عليها، بعكس النباتات القابلة للإصابة التي تدعم هذا التكاثر. وتظهر الأعراض المرضية على النباتات كانعكاس لرد فعل النبات تجاه الغزو بالنيماتودا و/أو تكاثرها وتطورها عليه. ويعد كل من نوعية العرض وشدة تعبيره بوجه عام من الدلائل

الجيدة للمقاومة أو القابلية للإصابة بنيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* spp. (اللوحة الملونة رقم ٨)، على الرغم من أنه يجب توخي الحذر دائماً عند تصنيف النباتات التي لا تظهر عليها الأعراض والتي قد تكون قد هربت من الإصابة أو أنها بالفعل مقاومة.

نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci*

تتغذى نيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci* على الأنسجة البرانشيمية للعوائل القابلة للإصابة مسببة حدوث تضخم في حجم خلاياها Hypertrophy وزيادة في سرعة انقسامها Hyperplasla. وتظهر على الأعضاء النباتية التي تحتوي أنسجتها على أفراد متكاثرة من النيماتودا أعراض التقزم والانتفاخ والتشوه (اللوحة الملونة رقم ٨). وقد تظهر على النبات الواحد المصاب كل أعراض الإصابة النموذجية، أو بعضها على الأقل. وفي البرسيم الأبيض، على سبيل المثال، يعتمد تطور أعراض الإصابة على التوازن بين نمو أعداد النيماتودا واستطالة سلاميات النبات المصاب، وهو توازن يعتمد هو الآخر في الأساس على درجة الحرارة السائدة (Griffith *et al.* 1996). وليس من الضروري أن يكون هناك تلازم بين الإصابات النيماتودية تحت البشرة وظهور الأعراض. وقد تتكشف الإصابات الناتجة عن الإصابة بالنيماتودا خارجية التطفل وتكثر في محور الورقة دون أن تظهر أعراض الإصابة النموذجية على الأوراق، كما في حالة إصابة البرسيم الحجازي والبرسيم الأبيض (Griffith *et al.* 1997). أما النباتات المقاومة فلا تظهر عليها أعراض الإصابة، أو تكون أقل انتفاخاً من النباتات القابلة للإصابة، أو قد تظهر عليها أعراض الموت الموضعي المحدود Localized necrosis. وعلى سبيل المثال، تسبب السلالة العملاقة موتاً موضعياً محدوداً على النباتات المقاومة، ولكنها لا تكون مطلقاً ذلك الانتفاخ الشديد الذي تكونه على النباتات القابلة للإصابة (Caubel and Leclercq, 1989). ومن ثمَ، فإنه من الممكن تقييم رد فعل النباتات بعد الإصابة عن طريق ملاحظة الأجزاء الهوائية من النبات. ونموذجياً، لابد من تدعيم عملية التعبير المرضي بواسطة الأعراض المرضية عن طريق تقدير معدل تكاثر النيماتودا. ومن الممكن تقدير ذلك عن طريق تحليل التربة أو عن طريق عدّ النيماتودا في النبات. وتحت الظروف الحقلية، نجد أن هذه العملية هي عملية مستغرقة للوقت، كما أن توزيع الإصابة في الحقل لا يكون أبداً متجانساً بأي حال من الأحوال.

أما تقييم الأعراض في البادرات فهو يسهل عملية اختبار وتقييم الأعداد الكبيرة من النباتات والأصناف. وعادة، يكون رد فعل البادرة، على سبيل المثال، في البرسيم الأحمر أو البرسيم الحجازي متلازماً تلازماً جيداً مع ملاءمة العائل لتكاثر النيماتودا (Caubel *et al.*, 1977 ؛ Lundin and Jonsson, 1975 ؛ Bingefors, 1970). ومن الممكن الاعتماد على التقدير المبكر، بعد ٢-٤ أيام من التلقيح، لتقدير رد فعل العائل تجاه الغزو بالنيماتودا. وقد حاول إلجين وآخرون Elgin *et al.* (1975) في ذلك الأمر وأفادوا بأنه من الواجب الحكم على استجابة العائل للعدوى

obeikandi.com

بالنيماتودا بعد أسابيع من التلقيح، بينما رأى وايتهيد Whitehead (1992) أنه من الضروري تقييم هذه الاستجابة في مرحلة التزهير وتكون الحبوب، أي بعد ذلك بعدة أشهر. أما كوك إيفانز Cook and Evans (1988) فقد أفادا بأن كثيراً من النباتات التي صنفت كنباتات مقاومة في مبدأ الأمر قد اتضحت قابليتها للإصابة عندما تم التقييم متأخراً. وهذا يثبت أن النيماتودا يمكنها البقاء حية في الأنسجة النباتية دون تكشف أية أعراض مرضية.

تعد المقاومة لنيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci* في كل من: الفول، والبرسيم الحجازي، والبرسيم الأحمر، والبرسيم الأبيض وظيفة لرد فعل النباتات الفردية تبدأ أساساً من البذرة، علماً بأن رد فعل الصنف يكون محكوماً بنسبة النباتات المقاومة في عشيرة نباتية معينة (Caubel and Leclercq, 1989). ويبلغ معدل تكاثر نيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci* أوجه في النباتات التي تتضخم خلايا أنسجتها Hypertrophied tissues في مناطق الإصابة. ويبدو أن ذلك يكون انعكاساً أيضاً لحالة التوازن بين معدل تكاثر النيماتودا ونمو وتشكل النبات. وعلى ذلك، نجد أنه في نباتات الشوفان التي تزرع في فصل الربيع، تنمو السيقان سريعاً وتظهر عليها علامات التغليظ الثانوي (اللوحة الملونة رقم ٩). وفي الأصناف القابلة للإصابة مبكرة النضج، نجد أنه نادراً ما تنجح نيماتودا السيقان والأبصال في إحداث تضخم الخلايا Hypertrophy، ولا تتكاثر مقارنة بما يحدث في الأصناف الشتوية القابلة للإصابة التي تبقى فيها الأنسجة المرستيمية غضة ونشطة لفترات طويلة. ويسبب الغزو النيماتودي بوجه عام ظهور كتل الخلايا متضخمة الحجم، وظهور الأعراض المرضية التي تشمل أيضاً غزو الأنسجة المرستيمية قبل أن تدخل الأنسجة في مرحلتي اللجننة Lignification والاستطالة Elongation.

نيماتودا سيقان الأرز *Ditylenchus angustus*

تتغذى نيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* خارجياً على أوراق الأرز حديثة العمر داخل غلاف الورقة. ويمكن تصنيف التراكيب الوراثية للأرز تبعاً لنوع العرض المرضي الذي يظهر على الأوراق حديثة التكوين بعد العدوى. وتظهر الأعراض المرضية على النباتات القابلة للإصابة بشكل بقع بيضاء صغيرة على الأوراق، وتتجمع وتلتحم عند قاعدة نصل الورقة (اللوحة الملونة رقم ٧). وقد يكون ذلك مصحوباً بتجعد سطح الورقة المصابة، وتشوه في العرق الوسطي. وفي حالة الإصابة الشديدة، تبيض الورقة بكاملها. وقد طور بلاورايت وجيل Plowright and Gill (1994) طريقة لتقييم شدة الأعراض على الأوراق المصابة وأثبتا وجود علاقة تلازم قوية بين شدة الأعراض وعدد النيماتودا في كل نبات (الشكل رقم ٥،٤). وقد لا تظهر على النباتات المقاومة أية أعراض مرضية، أو تظهر عليها أعراض التلون البني السريع نتيجة لتغذية النيماتودا عليها. وقد يظهر هذا التلون البني على العرق الوسطي للورقة، أو داخل حفر صفراء صغيرة على النصل. وقد يظهر التلون البني أيضاً على النباتات القابلة للإصابة ولكنه يكون بطيئاً في ظهوره، بسبب تدهور الأنسجة المصابة. ويُتخذ من رد الفعل المقاوم المختلف في نوعيته عادة قاعدة يُبنى عليها الاختيار الوراثي. كما وجد بلاورايت وجيل Plowright and Gill (1994) أيضاً تغيراً كمياً في القابلية للإصابة بنيماتودا سيقان الأرز *D. angustus*.

obeikandl.com

الشكل رقم (٥,٤). مقياس لتسجيل شدة أعراض الإصابة بمرض "أوفرا Ofra" على نباتات الأرز القابلة للإصابة بنيماتودا سيقان الأرز *Ditylenchus angustus*.

نيماتودا النوع *Ditylenchus africanus*

لم ترد تقارير حول مقاومة النباتات لنيماتودا النوع *D. africanus*، برغم الحديث عن بعض الأصناف المتحملة (Venter *et al.*, 1993). ويعتمد توصيف أصناف الفول السوداني على شدة الأعراض التي تظهر على القرون والبذور عند الحصاد. ويمكن تدريج شدة المرض على القرون على مقياس صفر – ١٠، وتقدير نسبة ظهور الأعراض (التلون) على سطح القرون المصابة، بينما تكون شدة المرض على البذور عبارة عن نسبة البذور الملطخة Blemished seeds (Venter *et al.*, 1991).

نيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس *Ditylenchus destructor*

يتم تقييم مقاومة التراكيب الوراثية للبطاطا الحلوة تجاه نيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس *D. destructor* في الصين تبعاً لدرجة تلون درنات البطاطا بدايةً من نقطة التلقيح أو العدوى (Anon., 1992).

قواعد التقييم

Screening Protocols

تقييم مقاومة البرسيم الأبيض والبرسيم الأحمر والبرسيم الحجازي لنيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci* تحت الظروف المتحكم بها/البيت الزجاجي

Screening white clover, red clover and Lucern (alfalaf) in comtrolled environment/glasshouse.

تجرى اختبارات التقييم على أفضل صورة تحت الظروف المتحكم بها التي توفر درجة حرارة ١٢/١٥ °م (نهار/ليل) و٨/١٦ ساعة (ضوء/ظلام). وإذا لم يتوفر ذلك فإن البديل يكون صوبة زجاجية باردة، أو يجرى

الاختبار تحت الظروف الحقلية (وذلك إذا توفرت ظروف الحماية من الظروف غير الملائمة مثل الصقيع والشمس). إذاً فمن الممكن إجراء اختبار التقييم تحت الظروف الحقلية، ولكن وبسبب التغير في الظروف الجوية من ناحية، وصعوبة التلقيح بالنيماتودا من ناحية أخرى، فمن المتوقع أن يهرب عدد كبير من النباتات من الإصابة ومن ثم يتحتم زيادة عدد المكررات.

١- توضع صينية إنبات متعددة الفجوات البلاستيكية (٨ صفوف × ٥ أعمدة)، وسعة كل فجوة ٥٠ سم^{٣} تربة في صينية أكبر للإكثار تحتوي قاعدتها على ثقوب للصرف، ثم تملأ الفجوات (الأصص) بخليط (١ : ٣ حجم/حجم) من الكومبوست والفيرميكيولايت الزراعي. بعد ذلك توضع الصواني في الماء ليتشرب الكومبوست بالماء، وبعد الصرف توضع كل صينية على حدة في صينية أخرى مماثلة في الحجم غير مثقبة وتغطى بغطاء شفاف نظيف.

٢- توضع البذور النابتة في الفجوات (الأصص) بمعدل بذرة/أصيص، وخمس بذور (خمس مكررات) لكل صنف في كل عمود. ويجب أن تحتوي كل صينية على ستة أعمدة للأصناف المختبرة وعمود واحد لصنف معلوم المقاومة، وعمود أخير لصنف معروف بقابليته للإصابة.

٣- تترك البادرات لتنمو لمدة ثلاثة أسابيع على درجة حرارة ١٢/١٥ °م (نهار/ليل) و٨/١٦ ساعة (ضوء/ظلام)، أو حتى ظهور أول ورقة ثلاثية مركبة حيث تصبح البادرات جاهزة للعدوى حينئذ.

٤- يستخلص اللقاح من النباتات المصابة أو من المزارع النيماتودية خارج الأنسجة الحية *In vitro* كما يأتي:

الاستخلاص من النباتات المصابة Infected plants: تجمع البراعم المصابة والمدادات التي تظهر عليها أعراض الإصابة سواء من الحقل أو من الأصص، وتقطع الأوراق والجذور وأي أنسجة تظهر عليها أعراض الموت أو التعفن (لكي يتم التخلص من الفينولات والكلوروفيل). بعد ذلك، تغسل الأجزاء النباتية على منخل سعة ثقوبه ١ – ٢ مم لكي يتم التخلص من الكومبوست، والمتطفلات الخارجية وحبيبات التربة. ثم تقطع الأجزاء النباتية إلى قطع صغيرة بطول ٥ مم، وتستخلص النيماتودا منها بطريقة طبق وايتهيد Whitehead tray المحورة، أو بطريقة غرفة الرذاذ Mist extraction chamber.

الاستخلاص من المزارع النيماتودية خارج الأنسجة الحية In vitro cultures: تختار أطباق بتري لأنسجة الكالس المصابة التي تحتوي النيماتودا الحية النشطة الموجودة في غطاء الطبق وبيئة الآجار. تقطع أنسجة الكالس والآجار بواسطة ملقط وتستخلص النيماتودا منها وكذلك تجمع النيماتودا من أغطية الأطباق في طريقة طبق وايتهيد Whitehead tray المحورة أو في غرفة الرذاذ.

٥- تجمع النيماتودا بعد ٢، و٢٤، و٤٨ ساعة. وفى كل مرة (توقيت)، ترسب النيماتودا التي تم جمعها على درجة حرارة ٢ – ٤ °م ويتم التخلص من الجزء الرائق supernatant ثم يعاد إضافة ماء جديد. وبهذه الطريقة يتم التخلص من الفينولات النباتية والكلوروفيل التي من الممكن أن تتسبب في إضعاف نشاط النيماتودا.

٦- توضع النيماتودا بكاملها في حجم معلوم، ويتم تهويتها، وتقسم إلى عينات صغيرة يتم فيها عدّ النيماتودا، ومنها يتم حساب العدد النهائي من النيماتودا.

٧- يخفض الحجم النهائي للنيماتودا ويضبط بحيث يتم الحصول على كثافة لقاح قدرها ١٠٠٠٠ نيماتودا/مل تقريباً (١٠ نيماتودا/ميكروليتر). يتم تهوية النيماتودا، ثم ترسب على درجة حرارة ٢ - ٤ °م، ثم تزال نصف كمية المعلق ويضاف عوضاً عنها كمية مساوية من الكاربوكسي ميثايل سليولوز ٢٪.

٨- يتم تلقيح البادرات بواسطة قطرة من المعلق النيماتودي حجمها ١٠ ميكروليترات توضع على النسيج المرستيمي الابتدائي على محور الورقة الثلاثية (الشكل رقم ٥،٢). وهكذا، حتى يتم تلقيح البادرات جميعاً. ويلاحظ تحريك المعلق النيماتودي باستمرار لضمان التوزيع المتساوي للنيماتودا فيه. تغطى كل صينية بعد ذلك بغطاء نظيف شفاف لضمان بقاء نسبة عالية من الرطوبة.

٩- تؤخذ قطرات (عينات) من بداية ونهاية كل صينية، وتعدّ فيها النيماتودا لضمان تجانس النيماتودا في اللقاح.

١٠- تتم إعادة تلقيح البادرات كما سبق بعد ٢ - ٧ أيام من التلقيح الأول، ولكن بطريقة عكسية، فيبدأ التلقيح من آخر بادرة لقحت في الاختبار الأول ويستمر راجعاً حتى أول بادرة تم تلقيحها في هذا الاختبار، وذلك لخفض فرص حدوث هروب أية بادرة من الإصابة.

١١- ترفع البادرات بعد ذلك بحوالي أسبوع وتصبغ كلياً بطريقة الفوكسين الحامضي (Byrd *et al.*, 1983) لتحديد الأطوار النيماتودية داخل البادرة، وكذلك أول ظهور للإناث واضعة البيض. ويمكن رؤية تطور الأعراض بعد ٣ و٦ أسابيع من العدوى، ويتم تسجيل حدوث أي تضخم في حجم الخلايا Hypertrophy، أو سرعة في انقسامها Hyperplasia، أو انتفاخات أو تقزم في الأنسجة المرستيمية والأوراق وأعناقها.

١٢- يمكن تقدير عشائر الجيل الثاني من النيماتودا بعد ٤-٦ أسابيع من العدوى، وذلك بعدّ الأطوار الحية من النيماتودا المستخلصة من البادرات.

تقييم مقاومة أصناف الفول لنيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci*

Screening field beans for resistance to *Ditylenchus dipsaci*

تم تطوير عدة طرق مختلفة لتقييم مقاومة أصناف الفول لنيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci*، سواء تحت الظروف الحقلية أو البيت الزجاجي أو المختبر، وذلك باستخدام تربة ملوثة طبيعياً أو صناعياً بالنيماتودا، أو بإجراء العدوى المباشرة للنباتات محل الاختبار.

التقييم الحقلي Field evaluation

١- تجمع كميات كبيرة من السيقان النباتية المصابة من الحقول، وتقطع إلى قطع صغيرة بطول ٢ سم، وتخلط جيداً مع التربة لتعطي كثافة نيماتودية قدرها ٣٠٠ نيماتودا/سم^3 تربة.

٢- تنبت البذور في حفر مفتوحة، طولها ١م، وتبعد عن بعضها بمسافات ٥٠ سم، ويلاحظ زراعة صنف قابل للإصابة مع كل خمسة أصناف مختبرة. تغطى جميع البذور بطبقة ارتفاعها ١٥ سم من التربة الملوثة بالنيماتودا، ويتم الري مباشرةً. وقد استخدم عباد وآخرون Abbad *et al.* (1990) معلقاً مائياً يحتوي على ٣٠٠ نيماتودا/بادرة عمرها شهر واحد.

٣- تسجل الأعراض المرضية عندما تخرج ٨٠٪ من القرون، حيث تكون الأعراض قد تكشفت بوضوح على الصنف المقارن القابل للإصابة، ويتم التسجيل بناءً على وجود وطبيعة العرض (Hanounik *et al.*, 1986).

اختبارات الأصص Pot tests

١- توضع البذور على سيليكا طمية (Vermex M®, Effisol, France) على درجة حرارة ٢٣ °م. ثم تنقل بعد ٤-٥ أيام إلى أصص بواقع بذرة/أصيص يحتوي على كومبوست عضوي معقم بالبخار تحت ضغط، وذلك بمعدل ٣٠ أصيص/صينية، ثم تنقل الصواني إلى غرفة نمو متحكم بها على درجة حرارة ١٥ °م، و١٦ ساعة ضوء.

٢- يستخلص اللقاح من الأنسجة الجافة لنباتات مصابة حتى يمكن الحصول على الأطوار ما قبل الكاملة من النيماتودا، ثم تقطع الأنسجة الجافة على منخل سعة ثقوبه ٢٠ ميكرومتراً وتنقع في الماء. تجمع بعد ذلك النيماتودا كل ساعتين، ويرسب كل مستخلص على درجة حرارة ٢ - ٤ °م. ويتم التخلص من المعلق ويضاف عوضاً عنه ماء نظيف.

٣- توضع النيماتودا المستخلصة في حجم معلوم من الماء ويتم تهويته، ثم يؤخذ منها عينات تعدّ فيها النيماتودا، ويحسب العدد النهائي للنيماتودا. بعد ذلك يخفض حجم المعلق، وذلك بترسيب النيماتودا وإنقاص حجم الماء للحصول على كثافة لقاح تساوي ٢٠٠ نيماتودا/١٥ ميكروليتر ماء.

٤- يضاف حجم مساو من الكاربوكسي ميثايل سليولوز ٢٪ للحصول على ١٠٠ نيماتودا/١٥ ميكروليتر/قطرة، ويوفر هذا المحلول التصاقاً جيداً على النبات مما يسمح بزيادة نسبة اختراق النيماتودا للنبات.

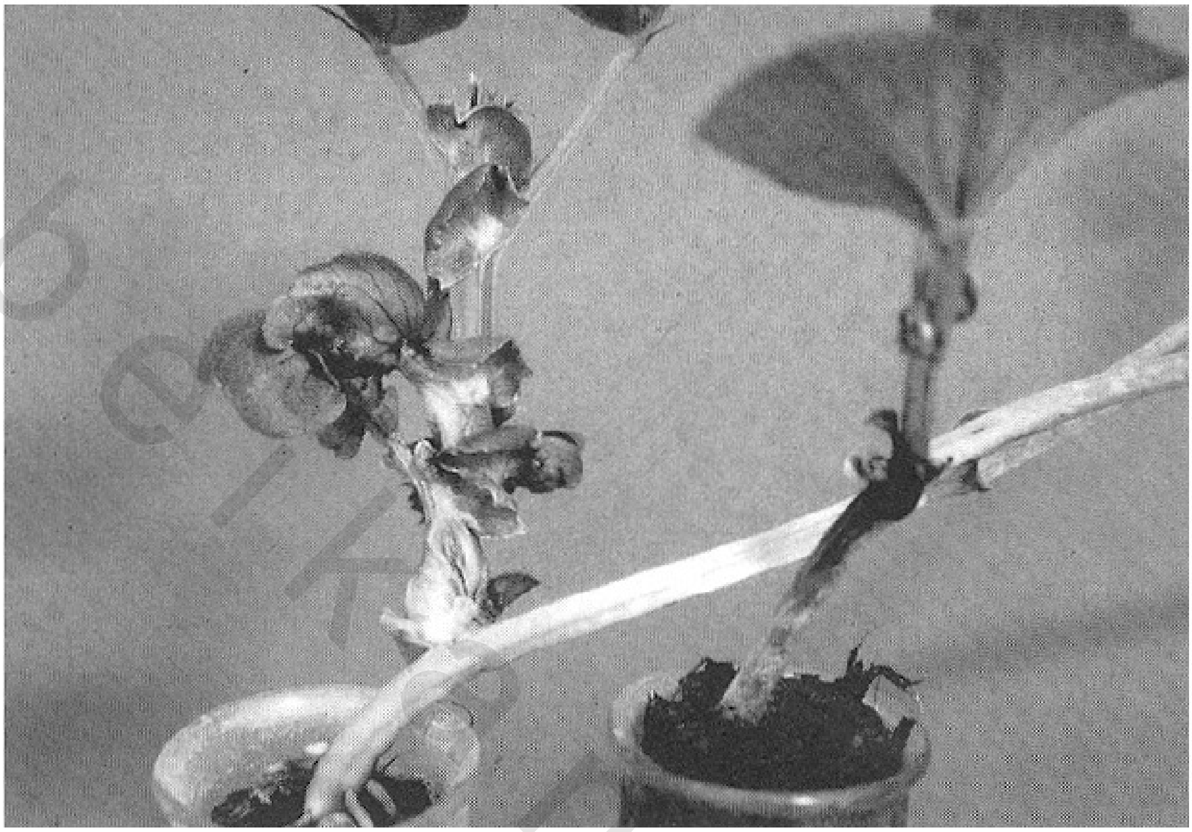
٥- تلقح البادرات عمر عشرة أيام، وذلك بوضع قطرة (١٥ ميكروليتراً) على الأذينة Stipule الأولى. بعد ذلك تغطى كل صينية لتوفير الرطوبة عدة أيام.

٦- تؤخذ قطرات (عينات) عند بداية ونهاية كل صينية لتقدير تجانس اللقاح.

٧- يتم تقدير تطور الأعراض بعد شهرين من التلقيح، وتسجل أعراض الانتفاخ والتقزم والموت الموضعي في السيقان والأوراق (الشكل رقم ٥,٥).

٨- يتم تقدير معدل تكاثر النيماتودا في كل نبات؛ وذلك بتمزيق الأنسجة النباتية في خلاط، ويركز أو يخفف المعلق وتعدّ النيماتودا في عينات لتقدير العدد الكلي للنيماتودا/نبات. بعد ذلك يتم حساب معدل تكاثر النيماتودا (= الكثافة النهائية للنيماتودا ÷ ١٠٠) الذي يتناسب مع معدل ظهور الأعراض.

obeikandl.com



الشكل رقم (٥،٥). نباتات فول *Vicia faba* بعد تلقيحها بالسلالة العملاقة من النيماتودا *Ditylenchus dipsaci*. إلى اليسار: نبات قابل للإصابة، وإلى اليمين: نبات مقاوم.

تقييم مقاومة أصناف محاصيل الحبوب لنيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci*

Screening cereals for resistance to *Ditylenchus dipsaci*

يتم تقييم أصناف محاصيل الحبوب في البيوت الزجاجية بأفضل فاعلية ممكنة أثناء الموسم الطبيعي لحدوث العدوى في الحقول (أي في فصل الشتاء أو أوائل الربيع). وإذا لم تتوفر تلك الظروف، فإن الظروف المتحكم بها تكون هي البديل المناسب، بحيث تتم محاكاة الظروف الموسمية للمحصول المراد اختباره. وكلما طالت فترة نمو النباتات بعد التلقيح، سمح ذلك للنيماتودا بالتكاثر، وللأعراض المرضية بالتكشف قبل أن تدخل النباتات في مرحلة التكشف والاستطالة.

١- تزرع ٨ – ١٠ بذور نابتة من كل صنف في دائرة يبعد محيطها ٢ سم إلى الداخل من المحيط الخارجي للأصص ذات القطر ١٥ سم التي تحتوي على تربة عضوية أساسها الكومبوست. يوضع كل أصيص في صينية صغيرة لكي يتم الري بعد ذلك من أسفل، وترتب الأصص في ترتيب عشوائي. ويجب أن يحتوي كل عمود من الأصص على جميع الأصناف المختبرة وكذلك صنفي مقارنة، أحدهما مقاوم والآخر قابل للإصابة.

٢- تتم عدوى البادرات بمجرد ظهور الريشة Coleoptile.

٣- يجمع القش الجاف من النباتات المصابة، وتنقع ٣-٤ خلفات نباتية في الماء العادي لمدة ساعتين (وذلك لمنع حدوث أية أضرار للنيماتودا عند استخلاصها)، ثم تشق كل قشة طولياً تحت مجهر التشريح وتوضع في طبق وايتهيد Whitehead tray المحوَّر لاستخلاص النيماتودا منها طوال الليل Overnight. يتم بعد ذلك عدّ النيماتودا المستخلصة، ويحسب العدد المطلوب من الخلفات النباتية للحصول على كثافة لقاح ابتدائي = ١٠٠ - ٢٠٠ نيماتودا/بادرة. تستخلص النيماتودا (انظر بروتوكول البقوليات) وتعدّ مرتين يومياً لمدة ٤٨ ساعة. وفي كل مرة، ترسب النيماتودا على درجة حرارة ٢ - ٤ °م قبل التخلص من المعلق الزائد وإضافة ماء نظيف للتخلص من الفينولات النباتية التي قد تضر بنشاط النيماتودا.

٤- تجمع النيماتودا جميعها بعد ذلك في حجم معلوم من الماء وتؤخذ عينات للعدّ وحساب العدد النهائي من النيماتودا في هذا الحجم، ثم يخفض الحجم بعد ذلك ليعطي كثافة نهائية من النيماتودا قدرها ١٠ - ٢٠ نيماتودا/ميكروليتر. تترك النيماتودا لترسب، ثم يشفط نصف المعلق، ويضاف عوضاً عنه كمية مساوية من الكاربوكسي ميثايل سليولوز ٢٪ ويخلط الجميع.

٥- يتم تلقيح البادرات بوضع قطرة حجمها ٥ - ١٠ ميكروليترات من المعلق (١٠٠-٢٠٠ نيماتودا) مباشرةً داخل الريشة. ويتم ذلك باستخدام محقن تحت البشرة أو ماصة دقيقة. ويبدأ العمل بإزاحة جزء من الكومبوست حول قاعدة البادرة التي سيتم تلقيحها، ثم يتم عمل أي من الإجراءين التاليين:

أ) يملأ محقن تحت البشرة بمعلق جيد الخلط من النيماتودا، ثم تدخل إبرة المحقن في قاعدة الريشة بزاوية ٤٥ درجة، ويدفع اللقاح مباشرة في الغلاف. وقد يشعر القائم بالعمل ببعض المقاومة عند دخول المعلق في الغلاف، وقد تظهر قطرة صغيرة من المعلق عند قمة الريشة. ويجب الحذر عند إجراء الحقن فلا يسمح لإبرة المحقن بالدخول مستقيمة في الريشة، بل مائلة بزاوية ٤٥ درجة. وتتطلب هذه العملية التمرين المستمر حتى يتم إتقانها تماماً. ويجب أن تكون هناك كمية زائدة من اللقاح دائماً حيث تنسد إبرة المحقن أحياناً وتحتاج إلى استبدالها. كما يجب ملاحظة أن المحافظة على توزيع النيماتودا في المعلق في هذه الطريقة يكون دائماً أمراً صعباً، ومن ثم تتغير كثافة اللقاح وكميته التي تحقن داخل النبات دائماً.

ب) وهي طريقة بديلة لتلك التي ذكرت في (أ) وتجرى باستخدام مشرط لعمل شق طولي في قاعدة الريشة، وفيه يوضع اللقاح باستخدام ماصة دقيقة (يجب الحذر من فقد اللقاح وذلك بالتأكد من أنه قد وضع بالكامل داخل الأنسجة الحديثة للورقة داخل الريشة).

٦- تعاد كمية الكومبوست التي تمت إزالتها من حول قاعدة الريشة في البداية إلى مكانها، ويجب التأكد من توفر كمية مناسبة من الرطوبة وذلك بتغطية كل أصيص بواسطة كيس من البلاستيك لمدة أسبوع بعد التلقيح.

openarabic.com

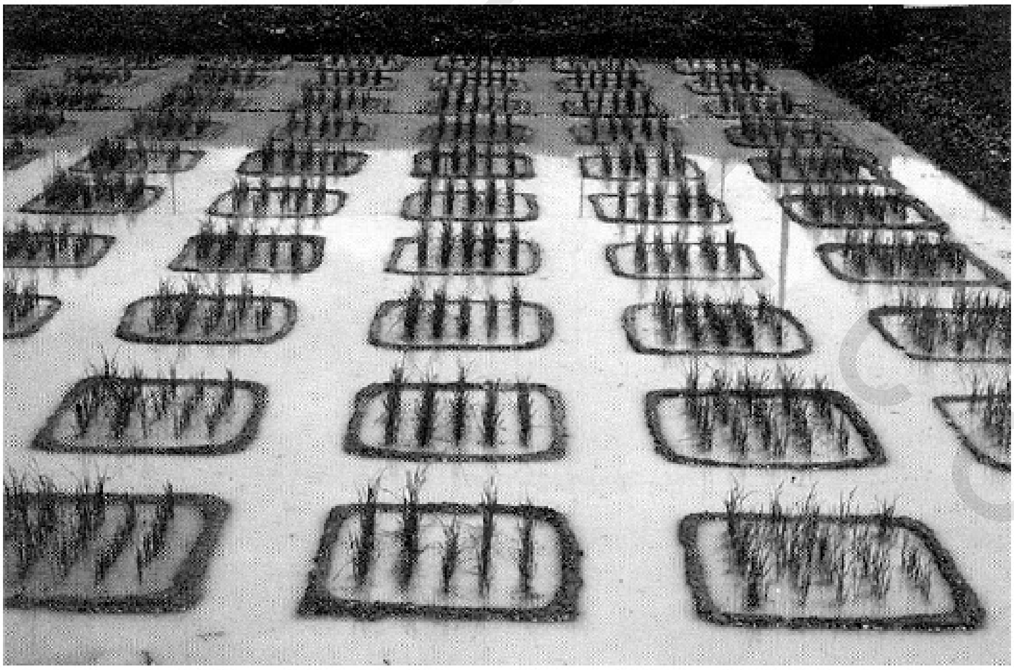
٧- يتم التأكد من حدوث الاختراق والعدوى، وذلك بصبغ عدد إضافي من البادرات بوضعه في كلوركس/فوكسين حامضي (Byrd *et al.*, 1983)، وذلك بعد أسبوعين من العدوى. تسجل الأعراض المرئية على النباتات بعد حوالي ٤ – ٦ أسابيع (بالقياس إلى نباتات المقارنة). تتم حساب الكثافة النهائية للنيماتودا في النباتات، وذلك بشق الخلفات النباتية طولياً حتى القاعدة، واستخلاص النيماتودا منها بطريقة طبق وايتهيد المحوَّرة Whitehead tray، ثم يتم عدّ البيض والأطوار اليرقية للنيماتودا.

تقييم مقاومة الأرز لنيماتودا سيقان الأرز

Screening rice for resistance to *Ditylenchus angustus*

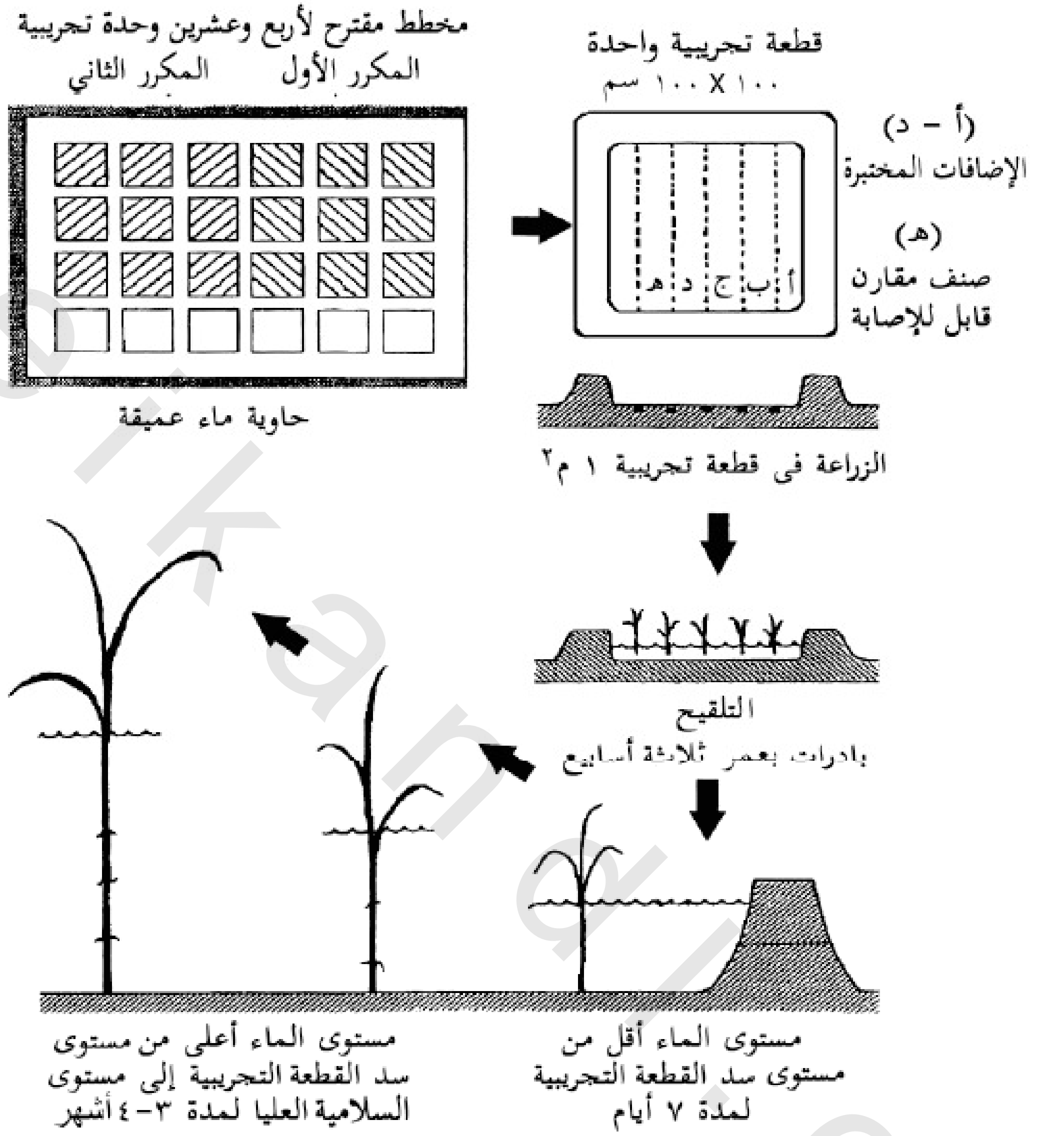
الاختبارات الحقلية Field tests

تتطلب الاختبارات الحقلية لصفة المقاومة في حقول الأرز المروي بناء أحواض كبيرة يمكن ملؤها بالماء بطريقة متحكم بها حتى عمق ٢ – ٣ م (الشكل رقم ٥,٦). أما اختبارات المقاومة في حقول أرز المنخفضات فتتطلب فقط صناديق عادية تملأ حتى ارتفاع ٣٠ – ٤٠ سم. ويجب ألا يتم الاختبار في غير وقت الموسم الطبيعي (فعلى سبيل المثال، لا يتم اختبار المقاومة في الأرز المروي خلال الموسم الجاف بسبب حساسية ديناميكية عشائر النيماتودا للرطوبة الجوية). وقد تم تحوير هذا البروتوكول بواسطة رحمان Rahman (1982)، و Anon (1985).



الشكل رقم (٥,٦). أحواض حقلية لاختبار مقاومة أصناف الأرز عميق المياه لمرض "أوفرا Ofra" الذي تسببه نيماتودا سيقان الأرز *Ditylenchus angustus* (أخذت الصورة في مرحلة تلقيح النباتات، انظر أيضاً الشكل رقم ٥,٧).

openlibrary.com



الشكل رقم (٥,٧). شكل تخطيطي لبروتوكول اختبار صفة المقاومة تجاه نيماتودا سيقان الأرز *Ditylenchus angustus* في الأرز المروي عميق المياه، انظر أيضاً الشكل رقم (٥,٦).

١- يقسم الحوض الكبير إلى قطع تجريبية plots بمساحة ١ م^2، ويوضع فيها الطين بارتفاع ١٥ – ٢٠ سم. ويجب أن تكون هناك ممرات بعرض ١ م بين القطع التجريبية.

٢- تزرع بذور أصناف الأرز في صفوف على مسافات ٢٠ سم، تخفف إلى٢٠ بادرة/ صف. ويجب أن تحتوي كل قطعة تجريبية على صنفي مقارنة، أحدهما مقاوم والآخر قابل للإصابة، وثلاثة أصناف اختبار.

٣- تلقح البادرات بنيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* بعد ٢ – ٣ أسابيع من الزراعة أو عندما تكون ياقة غمد الورقة على ارتفاع ١٠ – ١٥ سم من سطح التربة.

٤- يرفع مستوى الماء في القطع التجريبية إلى حوالي ١٠ سم قبل إجراء التلقيح، ومن المهم ألا تكون النباتات غاطسة بكاملها في الماء.

٥- تجمع كمية كافية من النباتات من المزارع النيماتودية تكفي للحصول على كمية كافية من اللقاح لإجراء التقييم. تقطع أغماد الأوراق فوق أعلى عقدة من الساق في النباتات المصابة إلى قطع عرضية بطول ٣ سم وتخلط خلطاً جيداً. تؤخذ عينة بعد الخلط، وتمزق أنسجة النباتات طولياً في الماء وتترك لاستخلاص النيماتودا طوال الليل Overnight. يحسب عدد النيماتودا في كل قطاع عرضي من الساق، ومنها يمكن حساب عدد القطع الساقية المطلوبة للحصول على كثافة لقاح = ١٠٠ نيماتودا/بادرة (=١٠٠٠٠ نيماتودا لكل قطعة تجريبية).

٦- يقطع العدد المطلوب من السيقان النباتية المصابة إلى قطع صغيرة، ثم تشق هذه القطع طولياً وتعوّم على سطح الماء في القطع التجريبية.

٧- بعد التلقيح، يتم الحفاظ على مستوى الماء في القطع التجريبية تحت مستوى ياقة البادرة Seedling collar بحوالي ٢ سم لمدة سبعة أيام. وإذا تأخر التلقيح، فإن مثل هذه النباتات تستطيل، ومن ثم يرتفع مستوى العقدة المرستيمية فوق الماء، ولا تتم العدوى.

٨- بعد سبعة أيام من حدوث الاختراق للنباتات المختبرة بواسطة النيماتودا، يجب أن يرتفع مستوى الماء كلما ارتفعت أطوال النباتات فوق مستوى القطع التجريبية، وذلك للحفاظ على مستوى الماء عند نفس الموقع النسبي فوق مستوى أعلى عقدة مرستيمية.

٩- وبعد ٣-٤ أشهر -ولكن قبل التزهير- يتم تسجيل الأعراض على أحدث ورقة نباتية في جميع الخلفات النباتية في كل صف row (الشكل رقم ٥,٤). ترفع عشرة نباتات بطريقة عشوائية وتقطع الخلفة الرئيسية عند مستوى الورقة الوسطية. بحيث يتم الحصول على قطع طولها ١٠ سم من كل خلفة فوق مستوى العقدة القمية. تقطع هذه القطع، وتمزق أنسجتها في الماء، وتترك لاستخلاص النيماتودا منها طوال الليل.

١٠- يتم تقدير نسبة الخلفات المصابة بكل تركيب نباتي Entry، وكذلك عدد النيماتودا/خلفة.

اختبارات البيوت الزجاجية Glasshouse or screenhouse tests

تم تحوير هذا البروتوكول عن بلاورايت وجيل Plowright and Gill (1994).

١- تزرع البذور في أصص صغيرة مستطيلة (١٠٠ سم^{٣}) موضوعة في صينية عميقة بدون ثقوب للصرف تسمح بوجود الماء فيها حتى ارتفاع ١٠ سم فوق مستوى سطح التربة في الأصص. تخف البادرات بعد الإنبات إلى

بادرة/أصيص (وفي كل صينية تحتوي ٢٠ أصيص، تخصص أربعة أصص لصنف مقاوم معروف، وأربعة أخرى لصنف قابل للإصابة معروف).

٢- بعد ١٢ يوماً من الزراعة، أو عندما يبلغ ارتفاع ياقة البادرة ١٠ سم، يُرفع مستوى الماء إلى ٨ سم. وإذا كان الماء المستخدم بارداً، يترك ٢٤ ساعة لمعادلة درجة حرارته قبل إجراء التلقيح.

٣- تستخلص النيماتودا من مزرعة وحيدة نوع النيماتودا Monoxenic culture. ويمكن الحصول على النيماتودا *D. angustus* أيضاً من غطاء طبق بتري الذي يحتوي مزرعة لهذه النيماتودا، أو من على سطح الآجار، ويتم جمع هذه المحتويات في قمع بيرمان المحوَّر لاستخلاص النيماتودا (Hooper, 1986). وبعد الاستخلاص، يخفف معلق النيماتودا للحصول على حجم من اللقاح قدره ١ مل، ويحتاج هذا المعلق إلى التحريك الدائم لعدم تجمع النيماتودا.

٤- توضع أنبوبة قطرها ١ – ٣ سم حول كل بادرة في الصينية وتثبت الأنابيب بسلك أو خلافه مما يمكن إزالته بعد ذلك، وتلقح كل بادرة داخل الأنبوبة بحوالى ٣٠٠ – ٥٠٠ يرقة طور ثالث أو رابع أو طور كامل (الشكل رقم ٥،٣).

٥- بعد سبعة أيام من التلقيح، تزال الأنابيب المحيطة بالبادرات المصابة بالعدوى.

٦- يمكن تسجيل نوع وشدة الأعراض (الشكل رقم ٥،٤) التي تظهر على النباتات المصابة بالعدوى بعد سبعة أيام من التلقيح، وتكرر هذه الخطوة للتأكيد بعد سبعة أيام أخرى.

٧- عند الحاجة لعدّ النيماتودا في النباتات، تقطع النباتات عند مستوى سطح التربة بعد ٢٨ يوماً من العدوى، وتزال أوراقها، وترقم، وتحفظ إما بالتجميد، أو في فورمالدهيد (٤٪ حجم : حجم). وإذا تم الحفظ في الفورمالدهيد يجب تغطيس النباتات في ماء مغلي لمدة دقيقة واحدة قبل الحفظ في الفورمالدهيد.

٨- ولعدّ النيماتودا، تصبغ النباتات في فوكسين حامضي بارد (٠،٠١٪ وزن : حجم) طوال الليل Overnight، ثم توضع في خليط من حامض اللاكتيك والجليسرول والماء المقطر (١ : ١ : ١). بعد ذلك تمزق الأنسجة النباتية عند أغماد الأوراق أو بضربها في الخلاط، وذلك لتحرير النيماتودا. ونظراً لأن النيماتودا *D. angustus* هي متطفلات خارجية، فإنه يفضل دائماً استخدام طرق تمزيق الأنسجة حيث يحتوي معلق النيماتودا الناتج منها على بيض وأطوار نيماتودية نظيفة يمكن عدها بسهولة.

الشراسة الإمراضية للنيماتودا
Nematode Virulence

ورد الحديث عن وجود سلالات داخل نوع نيماتودا السيقان والأبصال *D. dipsaci*، كما ورد الحديث أيضاً عن الأداء المحصولي الجيد لبعض الأصناف في تربة ملوثة بتلك النيماتودا. أما الدليل عن وجود طرز إمراضية

من النيماتودا *D. dipsaci* فقد ظهر في الخمسين سنة الماضية ، وبطريقة لا تقبل الشك في بعض الحالات. ولذلك ، فإنه يجب التحقق من وجود الطرز الإمراضية ، وذلك عن طريق إجراء اختبارات التقييم لعدد كبير من العشائر النيماتودية.

وردت أيضاً بعض التقارير حول صفة الشراسة الإمراضية في سلالات البرسيم الأبيض من النيماتودا. وقد كانت السلالات النباتية من البرسيم الأبيض المختبرة هي الجيل السادس من سلالات داخلية التربية Inbreds تقترب من درجة السلالات المتماثلة Isogenic lines ، وتختلف فيما بينها فقط في درجة مقاومتها أو قابليتها للإصابة ، وتتشابه مظهرياً Phenotypically مع الهجين الأول F1 لسلالات مقاومة وأخرى قابلة للإصابة نتجت من آباء تم اختيارها بدقة. وقد كانت صفة المقاومة في كلا المجموعتين من البرسيم الأبيض فعالة تجاه عشائر النيماتودا التي تم جمعها من بريطانيا ، وفرنسا ، ونيوزيلاندة ، ولكنها كانت غير فعالة بالكلية تجاه العشائر السويسرية (اتصالات شخصية مع مايزن K. A. Mizen, 1999). وقد كان وجود الطرز الإمراضية Pathotypes واضحاً أيضاً في حالة أخرى ، هي تكاثر عشيرة حقلية من النيماتودا *D. dipsaci* على سلالة متماثلة الزيجوت Homozygous عالية المقاومة من الفول *Vicia faba* هي السلالة "INRA 29H". وقد تم تسجيل هذه الشراسة الإمراضية أيضاً في عشيرة حقلية مفردة من النيماتودا *D. dipsaci* في المغرب تسبب انتفاخات شديدة ومعدل عالٍ من التكاثر على البرسيم الأبيض.

تم وصف طراز إمراضي قادر على كسر صفة المقاومة في نباتات البرسيم الحجازي من كل من : سلالة البرسيم الحجازي للنيماتودا *D. dipsaci* (Smith, 1951 ؛ Grundbacher and Stanford, 1962 ؛ Whitehead, 1984) ، وكذلك السلالة العملاقة (Sturhan, 1965). كما وجد وايتهيد Whitehead (1984 ؛ 1992) ، ووايتهيد وآخرون Whitehead *et. al.* (1987) أن الأصناف المفترض أنها أصناف مقارنة كانت في الواقع قابلة للإصابة ببعض العزلات الأوروبية من النيماتودا *D. dipsaci* ، واستخلصوا من ذلك أن هناك تغيرات يمكن تفسيرها بأنها تعود إلى وجود طرز إمراضية مختلفة داخل سلالات نيماتودا السيقان *D. dipsaci*. إلا أن المشكلة في هذا الاستنتاج هي أنهم لم يستبعدوا مصدرين هامين من التغير يمثلان شكاً حول هذه الطرز الإمراضية. المصدر الأول منهما هو أن الأصناف التي شملها الاختبار كانت متباينة الزيجوت Heterozygous ، والثاني هو الخطأ في تصنيف النباتات إلى مقاوم وقابل للإصابة ، حيث هربت بعض النباتات من الإصابة بسبب عدم نجاح عملية تلقيحها بالنيماتودا. وقد تؤدي النسب العالية من هروب النباتات من الإصابة في الاختبارات الأولية إلى فقد ظاهر في المقاومة في الاختبارات التالية التي تكون نسبة الهروب فيها قليلة. وعادة ما تكون أصناف البرسيم الحجازي متباينة الزيجوت وتحتوي تراكيب وراثية مقاومة وأخرى قابلة للإصابة ، ومن هنا يجب أن يكون عدد النباتات المختبرة كافياً ليعكس هذا التغير. وإضافة إلى ذلك ، وجد وايتهيد وآخرون Whitehead *et al.* (1987) أنه من الصعب تلقيح النباتات وتكاثر النيماتودا على الأصناف المعروفة بقابليتها للإصابة حيث كانت النتائج متغيرة. ومن بين العشائر

obeikandl.com

النيماتودية الأخرى، وجد وايتهيد Whitehead (1992) الدليل من خلال بعض تجارب الأصص حول تغير الطرز الإمراضية للنوع *D. dipsaci* التي جمعها من حقلين مختلفين في مزرعة واحدة في جنوب إنجلترا. وبالرغم من أن إدارة النيماتودا في هذين الحقلين لم تخضع للمناقشة إلا أنه يبدو أنهما يحتويان طرزاً إمراضية مختلفة.

تعد ظاهرتا التغير داخل النوع Intraspecific variation، والتنوع الوراثي Genetic polymorphism من الظواهر المعروفة في النوع *D. dipsaci*. وقد وجد باركر وساسر Barker and Sasser (1959)، وشتيران Sturhan (1975) تداخلات بين عشيرة النيماتودا والصنف النباتي لكل من؛ البازلاء، والفول البلدي، والفول الرومي. كما وصف شتيران Sturhan (1975) اختلافات واضحة في القدرة الإمراضية pathogenicity والشراسة الإمراضية Virulence بين العشائر النيماتودية. وقد وجدت بعض التغيرات في عشائر نيماتودا السيقان الأمريكية على النباتات القابلة للإصابة ولكنها لم تتغلب على صفة المقاومة في الأصناف التي اشتقت مقاومتها من الصنف "Lahontan" (Elgin *et al.*, 1977). كما أن هناك درجات مختلفة من القابلية للإصابة بنيماتودا السيقان في الثوم (Shubina, 1987). وليس هناك دليل على وجود طرز إمراضية قادرة على كسر صفة المقاومة من بين عشائر النوع *D. angustus* (اتصالات شخصية مع بلاورايت R.A. Plowright, 1999). وقد تظهر اختلافات في القدرة التكاثرية لعشائر النيماتودا على أصناف الأرز القابلة للإصابة، ولكنها نادراً ما تكون ثابتة عند تكرار التجارب. ويعود مصدر مثل هذه الاختلافات عادة إلى الاختلافات العملية المتعلقة بالمزرعة وإعداد اللقاح وطرق تطبيقه.

وراثة المقاومة والتراكيب الوراثية
Genetics of Resistance and Germplasm

تستمد بعض أصناف الشوفان البريطانية الشتوية مقاومتها من السلالة المحلية Grey Winter. وفي أصناف أخرى من الشوفان قد تستمد صفة المقاومة من السلالات المحلية والأوروجوية، ولكن في النهاية، كلا المصدرين من المقاومة قد نشأ من أنواع الشوفان البرية (Goody and Hooper, 1962 ؛ Griffiths *et al.*, 1957). وفي الأصناف التي تشتق مقاومتها من الصنف "Grey Winter"، تتوارث صفة المقاومة من خلال جين مفرد سائد، وقد أمكن إدخال هذه الصفة إلى العديد من أصناف الشوفان الشتوية في معهد IGER بويلز في بريطانيا. أما الشوفان البري *Avena indoviciana* فإنه يحتوي على أكثر من جين للمقاومة. وهناك عدد آخر من أصناف الشوفان التي وردت مقاومتها لنيماتودا السيقان (الجدول رقم ٥,١ ، Whitehead, 1997)، ولكن معظم هذه الأصناف كانت مقاومة جزئياً أو متحملة. وبالرغم من أن هذه التفاعلات قد تمثل تحكماً وراثياً مختلفاً، فإنه من الضروري إعادة اختبار هذه المصادر للمقاومة قبل استخدامها في أي منطقة جديدة.

تعد صفة المقاومة في البرسيم الحجازي صفة بسيطة التوراث، وتزداد بالانتخاب داخل أصناف البرسيم الحجازي متباينة الزيجوت. كما أنها تنتقل بسهولة بواسطة التهجينات الرجعية Back crosses، والانتخاب Selection. ويبدو أن هناك أيضاً جيناً سائداً يتحكم في صفة المقاومة في بعض الأصناف ويتوارث رباعياً Tetrasomically، بمعنى أن النبات قد يحتوي أليلاً أو اثنين أو ثلاثة أو أربعة أليلات للمقاومة. أما مصدر المقاومة المستخدم في برامج التربية الأمريكية فقد نشأ من عشائر البرسيم الحجازي في تركستان التي يتم تربيتها في ولاية يوتا Utah الأمريكية، وقد نتج الصنف "Nemastan" من الانتخابات المتكررة التي تمت أثناء ذلك، واستخدم فيما بعد كمصدر للنباتات الأموية للصنف "Lahontan" الذي يعطى ٥٠ – ٦٠٪ نباتات مقاومة. وفي السويد نشأ الصنف "Alfa II" (٧٠٪ من نباتاته مقاومة) من ٥٠٠ نبات مقاوم تم تعريفها من بين ٢٥٠٠٠ بادرة من العشائر الأبوية. وتعد صفة المقاومة المتوفرة في الصنفين؛ "Lahontan"، و"Vertus" صفة فعالة تجاه عشائر نيماتودا السيقان في العالم. أما صفة المقاومة في البرسيم الأحمر فقد تم انتخابها من الأصناف التجارية القديمة. ويبدو أن هذه الصفة فعالة تجاه جميع عشائر سلالة البرسيم الأحمر من هذه النيماتودا. وبالرغم من إمكانية وجود عزلات نيماتودية ذات مستويات مختلفة من التكاثر على أصناف البرسيم الأحمر، إلا أنه لا يوجد أي دليل ملموس يشير إلى إمكانية تغلب أي من عشائر النيماتودا على التراكيب الوراثية المقاومة من البرسيم الأحمر، برغم الضغوط الانتخابية المتكررة التي تتعرض لها تلك العشائر (Cook and Yeats, 1993). ويبدو أن صفة المقاومة في أصناف البرسيم الأحمر السويدية تتوارث عن طريق جينيين سائدين (Nordenskiold, 1971). وقد استخدمت بعض برامج التربية مصادر من البرسيم الحجازي والبرسيم الأحمر لإنتاج أصناف مقاومة (الجدول رقم ٥,١؛ Cook and Yeats, 1993؛ Whitehead, 1997).

ويبدو أن مقاومة البرسيم الأبيض لنيماتودا السيقان صفة بسيطة نسبياً، حيث تزداد نسبة النباتات المقاومة بعد جيلين من الانتخاب وتنتج التهجينات بين نباتات الآباء جيلاً أولاً F1 تكون معظم نباتاته مقاومة، مما يدل على سيادة صفة المقاومة. وتحتوي العديد من الأصناف على نسبة من النباتات المقاومة على الرغم من أن بعض هذه الأصناف يوصف بأنه كامل المقاومة. ويحتوي الجدول رقم (٥,١) على قائمة بالأصناف التي تتميز ببعض الدرجات من المقاومة، والتي أوردها كوك وييتز Cook and Yeats (1993) و وايتهيد Whitehead (1997). ومثل هذه الأصناف – كأصناف البرسيم الحجازي والبرسيم الأحمر – هي أصناف متباينة الزيجوت وتتطلب الانتخاب المستمر أثناء دورات إنتاج البرسيم للمحافظة على مستوى المقاومة بها.

obeikandi.com

الجدول رقم (٥,١). الأصناف المحصولية والتراكيب الوراثية المقاومة لنيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci*.

المحصول	الاسم العلمي	الصنف/التركيب الوراثي	البلد	المرجع
برسيم حجازي	*Medicago sativa*	"Vertus"	السويد	Cook and Yeates (1993)
		"Nova"	أستراليا	
		"Washoe Lahontan"	أمريكا	
		"Resistador II"		
برسيم أبيض	*Trifolium repens*	"Line G49"	نيوزيلاندة	Mercer and Grant (1995)
	متحمل	"Sabeda"	نيوزيلاندة	West and Steele (1986)
		"Katrina"		
		"Alice"	بريطانيا	Cook and Evans (1988)
		"Donna"		
		"Aran"		
		"Pronitro"		
شيلم	*Secale cereale*	"Ottersum (land race) Heentvelder"	هولندا	Ritzema-bos (1922)
فول	*Vicia faba*	"INRA 29H"	فرنسا	Caubel and Le Guen (1983)
		"Several"		Castel (1990)
				Hanounik *et al.* (1977)
		"Souk el Arba"	المغرب	Schreiber (1977)
		"Pharb (land race)"		
برسيم أحمر	*Trifolium pratense*	"Sabtoron"	بريطانيا	
		"Norseman"		
شوفان	*Avena sativa*	"Grey Winter"		
		"Peniarth"		
		"Anita"	بلجيكا	Calmort (1985)
		"Bettong"	أستراليا	MacDaniel and Barr (1994)
	A. ludoviciana	"Cc 4346"	بريطانيا	Griffiths et al. (1957)

obeikandl.com

وفي الفول *Vicia faba*، يبدو أن المستوى العالي من المقاومة في السلالة "INRA 29H" (Rinal × Côtesd'Or) يتحكم فيه عدد من الجينات Polygenic وينتقل جزئياً أيضاً عن طريق السيتوبلازم. وقد استخدمت الأصناف المقاومة من الفول البلدى (الجدول رقم ٥،١) في فرنسا لتطوير أصناف مقاومة تستخدم في شمال إفريقيا. ويوصف صنفا البازلاء *Pisum sativum*؛ "Alma"، و"Glenroy" بأنهما صنفان متحملان لنيماتودا السيقان *D. dipsaci* في أستراليا (Scurrah *et al*., 1997). أما الصنف "Wando" فقد كان مقاوماً لإحدى عشائر النيماتودا *D. dipsaci* في ولاية كارولينا الشمالية الأمريكية، ولكنه قابل للإصابة بعشيرة أخرى (Barker and Sasser, 1959).

أما الدراسات التي أجريت على توارث صفة المقاومة تجاه نيماتودا سيقان الأرز *D. angustus* فقد اقترحت أن صفة المقاومة هي صفة متنحية وقد تكون محكومة بجينين اثنين (Anon., 1996). وفي معهد بحوث الأرز الدولي، ومعهد بحوث الأرز الفلبيني البنجلاديشي في جازيبور ببنجلادش، تم تعريف عدة عائلات نباتية تحتوي على صفة المقاومة، وتشمل أرز المنخفضات "IR63174" عميق المياه، وعدة عائلات من الأرز المروي، وعدداً آخر من الأصناف المقاومة (Rahman, 1994). تم أيضاً اكتشاف أصناف من البطاطس مقاومة لنيماتودا العفن الجاف في درنات البطاطس *D. destructor* في الصين (Anon., 1992 ؛ Lin *et al*., 1996 ؛ Whitehead, 1997).

ومن بين الأصناف والتراكيب الوراثية التي تم ذكرها فيما قبل، وفي الجدول رقم (٥،١)، وفي قائمتي كوك وييتز Cook and Yeates (1993)، ووايتهيد Whitehead (1997) نجد أن معظم هذه الأصناف تحتاج إلى التأكد من صلاحيتها قبل استخدامها كأصناف مقاومة أو آباء، أو أصناف تجارية. وقد يكون ذلك بسبب وجود تغيرات في التفاعلات بين النيماتودا والنبات كما تم وصفه في هذا الفصل. وقد تعود الاختلافات في النتائج أيضاً إلى وجود سلالات مختلفة وأيضاً طرزاً إمراضية مختلفة من النيماتودا. وإضافةً إلى ذلك، فإن العديد من المحاصيل المقاومة هي لأصناف خارجية التربية، وهي تتطلب انتخاباً متكرراً منتظماً للحفاظ على نسبة عالية من النباتات المقاومة أثناء إنتاج البذور. وهناك أيضاً استثناءات كثيرة في حالة البرسيم الحجازي والبرسيم الأحمر. ولكن بسبب ذلك، وربما أيضاً بسبب مقاومة محاصيل أخرى لنيماتودا السيقان *D. dipsaci* أو لأنواع أخرى من الجنس *Ditylenchus*، قد تكون طرق تحوير وتطوير الأصناف المحلية هي المصدر الأفضل للمقاومة. وسوف يسمح الاستخدام الحذر للبروتوكولات المذكورة في هذا الفصل للباحثين بتعريف النباتات (الفردية أو النسل النباتي) التي تحتوي على مقاومة عالية الفاعلية قابلة للتوارث عوضاً عن هذه الاختلافات الكمية.

obeikandl.com

المراجع

References

Abbad, F.A., Ammati, M. and Alami, R. (1990) Stem nematode in Morocco. Distribution and preliminary screening for resistance. *8th Congress Mediterranean Phytopathological Union*, Agadir, Morocco, pp. 347-349.

Alcaniz, E., Pinochet, J., Fernandez, C., Esmenjaud, D. and Felipe, A. (1996) Evaluation of *Prunus* rootstocks for root-lesion nematode resistance. *HortScience* 31, 1013-1016.

Ali, R. and Ishibashi, N. (1997) Growth and propagation of the rice stem nematode, *Ditylenchus angustus*, on rice seedlings and fungal mat of *Botrytis cinerea*. *Japanese Journal of Nematology* 26, 12-22.

Anon. (1985) The first international rice Ufra screening set (IRUSS). International Rice Research Institute, Philippines.

Anon. (1992) Insect and nematode management. *Annual Report of the International Potato Center*. International Potato Center, Lima, Peru, pp. 81-100.

Anon. (1996) Survey and monitoring of rice diseases. In: *Bangladesh Rice Research Institute, Annual Report for 1993*. Bangladesh Rice Research Institute, Bangladesh, pp. 108-111.

Barker, K.R. and Sasser, J.N. (1959) Biology and control of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci*. *Phytopathology* 49, 664-670.

Bingefors, S. (1970) Resistance against stem nematodes, *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn) Filipjev. *European and Mediterranean Plant Protection Organization Publication Series A*. No. 54, 63-75.

Byrd, D.W., Kirkpatrick, T. and Barker, K.R. (1983) An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. *Journal of Nematology* 15, 142-143.

Cameron, D. (1963) *Report of the Scottish Society for Research in Plant Breeding for 1962*. Pentlandfield, Edinburgh, UK.

Caubel, G. and Leclercq, D. (1989) Estimation de la resistance a la race geante de *Ditylenchus dipsaci* par les symptomes chez la feverole (*Vicia faba*, L.). *Nematologica* 35, 216-224.

Caubel, G. and Le Guen, J. (1983) Variability of relationships between *Vicia* bean and stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*) characterization of varietal resistance. *First European Conference on Grain Legumes*, Angers, France, pp. 337-338.

Caubel, G., Bossis, M., Genier, G. and Guy, P. (1997) Mise au point d'un test de selection de luzernes resistantes a *Ditylenchus dipsaci*. *Sciences Agronomiques Rennes*, 25-32.

Clamot, G. (1985) Breeding for resistance to the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll.) and to stem nematode (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Fil.) in Belgium. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France* 71, 751-760.

Cook, R. and Evans, D.R. (1988) Observations on resistance in white clover (*Trifolium repens* L.) to the stem nematode (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Fil.). *Journal of Agricultural Science* 110, 145-154.

Cook, R. and Yeates, G.W. (1993) Nematode pests of grassland and forage crops. In: Evans, K., Trudgill, D.L. and Webster, J.M. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 305-350.

De Waele, D., Wilken, R. and Lindeque, J.M. (1991) Response of potato cultivars to *Ditylenchus destructor* isolated from groundnut. *Revue de Nématologie* 14, 123-126.

Dijkstra, J. (1957) Symptoms of susceptibility and resistance in seedlings of red clover attacked by the stem eelworm *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev. *Nematologica* 2, 228-237.

Elgin, J.H., Jr. (1984) Standard tests to characterize pest resistance in alfalfa cultivars. Agricultural Research Service, Beltsville, Maryland, 44 pp.

Elgin, J.H., Jr, Evans, D.W. and Faulkner, L.R. (1975) Swelling response of alfalfa seedlings to initial stem nematode infection. *Crop Science* 15, 435-437.

Elgin, J.H., Jr, Evans, D.W. and Faulkner, L.R. (1977) Response of resistant and susceptible alfalfa cultivars to regional isolates of stem nematodes. *Crop Science* 17, 957-959.

Eriksson, K.B. (1972) Studies on *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) with reference to plant resistance. Dr Agr. Thesis, Agricultural College of Sweden, Uppsala, Sweden, 108 pp.

Esquibet, M., Bekal, S., Castagnone-Sereno, P., Gauthier, J.P., Rivoal, R. and Caubel,, G. (1998) Differentiation of normal and giant *Vicia faba* populations of stem nematode *Ditylenchus dipsaci*: agreement between RAPD and phenotypic characteristics. *Heredity* 81, 291-298.

Faulkner, L.R. and Darling, H.M. (1961) Pathological histology, hosts, and culture of the potato rot nematode. *Phytopathology* 51, 778-786.

Gastel, R. (1990) Resistenzprüfung von Ackerbohnene (*Vicia faba*) gegen das Stengelälchen (*Ditylenchus dipsaci*). Dissertation; Universität Hohenheim, Germany, 198 pp.

Goodey, J.B. and Hooper, D.J. (1962) Observations on attack by *Ditylenchus dipasci* on varieties of oats. *Nematologica* 8, 33-38.

Griffith, G.S., Cook, R. and Mizen, K.R. (1996) Effects of temperature on the white clover (*Trifolium repens*)/stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*) host pest system. *Aspects of Applied Biology* 45, 239-246.

Griffith, G.S., Cook, R. and Mizen, K.R. (1997) *Ditylenchus dipsaci* infestation of *Trifolium repens*. Dynamics of infestation development. *Journal of Nematology* 29, 356-369.

Griffith, D.J., Holden, J.H.W. and Jones, J.M. (1957) Investigations on resistance of oats to stem eelworm, *Ditylenchus dipsaci* (Kühn). *Annals of Applied of Biology* 45, 709-720.

Grundbacher, F.J. and Stanford, E.H. (1962) Genetic factors conditioning resistance in alfalfa to stem nematode. *Crop Science* 2, 211-217.

Hanounik, S.B., Halila, H. and Harrabi, M. (1986) Resistance in *Vicia faba* to stem nematodes (*Ditylenchus dipsaci*). *FABIS Newsletter* 16, 37-39.

Hooper, D.J. (1984) Observations on stem nematode *Ditylenchus dipsaci* attacking field beans *Vicia faba*. *Rothamsted Experimental Station Report for 1983*, pp. 239-260.

Hooper, D.J. (1986) Culturing nematodes and related experimental techniques. In: Southy, J.F. (ed.) *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Her Majesty's Stationery Office, London, pp. 133-157.

Hooper, D.J. and Cowland, J.A. (1988) Courgette marrows for the mass culture of some nematodes. *Nematologica* 33, 488-490.

Hussey, R.S. and Krusberg, L.R. (1968) Histopathology of resistant reactions in Alaska pea seedlings to two populations of *Ditylenchus dipsaci*. *Phytopathology* 58, 1305-1310.

Ibrahim, S.K. and Perry, R.N. (1993) Desiccation survival of the rice stems nematode *Ditylenchus angustus*. *Fundamental and Applied Nematology* 16, 31-38.

Janssen, G.J.W. (1994) The relevance of races in *Ditylenchus dipsaci* (Kühn). *Fundamental and Applied Nematology* 17, 469-473.

Jones, B.L. and De Waele, D. (1988) First report of *Ditylenchus destructor* in pods and seeds of peanut. *Plant Disease* 72, 453.

Kinh, Dang-ngoc and Nghiem, Nguyen-thi. (1982) Reaction of rice varieties to stem nematodes in Vietnam. *International Rice Research Newsletter* 7, 6-7.

Latif, M.A. and Main, I.H. (1995) Fungal hosts and gnotobiotic culture of *Ditylenchus angustus*. *Japanese Journal of Nematology* 25, 11-15.

Lin, M.S., Fang, Z.D. and Xie, Y.P. (1993) Responses of sweet potato to exudates of potato rot nematodes (*Ditylenchus destructor*). *Acta Phytopathlogica Sinica* 23, 157-162.

Lin, M.S., He, L.M., Wen, L., Fang, Z.D. and Song, B. (1996) Mechanism of morphological structure of sweet potato resistance to potato rot nematode (*Ditylenchus destructor*). *Scientia Agricultura Sinica* 29, 8-12.

Lundin, P. and Jonsson, H.A. (1975) Weibull's Vertus, a lucerne variety with high resistance to stem nematodes and *Verticillium*-wilt. *Agri Hortique Genetica* 33, 17-32.

MacDaniel, M.E. and Barr, A.R. (1994) Registration of Australian winter cereal cultivars. *Avena sativa* (oats) cv. Bettong. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 701.

MacGuidwin, A.E. and Slack, S.A. (1991) Suitability of alfalfa, corn, oat, red clover, and snapbean as hosts of the potato rot nematode *Ditylenchus destructor*. *Plant Disease* 75, 37-39.

Mercer, C.F. and Grant, J.L. (1995) Resistance of the white clover variety G49 and its parent lines to stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*). *New Zealand Journal of Agriculture Research* 38, 495-497.

Murashige, T. and Skoog, F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15, 473-497.

Nordenskiold, H. (1971) The genetic background of the resistance to nematodes (*Ditylenchus dipsaci*) in red clover (*Trifolium pratense*). *Hereditas* 69, 301-302.

Palmer, H.M., Atkinson, H.J. and Perry, R.N. (1992) Monoclonal antibodies (MAbs) specific surface expressed antigens of *Ditylenchus dipsaci*. *Fundamental and Applied Nematology* 15, 511-515.

Plowright, R.A. and Akehurst, T.E. (1992) Monoxenic culture of the Ufra nematode *Ditylenchus angustus*. *Fundamental and Applied Nematology* 15, 327-330.

Plowright, R.A. and Gill, J.R. (1992) Aspects of resistance in deepwater rice to the stem nematode *Ditylenchus angustus*. *Fundamental and Applied Nematology* 17, 357-367.

Rahman, M. L. (1982) Screening for Üfra resistance in deepwater rice. *International Rice Research Newsletter* 7, 12-13.

Rahman, M. L. (1987) Source of Üfra resistant deep water rice. *International Rice Research Newsletter* 12, 8.

Rahman, M. L. (1994) New Üfra resistant rice lines. *International Rice Research Newsletter* 19, 16.

Rahman, M. L. and Evans, A.A.F. (1987) Studies on host-parasite relationships of rice stem nematode *Ditylenchus angustus* (Nematoda: Tylenchida) on rice (*Oryza sativa*, L.). *Nematologica* 33, 451-459.

Ritzema-bos, J. (1922) Het stengelaaltje. *Tijdschrifft Plantenziehten* 28, 159-180.

Rivoal, R., Person, F., Caubel, G. and Scotto la Massese, C. (1978) Methodes d'evaluation de la resistance des cereales au development des nematodes: *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera avenae* et *Pratylenchus* spp. *Annales del l'Amelioration des Plantes* 28, 371-394.

Schreiber, M.L. (1977) Lebenweise, bedeutung und bekämpfungsmöglischkeiten von *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev an ackerbohnen *Vicia faba* L. in Morokko. Dissertation; Technical University, Berlin, Germany.

Scurrah, M., Szot, D. and Ali, M. (1997) Selection for tolerant pea lines to stem nematode. *Third International Food Research Conference*. Adelaide, Australia, p. 173.

Seinhorst, J.W. (1952) Eeen nieuwe methode voor de bepaling van vatbaarheid van roggeeplanten voor aantasting door stengelaaltjes (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). *Netherlands Journal of Plant Pathology* 58, 103-108.

Shubina, L.V. (1987) [Susceptibility of various garlic forms to stem nematode *D. dipsaci.*] *Taksonomiya i boil. Fitogel'minotiv* (1984), 152-156. [in Russian]. *From Referativnyi Zhurnal* (1985) 2.79.353. In: *Helminthological Abstracts* Series B (1987) 56, 877.

Smith, O.F. (1951) Biologic races of *Ditylenchus dipsaci* on alfalfa. *Phytopathology* 41, 189-190.

Stanton, J.M., Fisher, J.M. and Britton, R. (1984) Resistance of cultivars of *Avena sativa* to, and host rang of, an oat-attacking race of *Ditylenchus dipsaci* in South Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 24, 267-271.

Sturhan, D. (1965) Verglichende Wirtspflanzen-untersuchungen and Stengelalchen (*Ditylenchus dipsaci*) aus Ruben verschiedener herkunft. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool en de Opzoekinggstations van de Staat te Gent* 30, 1468-1474.

Sturhan, D. (1971) Biological races. In: Zuckerman, B.M., Mai, W.F. and Rohde, R.A. (eds) *Plant Parasitic Nematodes*. Academic Press, New York, pp. 51-71.

Sturhan, D. (1975) Untersuchung von *Vicia faba*-sorten auf Resistenz gegenuber Stengelalchen (*Ditylenchus dipsaci*). *Mededelingen van Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 40, 443-450.

Sturhan, D. and Brzeski, M. (1991) Stem and bulb nematodes, *Ditylenchus* spp. In: Nickle, W.R. (ed.). *Manual of Agricultural Nematology*. Marcel Dekker, New Yourk, pp. 423-464.

Tenente, R.C.V. and Evans, A.A.F. (1992) Reproducao de *Ditylenchus dipsaci* raca 'teasel' sobre calo de alfalfa (*Medicago sativa*). *Nematologia Brasileira* 16, 19-26.

Van der Walt, P.C.W. and De Waele, D. (1989) Mass cultures of the potato rot nematode *Ditylenchus destructor* on groundnut callus tissue. *Phytopathology* 21, 79-80.

Venter, C., De Waele, D. and Meyer, A.J. (1991) Reproductive and damage potential of *Ditylenchus destructor* of peanut. *Journal of Nematology* 23, 12-19.

Venter, C., De Waele, D. and Meyer, A.J. (1993) Reproductive and damage potential of *Ditylenchus destructor* on six peanut cultivars. *Journal of Nematology* 25, 59-62.

Venter, C., Van Aswegen, G. Meyer, A.J. and De Waele, D. (1995) Histological studies of *Ditylenchus africanus* within peanut pods. *Journal of Nematology* 27, 284-291.

Wendt, K.R., Vrain, T.C. and Webster, J.M. (1994) Separation of three species of *Ditylenchus* and some host races of *D. dipsaci* by restriction fragment length polymorphism. *Journal of Nematology* 25, 555-563.

Wendt, K.R., Swart, A., Vrain, T.C. and Webster, J.M. (1995) *Ditylenchus africanus* sp. n. from South Africa: a morphological and molecular characterization. *Fundamental and Applied Nematology* 18, 241-250.

West, C.P. and Steele, K.W. (1986) Tolerance of clover cultivars to stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*). *New Zealand Journal of Agriculture Research* 14, 227-229.

Whitehead, A.G. (1984) Interaction of the three lucerne cultivars, and eleven English isolates of stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*), 'lucerne race'. *Plant Pathology* 33, 33-37.

obeikandl.com

Whitehead, A.G. (1992) Sources of resistance to stem rot nematode, *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev, in species of *Midicago* and *Trifolium*. *Annals of Applied Biology* 120, 73-81.
Whitehead, A.G. (1997). *Plant Nematode Control*. CAB International, Wallingford, UK, 384 pp.
Whitehead, A.G. and Hemming, J.R. (1965) A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. *Annals of Applied Biology* 55, 25-38.
Whitehead, A.G., Fraser, J.E. and Nichols, A.J.F. (1987) Variation in the development of stem nematode, *Ditylenchus dipsaci*, in susceptible and resistant crop plants. *Annals of Applied Biology* 111, 373-383.

opeikandl.com

نيماتودا الأوراق:

الجنس *Aphelenchoides*

Foliar Nematodes:
Aphelenchoides species

D. De Waele
Laboratory of Tropical Crop Improvement, Catholic University Leuven (K.U.Leuven), Kasteelpark Arenberg 13,3001 Leuven, Belgium

يشمل الجنس *Aphelenchoides* عدة أنواع من النيماتودا المتطفلة على النباتات الراقية، وأنواع أخرى مصاحبة للحشرات، وأخرى آكلة للفطريات. وأهم الأنواع المتطفلة على النباتات داخل هذا الجنس هي الأنواع: *A. besseyi* Christie، و*A. ritzemabosi* (Schwartz) Steiner and Buhrer، و*A. fragariae* (Ritzema Bos) Christie، و *A. arachidis* Bos.

ويعرف النوع *A. besseyi* أساساً كمسبب لمرض القمة البيضاء في الأرز، ويوجد في أنحاء متفرقة بالعالم في معظم مناطق إنتاج الأرز (Fortuner and Orton Williams, 1975 ؛ Franklin and Siddiqi, 1972). وتتغذى هذه النيماتودا خارجياً على الأنسجة المرستيمية للسيقان والأوراق والبراعم في النباتات القابلة للإصابة. وتبدو أعراض الإصابة على خلفات نباتات الأرز المصابة بشكل ابيضاض في قمة الأوراق يمتد لمسافة ٣ – ٥ سم، وشيخوخة وتمزق في الأوراق. وتعد الأوراق العليا وورقة السنبلة Panicle leaf الأكثر تأثراً بالإصابة، حيث تتحلزن وتتجعد مما يؤخر خروج السنبلة. وتبدو السنابل المصابة أقصر من السليمة وتحتوي عدداً أقل من الحبوب. أما الأزهار في النباتات المصابة فقد تكون عقيمة وتنتج حبوباً فارغة بيضاء اللون مشوهة ضعيفة القدرة على الإنبات. وإذا حدثت الإصابة مبكراً بعد الإنبات، فقد تنخفض أطوال النباتات بمقدار النصف. وتنتقل النيماتودا *A. besseyi* عن طريق البذور، ويمكن لليرقات البقاء في طور سكون جاف Anhydrobiotic stage داخل البذور. وعند استعادة الحبوب للرطوبة، تنشط اليرقات الساكنة، وتهاجر الحبوب متحركة نحو الأجزاء النامية من السيقان والأوراق في البادرة. والعائل المهم الثاني للنيماتودا *A. besseyi* هو الفراولة التي تتشوه أوراقها نتيجة للإصابة، ويتقزم النبات بكامله وتنخفض نسبة الإزهار، ومن ثم ينخفض المحصول (Franklin and Siddiqi, 1972).

أما النوع *A. ritzemabosi* الذي يعرف بنيماتودا أوراق الكريزانثمم فهو يتطفل خارجياً أو داخلياً على العديد من نباتات الزينة وخاصة نبات الكريزانثمم الذي سجلت عليه هذه النيماتودا لأول مرة كل من: أوروبا، والاتحاد السوفيتي السابق، وأمريكا اللاتينية (المكسيك والبرازيل)، وآسيا (الهند والصين واليابان) (Siddiqi, 1974). أما العائل المهم الثاني لهذه النيماتودا فهو الفراولة، وعادة ما يشاهد هذا النوع مع النوع *A. fragariae* معاً على نباتات الفراولة. وتصيب نيماتودا أوراق الكريزانثمم *A. ritzemabosi* أيضاً إلى جانب ذلك عدداً من النباتات بخلاف نباتات الزينة مثل: التبغ (Shephered and Barker, 1990)، والبرسيم الحجازي (Gray *et al.*, 1994)، والفاصوليا الجافة (Franc *et al.*, 1996). وفي نبات الكرايزانثمم، تشاهد النيماتودا *A. ritzemabosi* في الأوراق، ولكنها قد توجد أيضاً في محور النبات والأجزاء الداخلية من البراعم. وفي العادة، تهاجر النيماتودا من السيقان، وتدخل إلى الأوراق من خلال الثغور. وتظهر نتيجة لذلك مساحات ملونة على الأوراق تحدها عروق الورقة. كما تتجعد أيضاً الأوراق وتتشوه نتيجة للإصابة. ويستمر تطور التلون في الأوراق حتى يتحول إلى موت موضعي Necrosis. وقد تتركز النيماتودا في منطقة التاج، وتخترق السيقان الجديدة بمجرد خروجها. وتتميز هذه النيماتودا بحركتها المستمرة ويمكنها أن تتحرك من نبات إلى آخر مع قطرات الماء المتناثرة.

تتطفل النيماتودا *A. fragariae* أيضاً خارجياً أو داخلياً على العديد من النباتات، وعلى الفراولة بصفة خاصة، وهي العائل الذي سجلت عليه لأول مرة في كل من: أوروبا، والاتحاد السوفيتي السابق، وأمريكا، وأمريكا اللاتينية (المكسيك)، وآسيا (اليابان) (Siddiqi, 1975). وتتطفل هذه النيماتودا خارجياً على الفراولة داخل انثناءات أنسجة التاج وداخل البراعم الجارية. ونادراً ما توجد هذه النيماتودا داخل أنسجة الأوراق، ولو حدث ذلك فإنه يحدث بطريقة عرضية فقط. وتسبب النيماتودا تشوهاً وتجعداً في الأوراق، ومناطق ملونة خشنة الأسطح، وصغراً في حجم الأوراق، وتجعداً لحوافها، واحمراراً في أعناقها، وقصراً في طول سلاميات المدادات الجارية، وخفضاً في كمية الأزهار، وموتاً للبرعم التاجي. وتعد النباتات الخزازية أيضاً من العوائل الهامة لهذه النيماتودا، حيث تدخل النيماتودا إلى أوراقها من خلال الثغور عندما تكون تلك الأوراق مغطاة بفيلم رقيق من الماء. ويؤدي التطفل الداخلي للنيماتودا في أوراق النباتات المصابة إلى ظهور أعراض تبقع نموذجية في الأوراق. وتشمل العوائل الأخرى من نباتات الزينة كلاً من: البيجونيا، وأبصال النرجس Lilies، وأزهار الربيع Primroses، وزهور الأزالية Azaleas (Siddiqi, 1975).

تعد نيماتودا الفول السوداني .Bos *A. arachidis* Bos طفيلاً داخلياً يخترق قرون الفول السوداني في التربة (Bos, 1977 ؛ Bridge and Hunt, 1985)، وهي تتغذى على الأنسجة الداخلية لأغلفة القرون، والأنسجة البرانشيمية لكل من: قصرات البذور Testa، والجذور، والسويقة الجنينية السفلى (Bridge *et al.*, 1977). وتنحصر العدوى الكثيفة

بتلك النيماتودا فقط حول المكان الأصلي الذي بدأت العدوى فيه (Bos, 1977). ولكن الحصر الذي أجري في ٤٧ منطقة لإنتاج الفول السوداني في أربعة مناطق جغرافية في نيجيريا (Khan and Misrai, 1992) أوضح أن هذه النيماتودا واسعة الانتشار في مناطق الفول السوداني هناك. هذا ولم يثبت أن النيماتودا *A. arachidis* تخفض إنتاجية الفول السوداني، ولكنها بالقطع تخفض القيمة التسويقية لمحصول البذور لأن البذور المصابة تنكمش وتتجعد بعد تجفيفها وتتلون أغلفتها باللون البني الداكن. أيضاً تؤدي الإصابة بهذه النيماتودا إلى تعريض وتهيئة البذور المصابة للإصابة ببعض الفطريات الممرضة مثل: *Rhizoctonia solani*، و*Sclerotium rolfsii*، *Macrophomina phaseoli*، و*Fusarium* spp. التي قد تؤدي الإصابة بها إلى خفض نسبة إنبات البذور وخروج البادرات (McDonald *et al.*, 1979). وقد تظهر أعداد كبيرة من النيماتودا *A. arachidis* في جذور الذرة، والذرة الرفيعة، والدخن، وقصب السكر، والأرز، وقد تسبب فقداً في إنتاجية هذه المحاصيل (Bos, 1977).

مصادر المقاومة
Sources of Resistance

وردت التقارير حول الاختلافات في قابلية أصناف الأرز للإصابة بالنيماتودا *A. besseyi* منذ عام ١٩٤٩م، ويبدو أنها بدأت في الانتشار منذ ذلك التاريخ حيث ظهرت صفة المقاومة (De Oliveira, 1989 ؛ Bridge *et al.*, 1990 ؛ Da Silveira *et al.*, 1990)، والمقاومة المتوسطة (Sivakumar, 1988) في معظم مناطق إنتاج الأرز. وفي روسيا، تم تقييم المقاومة تجاه النيماتودا *A. besseyi* في ١٠٠٣ أصناف أرز من مناطق زراعية مختلفة بيئياً، وذلك تحت ظروف البيت الزجاجي. وقد أسفرت هذه الاختبارات عن ظهور ثلاثة أصناف منيعة ("Bluebonnet"، و"Bluebonneta 50"، و"Strabonnet")، وعشرة أصناف عالية المقاومة، و١٦٤ صنفاً قابلاً للإصابة أو عالي القابلية للإصابة (Popova *et al.*, 1994). ولكن المثير حقاً في هذه النتائج هو أنها أسفرت عن عدة أصناف تتميز بصفة المقاومة تجاه كل من: النيماتودا *A. besseyi*، وبعض مسببات الأمراض النباتية الهامة على الأرز. فالصنف "Pecos" لم يكن فقط مقاوماً للنيماتودا *A. besseyi*، بل أيضاً لكل من: الفيروس Hoja blanca، ومرض لفحة الأرز المتسبب عن الفطر *Magnaporthe grisea (Pyricularia oryzae)*، ومرض التبقع البني في الأرز المتسبب عن الفطر *Cochliobolus miyabeanus* (Bollich *et al.*, 1985). أما الصنف "Namyeongbyeo" الناتج عن التهجينات التي اشترك فيها الآباء "Milyang 40"، و"Milyang"، و"IR10157"، و"IR5533" فلم يكن صنفاً متوسط المقاومة للنيماتودا *A. besseyi* فقط ولكن أيضاً لعدة أمراض فيروسية، ولمرض لفحة أوراق الأرز البكتيري المتسبب عن البكتيريا *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*، ولمرض لفحة الأرز، وبعض نطاطات أوراق الأرز التي تنتمي لعائلتي Cicadellidae وDelphacidae في رتبة متشابهة الأجنحة Homoptera (Sohn *et al.*, 1987). ويبدو أن صفة المقاومة تجاه النيماتودا *A. besseyi* هي صفة محكومة وراثياً، وتنتقل عبر صنف الأرز الياباني Asa-Hi (Nishizawa, 1953). وفي

الولايات المتحدة الأمريكية، أسفرت جهود التربية خلال الأربعين عاماً الماضية عن الأصناف المقاومة؛ "Fortuna"، و"Nira"، و"Bluebonnet"، وبصفة خاصة؛ الصنف "Rexora". ويعد الصنف "Bonnet 73" من أشهر ذرية هذه الأصناف، إذ إنه صنف متعدد المقاومة لكل من النيماتودا *A. besseyi*، وعدد من ممرضات الأرز الأخرى (Zelenskii and Popova, 1991). وبالإضافة إلى المصادر المتعددة من المقاومة للنيماتودا *A. besseyi* الموجودة في الأرز، فقد وجدت صفة المقاومة تجاه هذه النيماتودا أيضاً في ٢٢ تركيباً وراثياً من بين ١٩١٩ تركيباً وراثياً لنباتات دخن ذيل الثعلب *Setaria italica* تم اختبارها في الصين (Cui *et al.*, 1989).

أورد عدد من الباحثين أصنافاً من الكرايزانثمم والفراولة تختلف في قابليتها للإصابة بالنيماتودا *A. ritzemabosi* (Siddiqi, 1974؛ Siddiqi, 1975؛ Szczygiel and Danek, 1975؛ Nakagoma and Kato, 1977؛ وانظر أيضاً البحث المرجعي عن *A. fragariae*؛ و*A. ritzemabosi* على الفراولة الذي أجري عام ١٩٥٠م في الاتحاد السوفيتي السابق بواسطة Szczygiel, 1977). ووجدت صفة المقاومة تجاه النيماتودا *A. ritzemabosi* أيضاً في البنفسج الإفريقي (Strider, 1979)، والبرسيم الحجازي (Gray *et al.*, 1994). كما أوضح والاس Wallace (1961) أن تفاعل شدة الحساسية هو السبب في مقاومة الكريزانثمم للنيماتودا *A. ritzemabosi*.

ويمكن منع انتقال النيماتودا *A. arachidis* عبر بذور الفول السوداني إما بتجفيف البذور، أو معاملتها بالماء الساخن (Bridge *et al.*, 1997). ونتيجة لذلك، لم تجر أية أبحاث للبحث عن مصادر للمقاومة تجاه هذه النيماتودا.

اعتبارات عامة عند التقييم لصفة المقاومة
تجاه نيماتودا الجنس *Aphelenchoides*
General Considerations for Screening for *Aphelenchoides* Resistance

تعريف Identification

تتشابه أنواع الجنس *Aphelenchoides* فيما بينها كثيراً من حيث الشكل المورفولوجي، مما يجعل مسألة تصنيفها من خلال دراسات المجهر الضوئي فقط أمراً صعباً. وقد درس كايرول ودالماسو Cayrol and Dalmasso (1975) العلاقات بين الأنواع: *A. besseyi*، و*A. ritzemabosi*، و*A. fragariae* ووجدوا أن خليطاً من يرقة واحدة من أحد الأنواع وعشرة ذكور من أحد النوعين الآخرين قد أعطى نتائج إيجابية لخمسة من ستة احتمالات للتهجين بين الأفراد، مع ملاحظة وجود صفات وسطية للأفراد الناتجة من هذا التهجين. ويمكن الحصول على معلومات حول الصفات المورفولوجية والقياسات المورفومترية للأنواع *A. besseyii*، و*A. ritzemabosi*، و*A. fragariae*، و*A. arachidis* في المراجع: Franklin and Siddiqi (1972)، وSiddiqi (1974؛ 1975)، و Bridge and Hunt (1985)، كما يوجد ملخص لها في الجدول رقم (٦،١).

الجدول رقم (٦،١). الصفات المورفولوجية والقياسات المورفومترية المستخدمة في التمييز بين الأنواع: *Aphelenchoides arachidis*، و*A. besseyi*، و*A. fragariae*، و*A. ritzemabosi*.

	A. arachidis	*A. besseyi*	*A. fragariae*	*A. ritzemabosi*
الإناث				
الطول الكلي للجسم (مم)	١,٠٠ — ٠,٥١	٠,٨٨ — ٠,٥٧	٠,٨٠ — ٠,٤٥	١,٢٠ — ٠,٧٧
النسبة a [1]	٥٠ — ٣٩	٥٨ — ٣٢	٦٠ — ٤٥	٤٥ — ٤٠
النسبة c [2]	٤٢ — ٢٥	٢١ — ١٤	٢٠ — ١٢	٢٤ — ١٨
عدد الخطوط في الحقل الجانبي	٢	٤	٢	٤
موقع الفتحة الإفرازية	خلف الحلقة العصبية بمسافة تعادل قطر الجسم	عند مستوى الحلقة العصبية المركزية	عند مستوى الحلقة العصبية المركزية أو خلفها بقليل	خلف الحلقة العصبية المركزية بما يعادل نصف إلى ضعفي عرض الجسم
طول الكيس الرحمي الخلفي	يمتد لحوالي نصف المسافة بين فتحتي التناسل والإخراج	يمتد إلى أقل من ثلث المسافة بين فتحتي التناسل والإخراج	يمتد إلى أكثر من نصف المسافة بين فتحتي التناسل والإخراج	يمتد إلى أكثر من نصف المسافة بين فتحتي التناسل والإخراج
عدد صفوف البويضات في المبيض	١	٢ — ٤	١	متعددة
شكل الذيل	شبه أسطواني، ذو نهاية مستدقة الطرف غير حادة	مخروطي، ذو نهاية مفرعة لعدة أشكال ذات ٣ — ٤ بروزات مستدقة	مخروطي، ينتهي بنهاية بسيطة تشبه الشوكة بدون أية بروزات	مخروطي متطاول، ذو مشجب طرفي يحمل ٢ — ٤ بروزات
الذكور				
الطول الكلي للجسم (مم)	١,٠٤ — ٠,٥٦	٠,٧٢ — ٠,٤٤	٠,٨٦ — ٠,٤٨	٠,٩٣ — ٠,٧٠
النسبة a [1]	٦٠ — ٣٧	٤٧ — ٣٦	٦٣ — ٤٠	٥٠ — ٣١
شكل شوكتي السفاد	منحن ظهرياً، ١٥ — ٢٥ ميكروميتر	بدون بروزات ظهرية في نهايته الطرفية	منحن ظهرياً، ذو طول ١٤ — ١٧ ميكروميتر، ذو بروزات متوسطة ظهرية أو بطنية الموقع عند نهايته الطرفية	منحن ظهرياً، ذو طول ٢٠ — ٢٢ ميكروميتر، بدون بروزات ظهرية أو بطنية الموقع عند نهايته الطرفية

[1] النسبة a = الطول الكلي للجسم مقسوماً على أكبر عرض للجسم

[2] النسبة c = الطول الكلي للجسم مقسوماً على طول الذيل.

أشارت دراسة قام بها إبراهيم وآخرون .Ibrahim *et al* (1994) أن طريقة التفريد الكهربي في وسط من الهلام Gel electrophoresis هي طريقة مفيدة وتشكل الأساس الكيموحيوي لفصل أنواع الجنس *Aphelenchoides*. كما قامت الدراسة أيضاً بمقارنة طرز مشابهات إنزيم الإستريز غير المتخصصة، وطرز البروتين بين ثلاث عشائر من النيماتودا *A. besseyi* (من مزارع الأرز في كل من: سيراليون، والهند، والفلبين)، و*A. bicaudatus* (من نبات *Setaria palmaefolia* الذي نشأ أصلاً في غينيا الجديدة)، و*A. arachidis* (من الفول السوداني من نيجيريا)، و*A. fragariae* (من النباتات السرخسية من كاليفورنيا)، و*A. hamatus* (من الفراولة من إنجلترا)، و*A. nechaleos* (من الأرز من فيتنام)، و*A. Paranechaleos* (من الأرز من سيراليون)، وذلك باستخدام طريقة التفريد الكهربي على جل عديد الأكريلاميد Polyacrylamide gel electrophoresis المعروفة اختصاراً بالرموز PAGE وطريقة SDS-PAGE، على الترتيب. كانت الحزم Banding التي ظهرت في التفريد الكهربي لكل من: مشابه إنزيم الإستريز، والبروتين لجميع الأنواع والعشائر المختبرة مميزة جداً. وكان لكل نوع الحزم المميزة له فقط، كما وجدت حزم بارزة تميز بين الأنواع. ويبدو أن حزم طرز إنزيم الإستريز كانت أكثر فائدة في التفريد بين الأنواع من طرز البروتين. بينما لم تكن هناك فروقاً ملحوظة في علامات طرز إنزيم الإستريز والبروتين المفصولة من النيماتودا النامية على مزارع أي من الفطرين *Botrytis cinerea*، أو *Rhizoctonia solani*.

السلالات، والطرز الحيوية، والطرز الإمراضية Races, biotypes, pathotypes

بالرغم من أنه قد لوحظ أن الفراولة لا تصاب بعشائر النيماتودا *A. besseyi* التي تم عزلها من نباتات الكريزانثمم (Noegel and Perry, 1963)، إلا أنه لا يوجد دليل قاطع على وجود سلالات واضحة داخل النوع *A. besseyi*. وفي الحقيقة، التقارير التي تناولت مقاومة أصناف الأرز للنوع *A. besseyi*، لم تتناول وجود السلالات النيماتودية داخل هذا النوع كمشكلة. وأيضاً لم ترد تقارير حول وجود سلالات في الأنواع؛ *A. ritzemabosi*، و*A. fragariae*، و*A. arachidis*. وبالنظر إلى المدى العوائلي الواسع والاختلافات في مواطن تلك الأنواع على النباتات المختلفة، قام بوركهارت Burckhardt (1973) باختبار عشائر متجانسة من نسل أنثى واحدة متشابهة لعشائر من النوع *A. ritzemabosi* والنوع *A. fragariae* من عوائل نباتية مختلفة، ولاحظ أنه لا توجد فروقات في سلوك تلك الأنواع تجاه نباتات الاختبار المختلفة، أو في القياسات المورفومترية، أو النسب الجنسية التي من الممكن أن تدل على وجود سلالات حيوية Biological races. وفي حصر عام، وجدت يرقات عديدة من نيماتودا النوع *A. arachidis* في جذور الذرة، والذرة الرفيعة، والدخن، وقصب السكر، والأرز، وبعض الأعشاب البرية، وفي عينيتين اثنتين فقط من الفول السوداني (Bos, 1977). وقد جاءت العينتان المصابتان من الفول السوداني من مناطق توجد في المنشأ الأصلي للنوع *A. arachidis*. ولم تتعرض نباتات الفول السوداني للإصابة بالنوع *A. arachidis* عندما تمت زارعة نباتات الذرة والذرة الرفيعة – شديدة القابلية للإصابة – بينها، وبناءً على هذه الملاحظات،

اقترح بوس Bos (1977) وجود طرازين حيويين Biotypes من النوع *A. arachidis*، أحدهما يصيب الفول السوداني ومحاصيل الحبوب، والآخر يصيب محاصيل الحبوب فقط. ولكن لا توجد أية تقارير أخرى تؤيد هذا الاقتراح.

اللقاح Inoculum

تنمية اللقاح Culturing

يمكن استخدام عدة طرق لتربية أنواع نيماتودا الأوراق .*Aphelenchoides* spp بكميات كبيرة يصل وزنها إلى عدة جرامات بسهولة، وذلك باستخدام مزارع أحادية (وحيدة نوع النيماتودا) Monoxenic cultures، وذلك بأن تربى النيماتودا على نسيج كالس. فمثلاً يعطي كالس البرسيم الحجازي المنمى على بيئة آجار مغذٍ تحتوي على 2,4-D والملقح بخمسين فرداً من النيماتودا حوالي ٧٧٠٠٠ فرد من النيماتودا بعد شهرين من التلقيح (Krusberg, 1961). ويعد كالس البرسيم الحجازي والبرسيم المصري أيضاً مناسبين لتربية نيماتودا النوع *A. ritzemabosi* (Bossis and Caubel, 1982). ويمكن تربية أنواع نيماتودا الأوراق .*Aphelenchoides* spp بسهولة أيضاً على بعض الأنواع المختلفة من الفطريات، فمثلاً تتغذى نيماتودا النوع *A. besseyi* وتتكاثر على كل من فطريات؛ *Fusarium solani* (Huang *et al.*, 1972)، و*Aureobasidium pullalans* (Huang *et al.*, 1994)، و*Alternaria tenuis* (Todd and Atkins, 1958)، و*A. alternata* (Rajan *et al.*, 1989). وكذلك تتغذى وتتكاثر نيماتودا النوع *A. ritzemabosi* على الفطر *Botrytis cinerea* (Hooper and Cowland, 1986)، ونيماتودا النوع *A. arachidis* على كل من الفطرين؛ *Macrophomina phaseolina* و*B. cinerea* (Bridge *et al.*, 1977).

ويمكن تربية النباتات المصابة بأنواع نيماتودا الجنس *Aphelenchoides* والمحافظة عليها في البيوت الزجاجية بغرض استخدامها فيما بعد كلقاح. وقد وصف هوبر وكاولاند Hooper and Cowland (1987) عملية الإنتاج المكثف لنيماتودا النوع *A. ritzemabosi* على نباتات الكوسة صنف "Marrows"، حيث يمكن الحصول على ١٨٠٠٠-٢٥٠٠٠ فرد من النيماتودا/جم من النسيج النباتي المصاب، وذلك بتلقيح النباتات بألف فرد من النيماتودا في نصف مل من معلق النيماتودا، وتحضينها لمدة ٦ - ١٠ أسابيع من التحضين على درجة حرارة ١٦-١٨ °م. كما تتكاثر نيماتودا النوع *A. fragariae* أيضاً على الكوسة ولكن ليس بنفس كفاءة نيماتودا النوع *A. ritzemabosi*.

وتعد دورة حياة نيماتودا الأوراق .*Aphelenchoides* spp دورة حياة قصيرة، ولذلك يمكن الحصول على كميات كبيرة من النيماتودا في فترة زمنية قصيرة. فمثلاً تستغرق دورة حياة النوع *A. besseyi* عشرة أيام على درجة حرارة ٢١ °م، وثمانية أيام فقط على درجة حرارة ٢٣ °م (Franklin and Siddiqi, 1972). وعلى درجة حرارة ١٨ °م تستغرق دورة حياة نيماتودا النوعين *A. ritzemabosi* و*A. fragariae* حوالي ١٠ - ١٥، و١٠ - ١١ يوماً، على الترتيب (Siddiqi, 1974).

التخزين Storage

تستخدم بعض الدراسات الأطوار الكاملة من نيماتودا النوع *A. besseyi* وهي في حالة كمون جاف Anhydrobiotic stage كمصدر للقاح. وقد أوضحت الدراسات حول موضوع تجفيف النيماتودا، أن الظروف الرطوبية المتوسطة (التي تسمح بسحب الماء من النيماتودا ببطء) تمكن جميع الأطوار النيماتودية للنوع *A. besseyi* من الدخول في طور الكمون الجاف بنجاح (Rajan *et al.*, 1989). يمكن أيضاً تخزين نيماتودا النوعين؛ *A. ritzemabosi*، و*A. fragariae* على درجات الحرارة المنخفضة قبل استخدامها في التلقيح. ويمكن لكلا النوعين من النيماتودا البقاء أيضاً في الأنسجة النباتية المصابة (كالفراولة مثلاً) المخزنة على درجة حرارة ١ - ٢ °م تحت الصفر لعدة أشهر (Hirling, 1972 ؛ Tacconi, 1973).

التلقيح والاستخلاص Inoculation and Extraction

يمكن الحصول على لقاح نيماتودا الأوراق .*Aphelenchoides* spp بسهولة عن طريق تمزيق الأنسجة النباتية المصابة واستخلاص النيماتودا منها بطريقة قمع بيرمان. ويجب أن تلقح نباتات الأرز بنيماتودا النوع *A. besseyi* وهي في حالة تسمح بمساعدة النيماتودا على اختراق الأنسجة الإنشائية. وتبعاً لاقتراح كي وآخرين .Qiu *et al* (1991)، تخترق نيماتودا النوع *A. besseyi* نباتات الأرز أساساً في الفترة ما بين زراعة الحبوب وظهور البادرة ذات الثلاثة أوراق. وفي تجارب أو مزارع الأصص، تلقح بادرات الأرز عادة بحوالي ٥٠٠ - ١٠٠٠ فرد من نيماتودا النوع *A. besseyi* لكل بادرة. وقد قام بوبوفا وآخرون .Popova *et al* (1994) بعدوى المجموع الخضري لمائة نبات من الأرز مزروعة في صناديق بلاستيكية (٥٥ × ٢٥ × ٣٠ سم) بنيماتودا النوع *A. besseyi* مستخدمين طريقة الرش (٥٠٠٠٠٠ نيماتودا/م^{٢})، أو أنابيب بلاستيكية (١,٥ - ٢سم وقطر ٢مم) مثبتة على الورقة الثانية أو الثالثة من نباتات الأرز، ومضافاً إليها قطرة أو قطرتان من معلق مائي للنيماتودا يحتوي على ٥٠٠ نيماتودا/نبات. ونظراً لأن نيماتودا النوع *A. ritzemabosi* من النيماتودا شديدة الحركة في الماء (يكفيها لذلك فيلم فقط من الماء)، فيمكن رشها في معلق من الماء على النباتات، وذلك باستخدام بخاخ الرذاذ. وبالرغم من أن النيماتودا قد تخترق النباتات في غضون ١٥ - ٣٠ دقيقة، إلا أنه يجب الحفاظ على النباتات في ظروف بيئية رطبة (< ٩٥٪) لمدة ٢٤ ساعة.

ويتحدد معدل تكاثر نيماتودا النوع *A. besseyi* بمدى الحيطة والحذر عند استخدام طريقة تمزيق الأنسجة النباتية في الخلاط، أو في أطباق بتري، ثم نقلها إلى قمع بيرمان. ويجب أيضاً مراعاة تقشير حبوب الأرز قبل البدء في العمل. وقد وصف ماثور ولال Mathur and Lal (1989) طريقة بسيطة للكشف عن وجود نيماتودا النوع *A. besseyi* في حبوب الأرز، وذلك بنقعها في الماء في أطباق بتري لمدة ست ساعات، بعدها تزال القشرة من على الحبوب،

فتبدأ النيماتودا الموجودة تطفو خارجة من الحبوب وتخرج من طور الكمون الجاف. أيضاً، أمكن الحصول على كميات كبيرة من النوعين *A. ritzemabosi*، و*A. fragariae* من نباتات الكريزانثمم والفراولة، وذلك بواسطة طريقة قمع بيرمان ولكن باستخدام مخفف فوق أوكسيد الهيدروجين H_2O_2 بدلاً من الماء (Hirling, 1971a). وتؤدي زيادة فترة عملية الاستخلاص إلى أربعة أسابيع إلى زيادة المتحصل عليه من النيماتودا بمقدار ١,٣ — ٧,٩ أضعاف. هذا وقد قارن بومر وول Bohmer and Well (1978) بين أربعة من طرق الاستخلاص هي: قمع بيرمان باستخدام فوق أكسيد الهيدروجين، وطريقة سينهورست بالرش، وطريقة التهوية للعالم Wyss، وطريقة الرش القمعي المزدوج، من حيث فاعلية كل منها في استخلاص نيماتودا النوعين *A. ritzemabosi* و*A. fragariae* من منطقة تيجان نباتات الفراولة. وقد وجد أن طريقة الرش القمعي المزدوج قد استخلصت أغلب الموجود من النيماتودا في غضون ٩٦ ساعة.

تقدير المقاومة والتحمل Assessment of resistance and tolerance

قد تتغير الأعداد المستخلصة من نيماتودا الأنواع *A. besseyi*، و *A. ritzemabosi*، و*A. fragariae* من الأنسجة النباتية المصابة كثيراً. فمثلاً، عند تقييم درجة إصابة الأجزاء القلبية من نبات الفراولة (البراعم، الأوراق المنثنية، الأجزاء الزهرية الصغيرة) بنيماتودا النوعين؛ *A. fragariae*، و*A. ritzemabosi* نجد أن عدد الأجزاء القلبية المطلوبة للحصول على وزنة قدرها ٢٠ جم من هذه الأنسجة تتغير تبعاً للموسم. ومن ثم فإن ذلك يؤثر أيضاً على درجة الإصابة بالنيماتودا. وقد اعتبر أن عدد النيماتودا/قلب هو المقياس الأفضل لتقييم معدل تكاثر النيماتودا (Hirling, 1971b). ويعد معدل التكاثر عاملاً هاماً في تحديد درجة المقاومة ولكنه ليس المؤشر الغالب في تحديد القدرة الإمراضية للنيماتودا. فمن المهم أيضاً تحديد رد فعل (استجابة) النبات للإصابة معبراً عنه في شكل تطور أعراض مرض القمة البيضاء على النباتات في طور ٤ – ٥ ورقات نباتية كدلالة على استجابة النبات لنيماتودا النوع *A. besseyi*. وعلى العكس من ذلك، وخاصة في الحقل، قد يكون تعبير العرض المرضي على النبات متفاوتاً بدرجة كبيرة، وذلك بسبب التأثير القوي للظروف البيئية على تطور النيماتودا وكذلك الضرر الواقع على النبات (Bridge *et al.*, 1990). وقد تكون درجة القابلية للإصابة في النبات المحكومة بمعدل تكاثر النيماتودا، محكومة أيضاً من جانب آخر بالطريقة المستخدمة في الحصول على اللقاح النيماتودي.

درس لي وإيفانز Lee and Evans (1973) تأثير مستخلصات بادرات ١٥ صنفاً من الأرز على جذب نيماتودا النوع *A. besseyi*، ووجدا أن هناك علاقة بين درجة انجذاب النيماتودا ودرجة القابلية للإصابة في البادرات

ذات العمر ثمانية أسابيع لتلك الأصناف عند تنميتها في الأصص. وعلى العكس من ذلك، عندما تستخدم درجة انجذاب النيماتودا كمقياس لدرجة القابلية للإصابة فإنه يجب على الباحث أن يضع نصب عينيه تلك الملاحظات التي أوردها جاكت وماثور Gokte and Mathur (1988) والتي مفادها أن انجذاب نيماتودا *A. besseyi* إلى بادرات الأرز يكون متأثراً بكل من عمر البادرة، والطور اليرقي للنيماتودا نفسه، ودرجة الحرارة.

المراجع

References

Bohmer, B. and Weil, B. (1978) Methodenvergleich zur Extraktion von Blatt-und Knospennematoden (*Aphelenchoides* spp.) aus Erdbeer Pflanzensporossen. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutdienstes* 30, 85-88.

Bollich, C.N., Webb, B.D., Marchetti, M.A. and Scott, J.E. (1985) Registration of Pecos rice. *Crop Science* 25, 885-886.

Bos, W.S. (1977) *Aphelenchoides arachidis* n. sp. (Nematoda: Aphelenchoidea), an endoparasite of the testa of groundnuts in Nigeria. *Zeitschrif für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschütz* 84, 95-99.

Bossis, M. and Caubel, G. (1982) Elevage monoxenique de nematodes Phytoparasites sur cals de tissues. *Sciences Agronomiques, Rennes* 2, 115-125.

Bridge, J. and Hunt, D.J. (1985) *Aphelenchoides arachidis*. *C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 8, No. 116.

Bridge, J., Bos, W.S., Page, L.J. and McDonald, D. (1977) The biology and possible importance of *Aphelenchoides arachidis*, a seed-borne endoparasitic nematode of groundnuts from northern Nigeria. *Nematologica* 23, 253-259.

Bridge, J., Luc, M. and Plowright, R.A. (1990) Nematode parasites of rice. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International. Wallingford, UK, pp. 69-108.

Burckhardt, F. (1973) Biologische Rassen bei *Aphelenchoides fragariae* und *Aphelenchoides ritzemabosi Mitteilungen aus der Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft* 151, 298.

Cayrol, J.C. and Dalmasso, A. (1975) Affinités interspécifiques entre trios nematodes de feuilles (*A. fragariae, A. ritzemabosi et A. besseyi*). *Cahiers O.R.S.T.O.M., série Biologie* 10, 215-225.

Cui, G.X., Zheng, G.C. and Dong, Z.P. (1989) [Screening of foxtail millet materials resistant to *Aphelenchoides besseyi*]. *Acta Agriculture Boreali Sinica* Supplement, 145-152.

Da Silveira, S.G.P., Curi, S.M. and Tisseli, O. (1990) [Reaction of rice breeding lines to seed nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942.] *Nematologia Brasileira* 14, 54-60.

Da Oliveira, J.V. (1989) Evaluation of the resistance of four irrigated rice genotypes to the nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942. *Agronomia Sulriogradense* 25, 11-18.

Fortuner, R. and Orton Williams, K.J. (1975) Review of the literature on *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, the nematode causing "white tip" disease in rice. *Helminthological Abstracts Series B, Plant Nematology* 44, 1-40.

Franc, G.D., Beaupré, C.M.S., Gray, F.A. and Hall, R.D. (1996) Nematode angular leaf spot of dry bean in Wyoming. *Plant Disease* 80, 476-477.

Frankilin, M.T and Siddiqi, M.R. (1972) *Aphelenchoides besseyi*. *C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes*. Set 1, No. 4.

Gokte, N. and Mathur, V.K. (1988) On the attractiveness of paddy seedlings to *Aphelenchoides besseyi*. *Indian Journal of Nematology* 18, 239-243.

Gray, F.A., Williams, J.L., Griffin, G.D. and Wilson, T.E. (1994) Distribution in the Western United States of alfalfa and cultivar reaction to mix populations of *Ditylenchus dipsaci* and *Aphelenchoides ritzemabosi*. *Supplement to Journal of Nematology* 26, 705-719.

Hirling, W. (1971a) Zur Technik der Untersuchung von Erdbeerflanzen und Chrysanthemumblattern auf Blattalchen (*Aphelenchoides fragariae* und *A. ritzemabosi*). Teil I. *Anzeiger Für Schadlingskunde und Plflanzenschütz* 44, 171-174.

Hirling, W. (1971b) Zur Technik der Untersuchung von Erdbeerflanzen und Chrysanthemumblattern auf Blattalchen (*Aphelenchoides fragariae* und *A. ritzemabosi*). Teil II. *Anzeiger Für Schadlingskunde und Plflanzenschütz* 44, 182-185.

Hirling, W. (1972) Zur Technik der Untersuchung von Erdbeerflanzen und Chrysanthemumblattern auf Blattalchen (*Aphelenchoides fragariae* und *A. ritzemabosi*). Teil III. *Anzeiger Für Schadlingskunde und Plflanzenschütz* 45, 6-10.

Hooper, D.J. and Cowland, J.A. (1986) Fungal hosts for chrysanthemum nematode, *Aphelenchoides ritzemabosi*. *Plant Pathology* 35, 128-129.

Hooper, D.J. and Cowland, J.A. (1987) Courgette marrows for the mass culture of some nematodes. *Nematologica* 33, 488-490.

Huang, C.S., Huang, S.P. and Lin, L.H. (1972) The effect of temperature on development and generation periods of *Aphelenchoides besseyi*. *Nematologica* 18, 432-438.

Huang, C.S., Huang, S.P. and Chiang, Y.C. (1979) Mode of reproduction and sex ratio of rice white-tip nematode, *Aphelenchoides besseyi*. *Nematologica* 25, 255-260.

Ibrahim, S.K., Perry, R.N. and Hooper, D.J. (1994) Use of esterase and protein patterns to differentiate two new species of *Aphelenchoides* on rice from other species of *Aphelenchoides* and from *Ditylenchus angustus* and *D. myceliophagus*. *Nematologica* 40, 267-275.

Khan, F.A. and Misari, S.M. (1992) Plant-parasitic nematodes associated with groundnut crop in four ecological zones of Nigeria. *Journal of African Zoology* 106, 263-272.

Krusberg, L.R. (1961) Studies on the culturing and parasitism of plant-parasitic nematodes, in particular *Ditylenchus dipsaci* and *Aphelenchoides ritzemabosi* on alfalfa tissue. *Nematologica* 6, 181-200.

Lee, Y.B. and Evans, A.A.F. (1973) Correlation between attractions and susceptibilities of rice varieties to *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942. *Korean Journal of Plant Protection* 12, 147-151.

Mathur, V.K. and Lal, A. (1989) A simple technique for the detection of white tip nematode (*Aphelenchoides besseyi*) in rice germplasm under exchange. *Indian Journal of Nematology* 19, 71.

McDonald, D., Bos, W.S. and Gumel, M.H. (1979) Effects of infestation of peanut (groundnut) seed by the testa nematode, *Aphelenchoides arachidis*, on seed infection by fungi and seedling emergence. *Plant Disease Reporter* 63, 464-467.

Nakagome, T. and Kato, K. (1977) Injuries to *chrysanthemum* cultivars caused by infestation by *Aphelenchoides ritzemabosi*. *Research Bulletin of the Aichi Ken Agricultural Research Center, B Horticulture* 9, 86-91.

Nishizawa, T. (1953) Studies on the varietal resistance of rice plants to the rice nematode disease 'Senchu shingare byo' (VI). *Bulletin of the Kyushu Agricultural Experimental Station* 1, 339-349.

Noegel, K.A. and Perry, V.G. (1963) A foliar disease of *Chrysanthemum* incited by strawberry summer crimp nematode. *Proceedings of the Soil Science Society of Florida, 22nd Annual Meeting*, pp. 162-166.

Popova. M.B., Zelenskii, G.L. and Subbotin, S.A. (1994) The assessment of resistance in cultivars of *Oryza sativa* L. to *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942. *Russian Journal of Nematology* 2, 41-44.

Qiu, T.X., Yan, M.F. and Lu, Q. (1991) Study on the occurrence, regulation and control of *Aphelenchoides besseyi*. *Zhejiang Nongye Kexue* 6, 290-292.

Rajan, Mathur, V.K. and Lal, A. (1989) Improved culturing technique for *Aphelenchoides besseyi* by inducing anhydrobiosis. *Indian Journal of Nematology* 19, 10-13.

Shepherd, J.A. and Barker, K.R. (1990) Nematode parasites of tobacco. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International. Wallingford, UK, pp. 493-517.

Siddiqi, M.R. (1974) *Aphelenchoides ritzemabosi. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set *3, No. 32.*

Siddiqi, M.R. (1975) *Aphelenchoides fragariae. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 5, No. 74.

Sivakumar, C.V. (1988) White tip nematode (*Aphelenchoides besseyi*) resistance in rice. *Indian Journal of Nematology* 18, 342-344.

Sohn, J.K., Lee, S.K., Koh, J.C., Kim, H.Y., Yang, S.J., Hwang, H.G., Hwang, D.Y. and Chung, G.S. (1987) A new rice variety with multiple resistance to diseases and insect pests: Nemyeongbyeo. *Research Report of the Rural Development Administration Crops, Korea Republic* 29, 18-28.

Strider, D.L. (1979) Control of *Aphelenchoides ritzemabosi* in African violet. *Plant Disease Reporter* 63, 378-382.

Szczygiel, A. (1977) Review of Soviet literature on plant parasitic nematodes associated with strawberries. Research Institute of Pomology Experimental Station, Brezna, Poland, 63 pp.

Szczygiel, A. and Danek, J. (1975) Susceptibility of strawberry cultivars to leaf and bud nematodes (*Aphelenchoides* spp.). *Fruit Science Reports* 2, 47-57.

Tacconi, R. (1973) Danni da nematode alla fragola. *Informatore Fitopatologico* 23, 13-16.

Todd, E.H. and Atkins, J.G. (1958) White tip disease of rice. I. Symptoms, Laboratory culture of nematodes and pathogenicity test. *Phytopathology* 48, 632-640.

Wallace, H.R. (1961) Browning of *chrysanthemum* leaves infested with *Aphelenchoides ritzemabosi*. *Nematologica* 6, 7-16.

Zelenskii, G.L. and Popova, M.B. (1991) Breeding rice for resistance to the rice leaf nematode in USA. *Selektsiya i Semenovodstvo (Moskva)* 5, 59-60.

Obeikandl.com

الفصل السابع

النيماتودا الكلوية:

أنواع الجنس *Rotylenchulus*

Reniform Nematodes:
Rotylenchulus Species

A.F. Robinson
Agricultural Resaerch Services,
United States Department of Agriculture,
2765 F&B Rd, College Station, TX 77845, USA

النيماتودا الكلوية .*Rotylenchulus* spp هي نيماتودا نصف داخلية التطفل على الجذور، وتوجد عادة في المناطق المدارية وتحت المدارية من العالم، وهناك بعض الأنواع أيضاً التي وجدت في المناطق ذات المناخ الدافئ المعتدل. وقد اشتق اسم الكلوية "Reniform" من الاسم العلمي للنوع الممثل لهذه المجموعة وهو النوع *R. reniformis* (Linford and Oliveira, 1940) ويعني أن الإناث الكاملة لهذه النيماتودا تأخذ شكلاً يشبه الكلية، وهو الشكل المميز لكل أفراد الجنس *Rotylenchulus*. ولمزيد من المعلومات حول النوع *R. reniformis* يمكن الرجوع إلى: (Varaprasad, 1986)، و(Gaur and Perry, 1991a)، وكذلك لمزيد من المعلومات حول الجنس *Rotylenchulus* يمكن الرجوع إلى (Robinson *et al.*, 1997).

حياتية (بيولوجية) النيماتودا الكلوية
Biology of Reniform Nematodes

التصنيف والتعريف Taxonomy and Identification

يعتمد تصنيف هذه النيماتودا إلى مستوى الجنس أساساً على الصفات المورفولوجية للإناث دودية الشكل التي تمثل طور ما قبل التطفل Preparasitic vermiform females. ويمكن التصنيف إلى مستوى النوع بالاعتماد على وجود أو غياب الذكور، والخواص المورفولوجية للإناث غير الكاملة Immature females بما فيها طول الرمح، وموقع الفتحة التناسلية، وشكل الرأس (مستدير أو مخروطي عريض الطرف)، وشكل نهاية الذيل (هراوي أو ملعقي مستدير) (Germani, 1978b؛ والجدول رقم ٧,١). وقد تم تسجيل تسعة أنواع من هـذا الجنس حتى الآن

obeikandi.com

وهي: *R. anamictis*، و*R. borealis*، و*R. clavicaudatus*، و*R. leptus*، و*R. macrodoratus*، و*R. macrosoma*، و*R. parvus*، و*R. reniformis*، و*R. sacchari*. ويعد النوع *R. reniformis* النوع الممثل لهذا الجنس، وهو الأكثر شيوعاً. أما المدى العوائلي فيختلف من نوع لآخر (Robinson *et al.*, 1997).

لوحظت الاختلافات في معدل التكاثر والضرر لسبع عشرة عشيرة من نيماتودا النوع *R. reniformis* تم تسجيلها في الولايات المتحدة الأمريكية، والدول المطلة على المحيط الهادي والبحر الكاريبي على نباتات القطن *Gossypium hirsutum* وفول الصويا *Glycine max* (McGawley and Overstreet, 1995). وفي الهند، وجد اختلاف بين عشيرة من نيماتودا النـوع *R. reniformis* وعشائر أخرى لنفس النـوع من حيث عدم قدرتها على التكاثر على نبات الخروع *Ricinus communis* أو القطن (Dasgupta and Seshadri, 1971). وفي اليابان، تم تمييز ثلاث عشائر متباينة من حيث الشكل المورفولوجي والقدرة التكاثرية، وقد تم وصفها تبعاً لوجود أو عدم وجود الذكور إلى: عشيرة عديدة الذكور Male numerous، وعشيرة يندر فيها وجود الذكور Male rare، وعشيرة لا يوجد فيها ذكور بالمـرة Male absent (Nakasono, 1983).

الجدول رقم (٧,١). مفتاح لتعريف أنواع الجنس *Rotylenchulus* spp. (Robinson *et al.*, 1997 بتحوير عن Germani 1978b).

١.	طول الرمح أكثر من ٢٧ ميكروميتراً	*R. sacchari*
	طول الرمح = ١٠ — ١٥ ميكروميتراً	٢
	طول الرمح = ١٦ — ٢٦ ميكروميتراً (الذكور موجودة)	٥
٢.	الذكور موجودة	٣
	الذكور غائبة أو نادرة الوجود	٤
٣.	ف[أ] = ٥٥ - ٦٦٪	*R. borealis*
	ف = ٦٧ - ٧٢٪	*R. anamictus*
٤.	الرأس مخروطي الشكل، عريض الطرف	*R. leptus*
	الرأس مستدير الشكل	*R. parvus*
٥.	ف = ٥٥ - ٦٣٪	٦
	ف = أكثر من ٦٣٪	٧
٦.	نهاية الذيل صولجانية الشكل	*R. clavicaudatus*
	نهاية الذيل مستديرة الشكل	*R. macrosoma*
٧.	طول الرمح = ١٦ — ٢١ ميكروميتراً	*R. reniformis*
	طول الرمح = ٢٢ — ٢٦ ميكروميتراً	*R. macrodoratus*

ف[أ] = المسافة من مقدمة جسم الأنثى حتى موقع الفتحة التناسلية الأنثوية ÷ الطول الكلي للجسم × ١٠٠

obeikandi.com

وتختلف هذه العشـائر أيضاً من حيث مداها العوائلي، وقدرتها على التكاثر دون الحاجة إلى ذكور Parthenogenetically. وبخلاف ذلك، نجد أن الاختلافات فيما بين عشائر النيماتودا الكلوية من الصعب فهمها، كما أنه لا توجد اختبارات قياسية يمكن بواسطتها التفريق بين السـلالات أو تحت الأنـواع داخل النوع *R. reniformis* أما الاختلافات داخل الأنواع الأخرى من الجنس *Rotylenchulus*، فلم تتناولها أي من الدراسات حتى الآن.

التأثير Impact

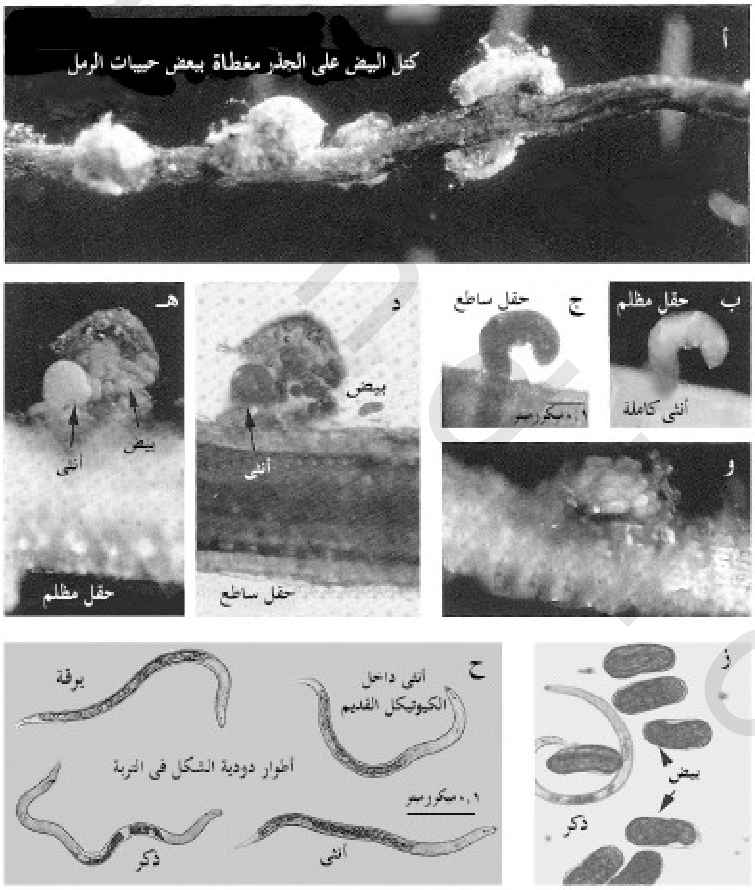
تعد دراسات المدى العوائلي للنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* محدودة جداً مقارنة بنيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا الحوصلات. وتشمل العوائل المعروفة للنيماتودا الكلوية *R. reniformis* أكثر من ٣٠٠ نوعاً من النباتات تقع في ٧٧ عائلة نباتية (Robinson *et al.*, 1997). ومن بين ٣٦٤ نوعاً نباتياً تم اختبار مدى ملاءمتها كعوائل للنيماتودا الكلوية *R. reniformis*، كانت النباتات غير العائلة لا تمثل أكثر من ١٤٪ من هذا المجموع. وتشمل عوائل هذه النيماتودا العديد من نباتات ذوات الفلقة الواحدة والفلقتين كذلك. أما دراسات المدى العوائلي التي تناولت الأنواع الأخرى من الجنس *Rotylenchulus* فقد كانت محدودة، وتركزت بصفة أساسية على تقدير تأثيرات كل نوع من النيماتودا على المحاصيل في موطنه الذي سجل فيه لأول مرة.

تركزت أغلب دراسات الفقد المحصولي الذي تسببه الإصابة بالنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* spp. حول النوع *R. reniformis* على القطن وفول الصويا واللوبيا *Vigna unguiculata* في الولايات المتحدة الأمريكية، وعلى محاصيل مختلفة من البقول التي تشمل كل من: الفاصوليا السوداء *Vigna mungo*، والحمص *Cicer arietinum*، واللوبيا، والفاصوليا الخضراء *Phaseolus aureus*، وفاصوليا الحصان *Dolichos biflorus*، وبازلاء الحمام *Cajanus cajan* في الهند. ومن بين المحاصيل الأخرى التي تم اختبار مقاومتها للنيماتودا الكلوية *R. reniformis* كل من: الخروع، والباباي *Carica papaya*، والفلفل *Capsicum* spp.، والبطاطس *Solanum tuberosum*، والبطاطا الحلوة *Ipomoea batatas*، والتبغ *Nicotiana tabacum*، والطماطم *Lycopersicom esculentum*. وعادة يكون توزيع النيماتودا الكلوية *R. reniformis* في الحقل متجانساً، إلا أنه نادراً ما تموت النباتات نتيجة للإصابة، وغالباً ما تكون الأعراض الناتجة عن الإصابة غير ملحوظة (Robinson *et al.*, 1999a ؛ Blasingame, 1994). وعادة لا تتعدى نسبة الفقد المحصولي نتيجة الإصابة بهذه النيماتودا في الحقل ٢٥٪، وبالرغم من ذلك، فاقت نسبة الفقد في محصول القطن بأمريكا نتيجة للإصابة بهذه النيماتودا ٦٠٪ (Overstreet, 1996 ؛ Jones *et al.*, 1959).

دورة الحياة Life Cycle

لم تتم دراسة دورة حياة كل أنواع النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* spp. بالتفصيل، ولكن يبدو أن دورة الحياة لكل تلك الأنواع متقاربة وتماثل ما ذكره سيفاكومار وسيشادري Sivakumar and Seshadri (1971)، وجور وبيري Gaur and Perry (1991a)، وروبينسون وآخرون Robinson *et al.* (1997). وباختصار، هناك أربعة أطوار

يرقية دودية الشكل يشار إليها بالرموز J_1، وJ_2، وJ_3، وJ_4، وكل منها متبوع بانسلاخ (الشكل رقم ٧,١). يظهر الطور اليرقي الأول J_1 داخل البيضة، وتفقس البيضة عن الطور اليرقي الثاني J_2، ويبقى الطور اليرقي الثالث J_3 والطور اليرقي الرابع J_4 غير مغلفين ببقايا الكيوتيكل السابق بعد الانسلاخ. ولا يتغذى أي من هذه الأطوار اليرقية بالمرة. وتحت الظروف الملائمة، يتم التطور الجنيني والفقس في غضون ٥ - ٨ أيام، ويستغرق التطور إلى الأطوار الأخرى حتى آخر انسلاخ حوالي ٨ - ١٨ يوماً أخرى (Nakasono, 1983 ؛ Nath *et al.*, 1969). وقد يتأخر التطور إلى عدة أسابيع في حالة الجفاف (Gaur and Perry, 1991b ؛ Womersley and Ching, 1989) أو عوامل أخرى. وفي الأنواع التي تتكاثر خلطياً Amphimictics، ينبثق الانسلاخ الأخير عن عدد متساوٍ من الذكور والإناث دودية الشكل الأصغر حجماً من الطور اليرقي الثاني (Bird, 1983).



الشكل رقم (٧,١). أطوار حياة النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus reniformis*: أ) كتل البيض على جذور نبات القطن؛ ب) أنثى النيماتودا على سطح جذر نبات القطن بعد إزالة كتلة البيض كما توضحه طريقة الحقل المظلم؛ ج) كما في (ب) ولكن بطريقة الحقل الساطع؛ د) أنثى كاملة التكوين وكتلة بيض مكسورة الجانب لمشاهدة ما بداخلها من بيض كما توضحه طريقة الحقل الساطع؛ هـ) كما في (د) ولكن بطريقة الحقل المظلم؛ و) البيض بعد تحريره من كتلة البيض؛ ز) مقارنة بين حجم البيض وحجم الذكر دودي الشكل؛ ح) يرقات وذكور وإناث ما قبل التطفل، وكلها أطوار دودية الشكل.

تخترق النيماتودا الكلوية الجذر في المنطقة الموازية لمحوره حيث توجد الخلايا حديثة التكشف. تخترق أنثى ما قبل التطفل الدودية الشكل نسيج القشرة في الجذر، ويكون اتجاهها متعامداً على محور الجذر، وتتوقف عندما تصل برأسها إلى الأسطوانة الوعائية، بينما تظل مؤخرة الجسم بارزة خارج الجذر. تتغذى الأنثى بشكل دائم على خلية واحدة في نسيج البشرة الداخلية (الإندودرمس) Endodermis، أو نسيج الدائرة المحيطية (البريسيكل) Pericycle أو القشرة العميقة. وتعمد الأنثى إلى تكوين مدمج خلوي Syncytium يتكون من شريط منحن من الخلايا الوعائية كبيرة الحجم Hypertrophied vascular cells في نسيج البشرة المحيطية عادة، ويتكون هذا المدمج باندماج ستوبلازم عدد من الخلايا المتجاورة بعد ذوبان جدرها (الشكل رقم ٧,٢). أما الأنسجة المحيطة بالمدمج الخلوي، فهي على عكس ما يحدث في العقد الجذرية التي تكونها نيماتودا تعقد الجذور في الجذور المصابة، لا تزيد سرعة انقسامها. ويتشابه المدمج الخلوي الذي تكونه النيماتودا الكلوية مع الخلايا العملاقة التي تكونها نيماتودا تعقد الجذور في احتوائه على سيتوبلازم قابل للصبغ بصبغة السفرانين، ذي شبكة إندوبلازمية متفرعة مما يدل على حدوث عمليات نسخ وتخليق للبروتينات. أما نيماتودا النوع *R. macrodoratus* فهي تستثنى من ذلك، حيث وجد أنها قد كونت في سبعة أنواع نباتية تمت دراستها، خلايا مغذية Nurse cells مفردة كبيرة الحجم وحيدة النواة (Cohn, 1976 ؛ Cohn and Mordechai, 1977 ؛ Inserra and Vovlas, 1980).

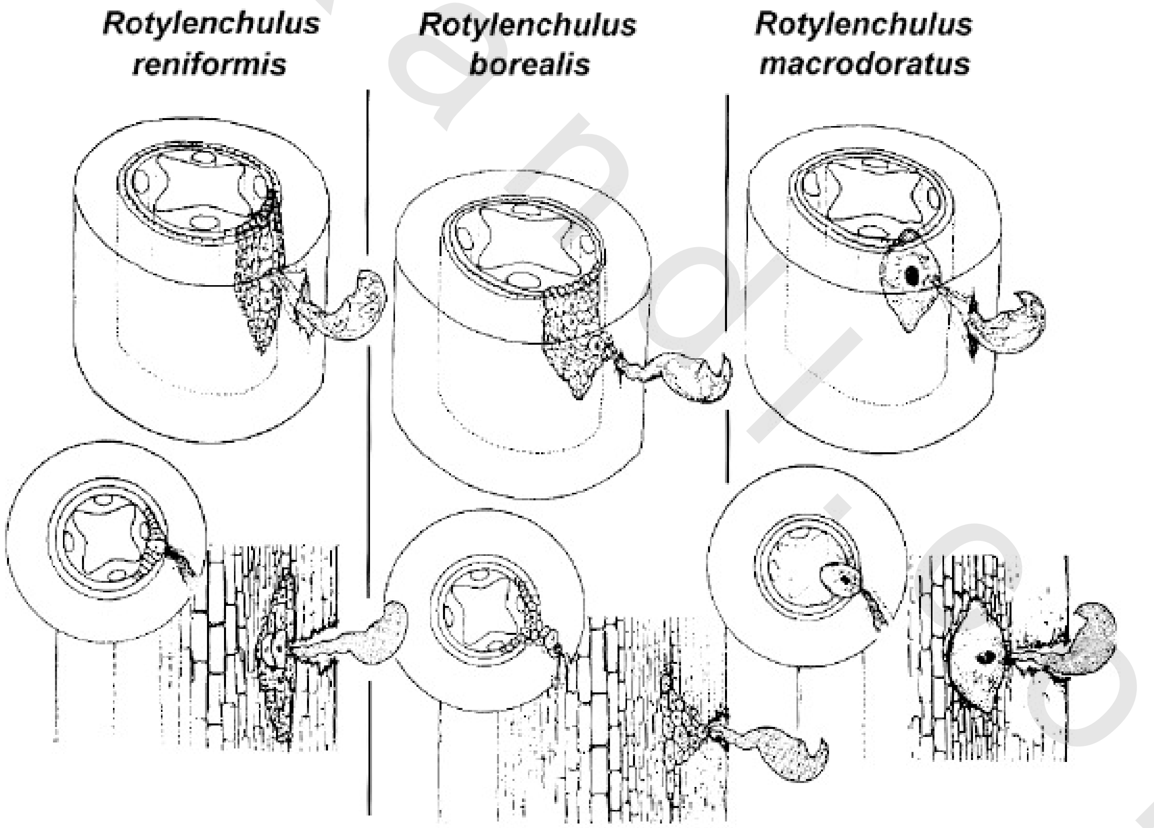
وخلال ١٠ - ٢٠ يوماً من بدء التغذية، واعتماداً على درجة الحرارة ونوع النيماتودا، يبدأ الجزء الخلفي للأنثى في الانتفاخ لتأخذ الأنثى الشكل الكلوي المميز (الشكل رقم ٧,٢)، ويكتمل نمو المبايض والرحم، ثم تضع الأنثى ٤٠ - ٢٠٠ (حوالي ٦٠ عادةً) بيضة في كتلة جيلاتينية لزجة تفرزها غدد المهبل. تظل كتلة البيض متصلة بنهاية جسم الأنثى خارج الجذر، وتلتصق بها حبيبات التربة لتخفيها. ويعتقد أن الإناث الساكنة لجميع الأنواع ما عدا النوعين *R. leptus* و*R. parvus* يتم إخصابها بواسطة الذكور التي توجد بأعداد وفيرة. ويبدو أن الذكور لا تتغذى، كما أنها تظل دودية الشكل حرة في التربة دائماً. أما النوع *R. parvus* وبعض العشائر اليابانية من النوع *R. reniformis*، وربما أيضاً النوع *R. leptus* فتفتقر إلى وجود الذكور، وتتكاثر بكرياً Parthenogenetically (Dasgupta and Raski, 1968 ؛ Nakasono, 1983).

المقاومة Resistance

الميكانيكيات Mechanisms

تدخل الإناث دودية الشكل (أنثى ما قبل التطفل) جذور النباتات المقاومة والقابلة للإصابة على حد سواء. ومن ثم، يبدو أن المقاومة تعتمد على استجابة النبات بعد حدوث الإصابة. وقد أوضحت دراسة بالمجهر الألكتروني

لجذور فول الصويا المصابة بالنيماتودا الكلوية *R. reniformis* (Rebois *et al*., 1975) أن تطور المدمج الخلوي Syncytium في النباتات القابلة للإصابة يمر بمرحلتين اثنتين هما : ١) مرحلة استهلالية Initial phase يحدث فيها تحليل جزئي وانفصال للجدار الخلوي، و٢) مرحلة بنائية Anabolic phase تتميز بزيادة تفرع العضيات والترسيبات الثانوية للجدار الخلوي. أما في النباتات المقاومة فتتسارع المرحلة الاستهلالية مؤدية إلى تحلل الخلية. وقد شوهد رد فعل مماثل في نباتات القطن الأمريكي *G. hirsutum* وقطن العالم القديم *G. arborerum* يتبعه موت موضعي Necrosis للخلايا وحصار للنيماتودا بتلك الخلايا الميتة فتموت كذلك (Carter, 1981 ؛ Shepherd and Huck, 1989). أما المقاومة في أشجار المانجو *Mangifera indica* فيبدو أنها تحدث نتيجة للتغير في مستوى الأوكسينات Auxin levels (Badra and Khattab, 1982).



الشكل رقم (٧,٢). مساقط عرضية وطولية وثلاثية الأبعاد لمناطق التغذية التي تحدثها النيماتودا الكلوية: *R. reniformis*، *R. borealis*، و *R. macrodoratus*

(رسم A. Troccoli عن Robinson *et al*., 1997).

مصادر المقاومة Sources of resistant germplasm

تم اختبار مقاومة مصادر نباتية تنتمي إلى سبعة عشر محصولاً تجاه النيماتودا الكلوية *R. reniformis*، وقد أسفر ذلك عن التعرف على العديد من السلالات والأنواع المحصولية والنباتات البرية ذات الصلة المقاومة لتلك النيماتودا (الجدول رقم ٧,٢). وإضافة إلى ذلك، تم أيضاً تقييم حوالي ٣٠٠ نوع نباتي من حيث كونها عوائل مستقبلة، أو ناقلات للنيماتودا أثناء التداول في الأوعية ضمن العمليات الصناعية النباتية أو الغذائية، أو كمحاصيل مفيدة في الدورات الزراعية (Robinson *et al.*, 1997). وقد أوضحت النتائج تغايراً كبيراً في توفر صفة المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية *R. reniformis* في المحاصيل المختلفة. فقد كانت نباتات الخردل *Brassica nigra*، والشوفان *Avena sativa*، والبصل *Allium cepa*، وقصب السكر *Saccharum officinarum*، والقنب *Crotalaria juncea*، والقمح الشتوي *Triticum aestivum* منيعة تماماً تجاه معظم العشائر المختبرة من تلك النيماتودا. بينما كانت بعض الأصناف من الذرة *Zea mays*، وفول الصويا والطماطم عالية المقاومة. أما اللوبيا فقد تم التعرف على بعض أصناف قليلة منها تحمل صفة المقاومة لهذه النيماتودا. وعلى العكس من ذلك، لم توجد أية سلالة أو صنف ذات مستوى مفيد من المقاومة في القطن الأمريكي، ولكن وجدت فقط بعض الأصناف أو السلالات التي تحمل صفة التحمل، حيث تنمو وتنجح جيداً في التربة التي تحتوي على كثافة عددية عالية من تلك النيماتودا (Cook *et al.*, 1997). وقد كانت أربع سلالات من القطن تم تطويرها في ولاية لويزيانا الأمريكية تتميز باحتوائها على درجة منخفضة من المقاومة (Jones *et al.*, 1988). وقد أعيقت محاولات نقل صفة المقاومة من بعض أنواع القطن البري *Gossypium* إلى أنواع القطن الأمريكي بسبب ظاهرتي التعدد الكروموسومي Ploidy وعدم التوافق Incompatibility بين تلك الأنواع. أما في البطاطا الحلوة فقد كانت هناك مشكلة أخرى، وهي أن صفة المقاومة كانت دائماً مرتبطة وراثياً بصفة التشقق التي تحدثها النيماتودا في الجذور المخزِّنة Storage roots (Clark and Wright, 1983).

توارث صفة المقاومة Inheritance of resistance

يبدو أن صفة المقاومة للنيماتودا الكلوية *R. reniformis* تتوارث في معظم الأحيان بطريقة مختلفة عن الطرق التي تتوارث بها صفة المقاومة للأنواع الأخرى من النيماتودا الساكنة. وفي القطن الأمريكي، هناك فقط ثلاثة أصناف تجارية وعلى الأقل ٢٠ سلالة نباتية لها صفة المقاومة المعتدلة أو العالية تجاه نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* race 3 (Robinson *et al.*, 1999a). وأغلب هذه الأصناف والسلالات قد اشتق مقاومته من واحد أو أكثر من المصادر الثلاثة التالية: الصنف القديم "Clevewilt 6" (Jones *et al.*, 1991)، والأصل المكسيكي المسجل في وزارة الزراعة الأمريكية تحت رقم SA 2516 (Shepherd, 1974)، والسلالة "Acala N6072" (Hyer *et al.*, 1979). أيضاً تم الحصول على مصدر للمقاومة من سلالة غير محددة من القطن المصري *G. barbadense* (Hyer and Jorgenson, 1978). وقد اتضح أن جميع التراكيب الوراثية من القطن الأمريكي *G. hirsutum* المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* تدعم تكاثر النيماتودا الكلوية *R. reniformis*. وتتفاوت معدلات تكاثر النيماتودا الكلوية *R. reniformis* بدرجة يمكن معها اعتبار بعض السلالات النباتية الناتجة من الصنف "Clevewilt 6" سلالات مقاومة جزئياً. وعليه، فإن توارث صفة المقاومة يعد معقداً، وهناك حاجة لمصادر جديدة للمقاومة (Muhammed and Jones, 1990).

الجدول رقم (٢ , ٧). الطرق المستخدمة في تقييم مقاومة التراكيب الوراثية النباتية للنيماتودا الكلوية ***Rotylenchulus reniformis***.

المحصول[أ]	عدد التراكيب الوراثية	حجم الوعاء أو الأصيص[ب]	بيئة نمو الجذور	المكررات	طريقة التلقيح[ج]
فاصوليا سوداء	١٧	أصص بقطر ١٠ سم (٥٠٠ جم تربة)	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٥	II
حمص	٩	أصص بقطر ١٥ سم	طمي : رمل : كومبوست ٧ : ٢ : ١	٥	I
حمص	٤٩	أصص بقطر ١٠ سم (٥٠٠ جم تربة)	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٥	II
بن	٣	أصص سعة ١ لتر	تربة معقمة ببروميد الميثايل	٧	III
قطن أمريكي	٢٤	أصص بقطر ٣٠ سم	تربة ملوثة	٤، ٢٠	III
قطن أمريكي	١٠	صندوق	طميية رملية	لم تذكر	III
قطن أمريكي	٢٦	أوعية مفلطحة	طميية سلتية	لم تذكر	III
قطن أمريكي	٨٤٠[د]	أصص ١ ل (٥٠٠ جم)	طمي سلتي : رمل نهري ٥٠ : ٥٠	١[هـ]	I
قطن أمريكي	١٣	أصص سعة ٥٠٠ سم^{٣}	رمل : بيتموس : فيرميكيولايت ٣ : ١ : ١ (حجماً)	٦	I

Opeikandi.com

تابع الجدول رقم (٢,٧).

معدل اللقاح			فترة التجربة	معايير المقاومة[د]	المراجع
العدد/ نبات	العدد/ سم٣ تربة	العدد/ جم تربة			
١٠٠	٠,١٣	٠,٢	٧ أيام + ١٢ يوماً	أ، ب، هـ، ح	Routaray *et al.*, 1986
٥٠٠٠	١,٣		شهران	أ	Anver and Alam, 1990
١٠٠	٠,١٣		٧ أيام + ١٢ يوماً	أ، ب، هـ، ح	Sahoo *et al.*, 1986
غير معروف	–		أربعة أشهر	ح	Macedo, 1974
غير معروف	–		لم تذكر	ح، ط	Birchfield and Brister, 1963
غير معروف	–		حتى حصاد التيلة	ل	Minton *et al.*, 1964
غير معروف	٩		٩٩ يوماً	ك	Neal, 1954
٢٠٠٠ – ٣٥٠٠	٢ – ٤	٤ – ٧	٤٠ – ٥٠ يوماً أو ٣٢ يوماً	هـ، و	Muhammad and Jones, 1990
٤٠٠٠	٨		أسبوعان + ستة أسابيع أو أسبوعان + عشرة أسابيع	أ، ب، ج	Cook *et al.*, 1997

obeikandi.com

تابع الجدول رقم (٢, ٧).

المحصول[أ]	عدد التراكيب الوراثية	حجم الوعاء أو الأصيص[ب]	بيئة نمو الجذور	المكررات	طريقة التلقيح[ج]
قطن أمريكي	٥٩	أصص سعة ٥٠٠ سم^3	خليط معقم بالبخار تحت ضغط من الرمل والفيرميكيولايت (٦ : ١ حجماً)	٦	I
قطن أمريكي	٥٠	أصص سعة ٥٠٠ سم^3	خليط معقم بالبخار تحت ضغط من الرمل والفيرميكيولايت (٦ : ١ حجماً)	٦	I
قطن (أقاربه)	٢٠٠	كؤوس سعة ١٧٨ سم^3	طمي معقم بالبخار تحت ضغط	٦، و٢ نبات/ كأس	I
قطن مصري	١٦	صناديق خشبية سعة ٣٠٧ ل	تربة ملوثة طبيعياً	١٠	III
قطن مصري	٦	أصص بقطر ٢٥ سم	طمي معقم بالبخار تحت ضغط	٤	I
لوبيا	٢٠	أصص بقطر ١٥ سم	خليط ٣ : ١ : ١ من تربة طمية رملية : رمل : دبال	٥	II
لوبيا	٤	أصص بقطر ١٥ سم (١٣٠٠ جم)	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٣	II

Obeikandl.com

تابع الجدول رقم (٢ , ٧).

معدل اللقاح			فترة التجربة	معايير المقاومة*	المراجع
العدد/ نبات	العدد/ سم٣ تربة	العدد/ جم تربة			
٤٠٠٠	٨		عشرة أيام + ٥٦ يوماً	أ، ب، و	Robinson *et al.*, 1999b
٤٠٠٠	٨		عشرة أيام + ٥٦ يوماً	أ، ب، و	Robinson and Percival, 1997
١٠٠٠	١١		٣٥ يوماً	ج	Yik and Birchfield, 1984
١٢٠٠٠	٦		ثمانية أسابيع	ك	Khadr *et al.*, 1972
٧٢٠٠٠	٧		ثمانية أسابيع؟	ك	Khadr *et al.*, 1972
١٠٠٠	٠,٢٥		أسبوع + يومان	أ، ل	Khan and Husain, 1988
٥٠٠	٠,٢	٠,٤	١٥ يوماً + ٤٥ يوماً	أ، ج، ل	Makadia *et al.*, 1987

obeikandi.com

تابع الجدول رقم (٢ , ٧).

المحصول[أ]	عدد التراكيب الوراثية	حجم الوعاء أو الأصيص[ب]	بيئة نمو الجذور	المكررات	طريقة التلقيح[ج]
لوبيا	٦	أصص بقطر ١٥ سم	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٢	I
لوبيا	٧	كؤوس ورقية سعة ١٠٠ سم^{٣}	تربة طميية رملية معقمة بالبخار تحت ضغط	١٠	I
فاصوليا خضراء	١	كؤوس ورقية سعة ١٠٠ سم^{٣}	تربة طميية رملية معقمة بالبخار تحت ضغط	١٠	I
فاصوليا خضراء	١٧	أصص بقطر ١٠ سم (٥٠٠ جم)	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٥	II
فاصوليا خضراء	٢٦	أصص بقطر ١٥ سم (٥٠٠ جم)	تربة طميية رملية معقمة بالبخار تحت ضغط	٥	I
فاصوليا خضراء	٥٣	٢٥٠ جم	تربة	٣	I
فاصوليا الحصان	١٤	أصص بقطر ١٠ سم (٥٠٠ جم)	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٥	II
زيتون	٦	أصص بقطر ٢٠ سم	تربة طميية رملية	٤	II
باباظ	٤	أصص بقطر ١٥ سم	تربة	٥	I

Opeikandl.com

تابع الجدول رقم (٢,٧).

معدل اللقاح			فترة التجربة	معايير المقاومة*	المراجع
العدد/ نبات	العدد/ سم٣ تربة	العدد/ جم تربة			
٢٠٠	٠,١		خمسة أيام + ٢٠ يوماً	ح، ي	Thakar and Patel, 1985
٣٥٠	٣,٥		سبعة أيام + ٢٢ يوماً	ب، ح	Gaur, 1986
٣٥٠	٣,٥		سبعة أيام + ٢٢ يوماً	ب، ح	Gaur, 1986
١٠٠	٠,١٣	٠,٢	سبعة أيام + ١٢ يوماً	أ، ب، هـ، ح	Routaray *et al*., 1986
٢٠٠	٠,٠٨	٠,٤	ستة أيام + ١٢ يوماً	ح	Patel *et al*. 1989a
١٠٠	٠,٥		٢٠ يوماً	ب، د، هـ، ح	Patel and Thakar, 1986
١٠٠	٠,١٣	٠,٤	سبعة أيام + ١٢ يوماً	أ، ب، هـ، ح	Nayak *et al*., 1987
٢٠٠٠	٠,٧		شهران + أربعة أشهر	أ؟ ب؟	Al-Sayed and Abdel-Hameed, 1991
٢٠٠	٠,١		١٢ يوماً بعد التلقيح	ح	Patel *et al*., 1989b

obeikandi.com

تابع الجدول رقم (٢ , ٧).

المحصول^أ	عدد التراكيب الوراثية	حجم الوعاء أو الأصيص^ب	بيئة نمو الجذور	المكررات	طريقة التلقيح^ج
فلفل	١٢	أصص بقطر ١٠ سم (٥٠٠ جم)	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٥	I أو II
فلفل	٢	أصص بقطر ٢٠ سم أو ٣٠ سم	تربة من الحقل	لم تذكر	III
بازلاء الحمام	٦٤	أصص بقطر ١٠ سم (٣٠٠ جم)	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٥	I
بازلاء الحمام	٨٣	أصص بقطر ١٠ سم (٣٠٠ جم)	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٥	I
بازلاء الحمام	٢٩٦	أصص بقطر ١٥ سم (٥٠٠ جم)	تربة ملوثة	٣	III
البطاطس	٤١	أصص بقطر ٢٠ سم	خليط تربة	٤	III
البطاطس	٥	أصص بقطر ١٠ سم	خليط تربة	٦	I
البطاطس	٤	أصص بقطر ٢٠ سم	خليط تربة	٨	III
فول الصويا	١٠	بنش بارتفاع ٣٠ سم	تربة طميية رملية ناعمة معاملة بالحرارة	أربع مجموعات، وخمسة نباتات بكل مجموعة	I

obeikandl.com

تابع الجدول رقم (٧,٢).

معدل اللقاح			فترة التجربة	معايير المقاومة*	المراجع
العدد/ نبات	العدد/ سم٣ تربة	العدد/ جم تربة			
٥٠٠ أو ١٠٠، على الترتيب	٠,٧ أو ٠,١٣	١ أو ٠,٢	١٥ يوماً + ١٢ يوماً أو ٢٨ يوماً	أ، ب، هـ	Routaray *et al.*, 1988
٤٢٠٠ - ١٤٠٠٠	٠,٦-٠,٨		لم تذكر	هـ	Birchfield and Brister, 1962
٢٠٠	٠,٧	٠,٧	ستة أيام + ١٢ يوماً	ح	Patel *et al.*, 1987
٢٠٠	٠,٤	٠,٤	ستة أيام + ١٢ يوماً	ح	Chavda *et al.*, 1988
٨٠٠؟	٢		شهر واحد	ب، هـ	Thakar and Yadav, 1985
٩٠٠٠	١,٥		شهر + شهران	هـ	Rebois and Webb, 1979
٥٠٠٠	٧		ثمانية أيام + ثلاثة أسابيع	هـ	Rebois and Webb, 1979
٩٠٠٠	١,٥		شهر + ١,٢ وثلاثة أشهر	أ، هـ	Rebois and Webb, 1979
١٥٠٠	؟		صفر يوماً + سبعة أسابيع	هـ، ح	Rebois *et al.*, 1970

obeikandl.com

تابع الجدول رقم (٢, ٧).

المحصول[أ]	عدد التراكيب الوراثية	حجم الوعاء أو الأصيص[ب]	بيئة نمو الجذور	المكررات	طريقة التلقيح[ج]
فول الصويا	٥	أصص بقطر ٢٠ سم	تربة طمية رملية ناعمة	ثلاثة أصص، وعشرة نباتات بكل أصيص	II
فول الصويا	٦٥	قطع حقلية	تربة طمية طينية ملوثة طبيعياً	٣	IV
فول الصويا	٨	أصص بقطر ٢٠ سم	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٣، ٦، ٦	I
فول الصويا	٢٠	أصص بقطر ٢٥ سم	تربة معقمة	٣	I
فول الصويا	١٩	أصص بقطر ٢٠ سم	تربة ملوثة طبيعياً	ثلاثة أصص، وأربعة نباتات بكل أصيص	III
فول الصويا	٣٢١[د]	أصص مربعة ٧,٦ × ٧,٦ سم	خليط تربة + رمل	٥[هـ]	III
فول الصويا	٥٧٢[د]	أصص مربعة ٧,٦ × ٧,٦ سم	خليط تربة + رمل	١[هـ]	III
فول الصويا	٢	أصص مربعة ٧,٦ × ٧,٦ سم	خليط تربة + رمل	١٠	III

opeikandl.com

تابع الجدول رقم (٢ ,٧).

معدل اللقاح			فترة التجربة	معايير المقاومة[ء]	المراجع
العدد/ نبات	العدد/ سم٣ تربة	العدد/ جم تربة			
١٥٠٠	٢٥		صفر يوماً + سبعة أسابيع	أ، هـ، ح	Rebois *et al.*, 1970
–		٠,١٤	١١ أسبوعاً	د، و، ح، ط	Lim and Castillo, 1979
٣٠٠، ١٩٠٠، ٣٣٠٠	٠,٢، ٠,٩، ١,٧		لم تذكر	أ، ح	Rebois *et al.*, 1968
٣٠٠٠٠، ٢٠٠٠٠	٢,٥، ١,٦		أربعة أشهر أو شهران	أ، ز	Birchfield *et al.*, 1971
١٢٥ (٥٠٠ لكل أصيص)	٠,١		٩٠ يوماً	أ، هـ	Birchfield and Brister, 1969
١٧٦٠	٤		٢١ يوماً	ز	Williams *et al.*, 1981
١٧٦٠	٤		٢١ يوماً	ز	Williams *et al.*, 1981
١٦٠٠ – ٢٥٠٠	٣,٦ – ٥,٦		١٤، ١٧، ٢١، ٢٤، ٢٨، ٣١ يوماً	ز	Williams *et al.*, 1979

obeikandi.com

تابع الجدول رقم (٢, ٧).

المحصول[أ]	عدد التراكيب الوراثية	حجم الوعاء أو الأصيص[ب]	بيئة نمو الجذور	المكررات	طريقة التلقيح[ج]
فول الصويا	٣٠	أصص بقطر ١٠ سم (٥٠٠ سم^3)	تربة طميية رملية ناعمة (٩١ : ٥ : ٤ ssc)	٥	I
فول الصويا	٤	خطان، كل منهما طوله ٣٠ م	تربة طميية سلتية (٩ : ٨٤ : ٧ ssc)	٧٢[د]	IV
فول الصويا	٢٨٨	أصص بقطر ١٠ سم	تربة طميية رملية ناعمة	٥	I
بطاطا حلوة	٢٤	أصص بقطر ١٥ سم	تربة ذات مستوى تلوث نيماتودي معروف	٤	III
بطاطا حلوة	٤٤	أصص بقطر ١٠ سم	لم تذكر	لم تذكر	I ؟
بطاطا حلوة	١٠	قطع حقلية	تربة طميية سلتية	٤، ٩، ٩	IV
تبغ	٣	أصص بقطر ١٥ سم	تربة طميية رملية معقمة بالبخار تحت ضغط	٦	I
تبغ	١٣	أصص بقطر ١٥ سم (٨٠٠ جم)	خليط تربة : دبال ٤ : ١	٤	I

Obeikandl.com

تابع الجدول رقم (٢,٧).

معدل اللقاح			فترة التجربة	معايير المقاومة[د]	المراجع
العدد/ نبات	العدد/ سم٣ تربة	العدد/ جم تربة			
١٠٠٠	٢		إنبات + ٦٠ يوماً	أ، ب	Robbins *et al.*, 1994a, b
–	٧,٦		١٠٤ أيام	أ	Robbins *et al.*, 1994a, b
١٢٠٠	٢		أسبوع + ١١ – ١٥ أسبوعاً	أ، ب، ز، ح	Robbins *et al.*, 1999
٥٠٠، ٦٤٠، ٢٤٠٠	٠,٢، ٠,٣، ١,٠		٩٨، ٦٨، ١٤٥ يوماً	أ	Martin *et al.*, 1966
٦٠٠	٠,٨		٥٨ يوماً	أ	Clark *et al.*, 1980
–	١,٣، ١٨,٣		١١٥، ١١٣ يوماً	أ	Clark and Wright, 1983
٢٥٠٠٠	١٠		شهر + ٦٣ يوماً	أ، ج	Heald and Meredith, 1987
١٠٠٠	٠,٤	١,٣	ثمانية أسابيع + ٤٥ يوماً	أ، ب، ح	Patel *et al.*, 1986

obeikandi.com

تابع الجدول رقم (٢ , ٧).

المحصول[أ]	عدد التراكيب الوراثية	حجم الوعاء أو الأصيص[ب]	بيئة نمو الجذور	المكررات	طريقة التلقيح[ج]
طماطم	٣٧	أنابيب زجاجية ٢,٥ × ٧,٥ سم	تربة معقمة بالبخار تحت ضغط	٣	II
طماطم	٩	أصص بقطر ٢٠ سم	تربة طميية رملية	٢ – ٣ أصص، و١٠ – ١٥ نبات بكل أصيص	I
طماطم	٢٠	أصص بقطر ١٥ سم	تربة طميية رملية	٤	II
طماطم	٢	أصص سعة ٢ لتر	تربة	١٠	I

[أ]فاصوليا سوداء = Phaseolus mungo، حمص = Cicer arietinum، بن = Coffea spp.، قطن أمريكي = Gossypium hirsutum، قطن مصري = G. barbadense، لوبيا = Vigna unguiculata، فاصوليا خضراء = Phaseolus aureus، فاصوليا الحصان = Dolichos biflorus، زيتون = Olea europaea، باباظ = Carica papaya، بازلاء الحمام = Cajanus cajan، بطاطس = Solanum tuberosum، فول صويا = Glycine max، بطاطا حلوة = Ipomea batatas، تبغ = Nicotiana tabacum، طماطم = Lycopersicon esculentum.

[ب]الأصص ذات القطر ١٠، و١٥، ٢٠، و٢٥، و٣٠ سم يفترض أنها تسع ٧٥ , ٠، و٥ , ٢، و٦، و١٢، و٢٠ لتراً، على الترتيب، كما يفترض أن وزن التربة = ٢ , ١ جم/ سم٣ ما لم يذكر غير ذلك في المرجع الأصلي.

[ج]طرق التلقيح: I = أطوار يرقية من النيماتودا في معلق مائي، II = إناث غير مكتملة النمو في معلق مائي، III = تربة سابقة التلوث في أصص، IV = تربة سابقة التلوث في قطع حقلية، V = بيض في معلق مائي.

تابع الجدول رقم (٢ , ٧).

معدل اللقاح			فترة التجربة	معايير المقاومة[د]	المراجع
العدد/ نبات	العدد/ سم٣ تربة	العدد/ جم تربة			
١٠٠	٢,٧	١,٣	عشرة أيام + ١٢ يوماً	ح	Balasubramanian and Ramakrishnan, 1983
١٠٠٠	٠,١٧		٤ – ٦ أسابيع	د، هـ، ح	Rebois *et al.*, 1973
٢٠٠٠	٠,٨		إنبات + عشرة أيام + ٣٥ يوماً	ب، د، هـ، ح	Montasser, 1986
١٠٠٠٠	٥		٧٦ يوماً	أ	Germani, 1978a

[د] معايير المقاومة **Resistance parameters**، حيث:

أ = أطوار نيماتودا دودية الشكل تستخلص من كمية معينة (قياسية) من التربة، ب = عدد البيض الكلي/ نبات،ج = عدد البيض/ جم جذور، د = عـدد البيض/ كتلة بيض، هـ = عدد كتل البيض/ المجموع الجذري، و = عدد كتل البيض/ جم جذور، ز = مقياس كتل البيض، ح = العدد الكلي للإناث الساكنة/ الجذر، ط = عدد الإناث الساكنة/ جم جذور، ي = معدل الإناث مكتملة النمو، ك = ظهور أعراض الذبول الفيوزاريومي فقط، ل = المحصول.

[هـ] دراسة وراثية **Inheritance study**.

[و] دراسة ارتباط **Correlation study**.

obeikandl.com

أما في فول الصويا، فقد أوضحت الدراسات الأولية أن صفة المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية *R. reniformis* من الممكن توقع ظهورها في التراكيب الوراثية المقاومة لنيماتودا حوصلات فول الصويا (Rebois *et al.*, 1968 ؛ Rebois *et al.*, 1970). ولكن هذا التنبؤ لم يكن مدعوماً بدراسات وراثية بعد ذلك (Birchfield *et al.*, 1971 ؛ Hartwig and Epps, 1977 ؛ Gilman *et al.*, 1979 ؛ Anand, 1992). وقد افترض أن هناك زوجين من الجينات لها تأثيرات غير متساوية في التحكم في صفة المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية *R. reniformis* في فول الصويا (Williams *et al.*, 1981 ؛ Harville, 1985). وقد أوضحت الدراسات الحديثة أن أصناف فول الصويا المقاومة لنيماتودا حوصلات فول الصويا التي اشتقت مقاومتها من الصنف "Peking" (كالأصناف "Forrest" و"Centennial")، أو من الصنف "PI-437-654" (كالصنف "Hartwig")، أو من الصنف "PI-90.763" (كالصنف "Cordell")، هي أيضاً أصناف مقاومة للنيماتودا الكلوية *R. reniformis*، بينما الأصناف التي اشتقت مقاومتها لنيماتودا حوصلات فول الصويا من الصنف "PI-88.788" فلم تكن مقاومة للنيماتودا الكلوية *R. reniformis* (Robbins *et al.*, 1994a;b ؛ Davis *et al.*, 1996 ؛ Robbins and Rakes, 1996).

وفي الطماطم، يبدو أن جينات المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية *R. reniformis* غير مرتبطة بجينات المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. وعلى العكس من ذلك، وجد أن صفة المقاومة في الطماطم تجاه نيماتودا حوصلات بنجر السكر *Heterodera schachtii* كانت مرتبطة بصفة المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية في ٢٢ صنفاً تم اختبارها (Robbins *et al.*, 1973). وقد وردت تقارير عن المناعة تجاه النيماتودا الكلوية *R. reniformis* في عدد من أصناف الطماطم *Lycopersicon esculentum* هي: "Kalyampur Sel I"، و"Kalyampur Sel III"، و"LA 121"، وكذلك الصنف "PI-375.937" من النوع *L. pimpinellifolium* (Rebois *et al.*, 1977 ؛ Balasubramanian and Ramakrishnan, 1983).

وبسبب الترافق الجزئي بين المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية والمقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا في كل من فول الصويا (Rebois *et al.*, 1970)، والطماطم (Rebois *et al.*, 1977)، قام ربوا وويب Rebois and Webb (1979) باختبار المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية *R. reniformis* في ٤١ صنفاً من الطماطم يحتوي أغلبها على الجين *H1* المقاوم لنيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis*. وقد وجدت صفة المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية في عدة تراكيب وراثية من البطاطس تشمل الصنف "La Rouge" وربما أيضاً الصنف "Red La Soda". وعموماً، فقد وجد أن صفة المقاومة للنيماتودا الكلوية تنعزل مستقلة عن الجينات؛ *H1*، و*H2*، و*H3* المقاومة لنيماتودا حوصلات البطاطس.

obeikandi.com

إستراتيجية تقييم الأصول الوراثية
Strategy for Evaluating Germplasm

تم تقييم صفة المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية في عدد صغير من المحاصيل النباتية (الجدول رقم ٧،٢)، وذلك بالمقارنة بتقييم صفة المقاومة تجاه المجموعات الأخرى من النيماتودا، وخاصة نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا الحوصلات. وقد تكون طرق العمل المذكورة في المراجع مناسبة بشكل عام، ولكن معظمها كانت تحويرات لطرق عمل تم تطويرها أساساً لاختبار صفة المقاومة لأنواع أخرى من النيماتودا. وعند تطوير طرق جديدة للعمل مع أنواع النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* spp.، فإنه يجب الأخذ في الاعتبار بعض الصفات الحياتية المميزة للنيماتودا. فالنيماتودا الكلوية تتميز بدورة حياة قصيرة، ومرور فترة طويلة بين حدوث الفقس وقيام النيماتودا بعملية اختراق النباتات، وتأخر عملية التطور في النيماتودا قبيل قيامها باختراق النبات، والمدى العـوائلي الواسـع، والتكاثر الخلطي (ما عدا النوعـين *R. parvus*، و*R. leptus* وبعض العشائر اليابانية من النوع *R. reniformis*)، والتأقلم على الحياة في التربة ناعمة القوام، والعدد الكبير من النيماتودا دودية الشكل في التربة، وارتفاع مستوى الحد الحرج للضرر، والقدرة العالية على البقاء طيلة فصل الشتاء.

عم نبحث: المناعة، أم المقاومة، أم التحمل؟
Which are you looking for: immunity, resistance or tolerance?

المناعة Immunity

قد تمثل النيماتودا الكلوية *R.* reniformis آفة هامة على نباتات الزينة في بعض المناطق. وعادة يكون الاهتمام بحدوث الفقد في إنتاجية نباتات الزينة أقل كثيراً من الاهتمام بمواصفات التصدير. وتعتبر بعض الولايات الأمريكية مثل: أريزونا، وكاليفورنيا، ونيومكسيكو بالإضافة إلى دولتي شيلي، وسويسرا أن النيماتودا الكلوية كائن مجهري ضار ينبغي أن تطبق عليها قوانين الحجر الزراعي. ولهذا تأثير خطير على تصدير نباتات الزينة من بعض المناطق في ولايتي فلوريدا، وتكساس، حيث توجد النيماتودا هناك بصفة طبيعية. وبسـبب قدرة النيماتودا الكلـوية *R. reniformis* على البقاء في التربة في غياب العائل لفترات طويلة، فقد أصبح من الحرج جداً الحكم على نوع ما من نباتات الزينة بأنه عائل أو غير عائل (Inserra *et al.*, 1994 ؛ Starr, 1991)، وكذلك تقرير مدى تكاثر النيماتودا على الحشائش التي تنمو مصاحبة لنباتات الزينة.

ويتطلب إثبات صفة المناعة تقييماً دقيقاً لملاءمة الجذور لتطور وتكاثر النيماتودا. أما تقييم الفقد المحصولي فيأتي في مرتبة متوسطة، كما يجب مقارنة التكلفة الإنتاجية بحذر مقابل المخاطر الاقتصادية للتقديرات النباتية الخاطئة (McSorley and Littel, 1993).

المقاومة والتحمل Resistance and Tolerance

المقاومة هي مقدرة أي نبات على إيقاف أو تثبيط تكاثر النيماتودا بدرجة ما (انظر الفصل الثاني). ويجب أن يكون للتركيب الوراثي الذي يخفض أو يحدّ من تكاثر النيماتودا في التربة القدرة أيضاً على إنتاج محصول جيد. أما الأصناف المتحملة فتنتج جيداً في التربة الملوثة بالنيماتودا، حتى حينما تصل الكثافة العددية للنيماتودا في التربة إلى مستويات عالية جداً. ومن الناحية النظرية، يظل استخدام الصنف المتحمل مستمراً في نظام الزراعة وحيدة المحصول Monoculture ما دامت طرق المكافحة قادرة على إبقاء الكثافة العددية للنيماتودا تحت مستويات الحد الحرج. وهذه الظروف هي نفسها التي تحكم النيماتودا الكلوية *R. reniformis* في مناطق إنتاج القطن الرئيسية في الولايات المتحدة الأمريكية (Heald and Robinson, 1990). وقد تم تطوير عدة سلالات عالية الإنتاج وصنف واحد من القطن الأمريكي تتميز بتحملها للنيماتودا الكلوية *R. reniformis* (Cook *et al.*, 1997). وقد تنتخب النباتات المتحملة في قطع تجريبية حقلية، لكن الأصناف المقاومة يجب اختبارها في أوعية حيث يمكن التحكم في أعداد النيماتودا التي يتم بها تلقيح النباتات في هذه الأوعية، وكذلك تقدير العدد النهائي للنيماتودا. وحتى صفة التحمل أيضاً، نجد أنه من الصعب تقييمها في النباتات المفردة في الحقل، حيث تختلف الكثافة العددية الابتدائية للنيماتودا من نبات لآخر، وكذلك تداخل المجموع الجذري لكل نبات مع المجموع الجذري للنباتات المجاورة. ومع ذلك، فإن إمكانية اختبار صفة التحمل في النباتات للنيماتودا الكلوية تكون عادة أفضل مقارنة بالعديد من أنواع النيماتودا الأخرى، وذلك بسبب ميل النيماتودا الكلوية إلى التوزيع المتساوي في أرجاء الحقل. وإذا ما تمت الاختبارات في الأصص أو القطع التجريبية الحقلية، فإننا نحتاج إلى أعداد كبيرة من النيماتودا الكلوية (< خمس نيماتودا/سم^{3} تربة) للحصول على ضرر واضح على النبات، وإذا ما تم تقييم عدد كبير من التراكيب الوراثية، فقد يكون من الضروري زراعة النبات أو الشتلة في تربة ملوثة بالنيماتودا بدلاً من زراعتها في تربة تم تلقيحها بمعلق من النيماتودا. وسوف يناقش ذلك فيما بعد عند الحديث عن إعداد اللقاح.

اللقاح Inoculum

المحافظة على اللقاح Maintenance

يمكن المحافظة على المزارع الأصلية للنيماتودا الكلوية بتنمية تلك النيماتودا على العديد من النباتات العائلة في أصص تحتوي على عدة أنواع من التربة الخليط. ويمكن الحصول على كثافة عالية من هذه النيماتودا بتنميتها على الطماطم، والكنتالوب *Cucumis melo* var *cantalupensis*، أو القطن. ولكن الاختيار الأفضل قد يكون هو العائل المعروف بنموه الجيد واحتياجاته القليلة في ظل ظروف الإمكانيات المتاحة داخل البيوت الزجاجية، وأن يكون لهذا العائل القدرة على النمو في ظل ظروف درجات الحرارة المرتفعة (٢٦ – ٣٢ °م) التي تشجع النيماتودا على التكاثر.

وبذلك فإنه من الممكن الحصول على أعداد كبيرة من النيماتودا الكلوية بسهولة طوال العام عن طريق تنميتها على طماطم صنف "Rutgers" أو قطن صنف "Stoneville 474" في صناديق جيدة الصرف، كبيرة الحجم (٠,٣ م عمقاً، و١,٣ م عرضاً، و٢ م طولاً) تحتوي على تربة سلتية طميية (٦٪ رمل، و٧٠٪ سلت، و٢٤٪ طمي).

التجهيز Preparation

يمكن تجميع بيض النيماتودا الكلوية *R. reniformis* وتنقيته وتفقيسه بنفس الطرق المستخدمة لمثل ذلك في بيض نيماتودا تعقد الجذور. ولكن نظراً لأن كتل بيض النيماتودا الكلوية أصغر من مثيلتها في نيماتودا تعقد الجذور (خُمس – عُشر حجم كتل بيض نيماتودا تعقد الجذور)، فإن البيض يكون أكثر عرضة للضرر بواسطة هيبوكلوريت الصوديوم المستخدم في الاستخلاص. وفي حالة استخدام بيض النيماتودا الكلوية كلقاح فإنه يجب أن نتذكر أن اليرقات التي تفقس من البيض مباشرة ليس لها القدرة على عدوى النباتات، وأنه يلزمها المرور بثلاثة انسلاخات حتى تصل إلى الطور القادر على العدوى. وقد تغلب Balasubramanian and Ramakrishnan (1983) وغيرهم (الجدول رقم ٧,٢) على هذه المشكلة بالإبقاء على اليرقات في الماء حتى اكتمال الانسلاخات الثلاثة، ثم استخدامها في عدوى النباتات. وبهذه الطريقة، يمكن الحصول على يرقات متزامنة التطور، ولكنها مختلفة من حيث فترة الجوع التي مرت بها. ومن الأسرع الحصول على الأطوار اليرقية للنيماتودا مباشرة من التربة، وذلك باستخدام طريقة الترويق Elutriation، يليها طريقة المناخل، أو الطرد المركزي والطفو، وقمع بيرمان. وتضمن طريقة قمع بيرمان حيوية وحركة النيماتودا بنسبة ١٠٠٪ ولكن بشرط عدم بقاء النيماتودا في ساق القمع لفترة أطول من ٢٤ ساعة. وقد يتلوث معلق النيماتودا في قمع بيرمان بالنيماتودا حرة المعيشة المحمولة بواسطة الحشرات، أو بأية كائنات أخرى - كذلك الذي يحدث غالباً - ومن الممكن منع هذا التلوث بسحب ٢٠ – ٥٠ مل ماء من قاع القمع بعد ٤ – ٦ ساعات، ثم جمع النيماتودا الكلوية التي تنزل في ساق القمع خلال الثماني عشرة ساعة التالية لذلك. وفي حالة الأقماع المطورة بواسطة روبينسون وهيلد Robinson and Heald (1991) فإن أغلب أفراد النيماتودا الكلوية تنزل إلى ساق القمع بعد ٦ – ٢٤ ساعة من وضع التربة فوق نسيج الاستخلاص في القمع.

تفاوتت كثيراً الكثافة العددية المستخدمة من النيماتودا الكلوية كلقاح، حيث تروا حت بين ٢٠٠ نيماتودا/أصيص بقطر ١٥سم (٠,١ نيماتودا/سم^{٣} تربة) وذلك عند تلقيح نباتات البابا ظ (Patel *et al.*, 1989b) إلى ٢٠٠٠ نيماتودا/أصيص سعة ١٧٨سم^{٣} تربة (١١ نيماتودا/سم^{٣} تربة) عند تلقيح نباتات القطن (Yik and Birchfield, 1984). وقد أجريت عدة تجارب ناجحة على القطن والنيماتودا الكلوية باستخدام كثافة لقاح قدرها ٤٠٠٠ نيماتودا/أصيص سعة ٥٠٠ سم^{٣} تربة (٨ نيماتودا/ سم^{٣} تربة). كما استخدمت أغلب الدراسات التي أجريت على فول الصويا كثافة لقاح من النيماتودا الكلوية قدرها ١ – ٥ نيماتودا/سم^{٣} تربة. وتبعاً للمراجع، فإن حد الضرر

الذي أوصت به إدارة الخدمات الإرشادية الزراعية بالميسيسيبي (أمريكا) للنيماتودا الكلوية على القطن هو ٢، و١٠ نيماتودا/سم٣ تربة في العينات التي تم جمعها في الربيع والخريف، على الترتيب. وهذه الأرقام مبنية على أعداد النيماتودا دودية الشكل فقط Vermiform nematodes، وذلك بالمقارنة بكثافة اللقاح المستخدمة في عدوى التجارب لنباتات القطن وفول الصويا.

وأبسط طرق تلقيح النباتات بالنيماتودا الكلوية هي زراعة أو شتل النباتات مباشرة في تربة ملوثة باللقاح، حيث يستخلص اللقاح من المزارع المنماة في البيوت المحمية ويخلط خلطاً جيداً مع التربة (Williams *et al*., 1979). وقد يكون من الضروري خلط التربة الملوثة بالنيماتودا بأخرى معقمة، وبنسب معينة، وذلك من أجل الحصول على الكثافة المطلوبة من اللقاح. وعند الرغبة في عمل ذلك، فإنه يوصى بتقدير الكثافة الابتدائية من النيماتودا المستخلصة بأي من طرق الاستخلاص المعروفة (الترويق، الطرد المركزي، قمع بيرمان)، واستخدامها في تلقيح صنف محصولي معين في سلسلة من التركيزات (التخفيفات). ويمكن إعداد سلسلة التخفيفات في أفضل صورة، وذلك بخلط التربة الملوثة مع أخرى غير ملوثة من نفس القوام والتركيب في خلاط دوار يشبه خلاط الأسمنت، مع الأخذ في الاعتبار عدم إيذاء النيماتودا بعدم تعريضها إلى الجفاف أو الخلط الميكانيكي القوي. ومن هذه التجارب، يمكن التأكد بثقة من معرفة المستوى المطلوب من اللقاح النيماتودي اللازم لعدوى البادرات دون أن يسبب لها أعراض التقزم، أو أن يتسبب في موتها في أي فترة ما من عمر التجربة. وقد تقع الكثافة المثلى من اللقاح في تلك الحالة بين ٠.١ و١٠ نيماتودا/سم٣ تربة.

التطبيق Application

توجد قاعدة هامة عند تقليب اللقاح النيماتودي وهي أن تجانس اللقاح مهم، ولكن الأهم هو عدم الإضرار بالنيماتودا. ويمكن استخدام إبرة محقن جانبية الثقب ذات طول يكفي للوصول إلى منتصف الأصيص، وذلك لحقن ١ مل من المعلق المائي للبيض أو النيماتودا/١٠٠سم٣ تربة. ولجعل معلق البيض أو النيماتودا في أعلى حالة من التجانس حول النبات، يتم حقن اللقاح في عدة نقاط (٣ - ١٠ نقاط حول قاعدة ساق النبات دون تعريض الجذر للضرر). ومن الضروري بالطبع تقليب معلق البيض أو النيماتودا جيداً قبل تلقيح النباتات، وكذلك إجراء عملية تلقيح النباتات بطريقة عشوائية حتى إذا ما حدث تغير في كثافة اللقاح بسبب عدم تجانسه أو ترسبه لا يؤثر ذلك على معاملات التجربة بطريقة تؤدي إلى فشلها. وإذا أجريت التلقيحات في البيت الزجاجي أو خارجه، فإنه يجب الحذر من تعرض اللقاح الموضوع في زجاجات شفافة محكمة الغلق إلى ضوء الشمس المباشر حيث إن ذلك قد يرفع درجة حرارته إلى درجات قاتلة. أما عند استخدام التربة الملوثة بالنيماتودا كلقاح فإنه يجب اختبار تأثير عملية خلط التربة على حيوية النيماتودا قبل البدء في الاستخدام.

obeikandl.com

المزرعة النباتية Plant Culture

البيئة Environment

تنمو النيماتودا الكلوية جيداً في ظل ظروف درجات الحرارة المتوسطة، وتتراوح درجة الحرارة المثلى لحركة (Robinson, 1989;1994 ؛ Robinson and Heald, 1993) وتطور (Rebois, 1973 ؛ Nakasono, 1978 ؛ Heald and Inserra, 1988) النيماتودا الكلوية بين ٢٥ و٣٢ °م. ويصل معدل تطور النيماتودا على درجة حرارة ٢١,٥ °م إلى نصف معدل تطورها على درجة حرارة ٢٩,٥ °م. أما الحدود الدنيا والقصوى للتطور فهي ١٥ °م و٣٦ °م ، على الترتيب. أما حد الضرر الذي تبدأ عنده النيماتودا في الموت فهو ٤١ °م ، ويموت ٥٠٪ من العشيرة بعد ساعة واحدة من تعرضها لدرجة حرارة ٤٥ °م ، وبعد عشرة دقائق من تعرضها لدرجة حرارة ٤٧ °م (Heald and Robinson, 1987).

وفي الأراضي الزراعية، تظهر النيماتودا الكلوية بكثافات عالية في التربة ناعمة القوام (Robinson *et al.*, 1987 ؛ Heald *et al.*, 1988 ؛ Starr *et al.*, 1993 ؛ Blasingame, 1994 ؛ Koennig *et al.*, 1996). وأفضل أنواع التربة للمحافظة على عشائر النيماتودا الكلوية *R. reniformis* هي التربة السلتية الطمية (٦٪ رمل، و٧٠٪ سلت، و٢٤٪ طمي). وفي حالة النباتات التي تزرع في الأوعية النباتية، تتعرض مثل هذه الأنواع من الترب إلى الانضغاط، مما يجعلها سيئة الصرف والتهوية، كما يتمزق فيها جزء كبير من الجذور أثناء عملية أخذ الجذور منها لاستخلاص بيض النيماتودا. ومن ثمَ، فإن التربة متوسطة القوام مثل: التربة الطمية أو الطميية الطينية الرملية أو السلتية الطمية قد تكون أفضل. وقد تم الحصول على أفضل النتائج عند اختبار ٥٠٠٠ نبات قطن عندما استخدم خليط من التربة ٦ رمل ناعم : ١ فيرميكيولايت مدعوماً بالدولوميت وتركيبة للعناصر الصغرى تتحرر عناصرها في التربة ببطء (Cook *et al.*, 1997 ؛ Robinson and Percival, 1997 ؛ Robinson *et al.*, 1996b ؛ A.F. Robinson, unpubl.) (الجدول رقم ٧,٢). وبالرغم من ذلك، فقد يكون الاختيار الأفضل هو التوليفة التي يتوصل إليها الباحث بخبرته فيما بين النيماتودا والنبات والظروف البيئية.

مدة التجارب Duration

عند إجراء تجارب التقييم الأولية لصفة المقاومة في مصادر وراثية نباتية ما تجاه النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* spp.، فمن الممكن الاستفادة من ميزة قصر فترة دورة حياة تلك النيماتودا، وذلك بتنمية البادرات لمدة ٣٥ يوماً فقط على درجة حرارة ٢٥ - ٣٠ °م. ومن ثم، فإن كمية اللقاح، وبيئة النمو، والمكان والزمان المطلوبين قد تكون جميعها عند حدودها الدنيا. ويمكن تحديد حجم الأوعية النباتية التي تنمى فيها النباتات بمعرفة معدل نمو المحصول موضع الاختبار. وقد استخدم ذلك بنجاح عند اختبار نباتات فول الصويا (Williams *et al.*, 1979)، والقطن (Yik and Birchfield, 1984)، والطماطم (Balasubramanian and Ramakrishnan, 1983)،

Obeikandl.com

والبطاطس (Rebois and Webb, 1979). وبعد تعريف التراكيب الوراثية المقاومة، يمكن اختبار صفة المقاومة مرة أخرى بطريقة أكثر دقة بتنمية النباتات حتى وصولها لدرجة النضج، وذلك في أصص داخل البيت المحمي، وتحت الظروف الحقلية كذلك.

إعادة زراعة النباتات المختبرة Repotting plant selections

في دراسات تربية النباتات، قد يكون من المرغوب إعادة زراعة الجذور (النباتات) بعد اختبارها من أجل الحصول على البذور. ولكن لسوء الحظ قد يكون النبات قد مات بسبب إصابته بالنيماتودا الكلوية. ويجب أن يكون الباحث حذراً وموقناً بأن الجذور النباتية المصابة لا يمكنها أن تتخلص من هذه الإصابة، وأن شتل مثل هذه الجذور سوف ينقل العدوى والتلوث بالنيماتودا إلى الحقل الذي شتلت فيه.

القياسات Measurements

التكاثر Reproduction

يمكن اختبار قدرة النيماتودا على التكاثر على صنف نباتي ما بطريقة غير مباشرة، وذلك عن طريق غسل الجذور برفق وصبغها لعدّ إناث النيماتودا وكتل البيض. وتؤدي طريقة بيرد وآخرين Byrd *et al.*, (1983) لصبغ النيماتودا بصبغة الفوكسين الحامضي بعد ترويقها بمادة هيبوكلوريت الصوديوم إلى بروز إناث النيماتودا وكتل البيض على سطح الجذر فيسهل رؤيتها، كما أن هذه الطريقة لا تحتاج إلى استخدام مادة الفينول السامة. وتصطبغ إناث النيماتودا الكلوية *R. reniformis* جيداً بصبغة الفوكسين الحامضي، كما أنها تصطبغ أيضاً بصبغة أزرق القطن المستخدمة في صبغ نيماتودا تعقد الجذور.

وقد وجد ليم وكاستيلو Lim and Castillo (1979) أنه في التجارب الحقلية لفول الصويا كان عدد النيماتودا لكل وحدة وزنية من الجذر هو المقياس الأكثر فاعلية إحصائياً واقتصادياً من بين خمسة مقاييس تم استخدامها لتقدير صفة المقاومة تجاه النيماتودا الكلوية *R. reniformis*. وعوضاً عن ذلك، يمكن استخدام التربة التي زرعت فيها النباتات المختبرة لتستخلص النيماتودا منها (النيماتودا الفاقسة من البيض). وفي هذه الحالة يستخدم كل من؛ قمع بيرمان التقليدي، وطريقة المناخل وأطباق بيرمان في استخلاص يرقات النيماتودا الكلوية بنفس الفاعلية والكفاءة. وهناك طريقة أخرى لاستخلاص هذه اليرقات قد تكون أكثر سرعة وسهولة وهي الطريقة التي وصفها ييك Yik (1981). وفي هذه الطريقة، تؤخذ كمية معلومة من الجذور (١ – ٥ جم جذور طازجة) من كل نبات، وتقطع إلى قطع صغيرة بطول ١ سم، ثم تنقع في محلول هيبوكلوريت صوديوم ٠,٥٪ لمدة عشر دقائق، ثم تمزق في حجم قياسي من الماء (١٠٠ مل). يمرر بعد ذلك المعلق الناتج على منخلين؛ العلوي قطر ثقوبه ٧٥ ميكرومتراً ليحجز

obeikandl.com

الشـوائب والبقايا النبـاتية، والسـفلي قطـر ثقـوبه ٢٥ ميكرومبتراً ليحجز البيض. بعد ذلك يتم تقدير عدد البيض/مل من المعلق بالطرق المعروفة.

الضرر النباتي Plant damage

لا تسبب النيماتودا الكلوية أعراضاً واضحة يمكن رؤيتها بوضوح على النباتات المصابة. وأغلب المقاييس المستخدمة في قياس الضرر هي عبارة عن تقدير الانخفاض في المحصول والتقزم في النباتات. وفي القطن، يمكن ملاحظة التأخير في موعد التزهير وعقد الثمار كذلك (Lawrence and McLean, 1996 ؛ Jones *et al.*, 1959). قد تسبب النيماتودا الكلوية *R. reniformis* اصفراراً أيضاً على الكثير من النباتات، وقد وجد أن ذلك يكون مرتبطاً بنقص عنصر البوتاسيوم في الجذور والأوراق كما هو الحال في نباتات اللوبيا والذرة (Heffes *et al.*, 1992).

الدلائل الجزيئية Markers

لا توجد حتى الآن وسائل متاحة من الدلائل الجزيئية لتعريف صفة المقاومة في النباتات تجاه النيماتودا الكلوية، ولكن إذا توفر ذلك فإنه سيكون أداة قوية في التشخيص نظرا لعدم وضوح الأعراض التي تسببها هذه النيماتودا على جذور النباتات المصابة للعين المجردة.

المراجع

References

Al-Sayed, A.A. and Abdel-Hameed, S.H. (1991) Resistance and susceptibility of olives to *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor* 29, 1221-1226.

Anand, S.C. (1992) Registration of 'Hartwig' soybean. *Crop Science* 32, 1069-1070.

Anver, S. and Alam, M.M. (1990) Susceptibility of chickpea accessions to the reniform nematode *Rotylenchulus reniformis*. Tests of agrochemicals and cultivars 11. *Annals of Applied Biology* 116, 94-95.

Badra, T. and Khattab, M.M. (1982) Chemically induced resistance to *Rotylenchulus reniformis* by ethephon growth regulant and relevant pathometabolites in mango seedlings. *Nematologia Mediterranea* 10, 49-56.

Balasubramanian, P. and Ramakrishnan, C. (1983) Resistance to the reniform nematode *Rotylenchulus reniformis* in tomato. *Nematologia Mediterranea* 11, 203-204.

Birchfield, W. and Brister, L.R. (1962) New hosts and nonhosts of reniform nematode. *Plant Disease Reporter* 46, 683-685.

Birchfield, W. and Brister, L.R. (1963) Susceptibility of cotton and relatives to reniform nematode in Louisiana. *Plant Disease Reporter* 47, 990-992.

Birchfield, W. and Brister, L.R. (1969) Reaction of soybean varieties to the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *Plant Disease Reporter* 53, 999-1000.

Birchfield, W., Williams, C., Hartwig, E.E. and Brister, L.R. (1971) Reniform nematode resistance in soybeans. *Plant Disease Reporter* 12, 1043-1045.

Bird, A.F. (1983) Growth and moulting in nematodes: changes in the dimensions and morphology of *Rotylenchulus reniformis* from start to finish of moulting. *International Journal for Parasitology* 13, 201-206.

Blasingame, D. (1994) *Know Your Cotton Nematodes...Your Hidden Enemies*. R-P 11255. Cotton Foundation, Memphis, Tennessee.

Byrd, D.W.J., Kirkpatrick, T. and Barker, K.R. (1983) An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. *Journal of Nematology* 15, 142-143.

obeikandl.com

Carter, W.W. (1981) Resistance and resistant reaction of *Gossypium arboreum* to the reniform nematode. *Journal of Nematology* 13, 368-374.

Chavda, J.C., Patel, B.A. and Patel, D.J. (1988) Screening of pigeonpea lines to *Rotylenchulus reniformis*. *International Nematology Network Newsletter* 5, 28-29.

Clark, C.A. and Wright, V.L. (1983) Effect and reproduction *Rotylenchulus reniformis* on sweet potato selections. *Journal of Nematology* 15, 198-203.

Clark, C.A., Wright, V.L. and Miller, R.L. (1980) Reaction of some sweet potato selections to the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology* 12, 218.

Cohn, E. (1976) Cellular changes induced in the roots by two species of the genus *Rotylenchulus*. *Nematologica* 22, 169-172.

Cohn, E. and Mordechai, M. (1977) Uninucleate giant cell induced in Soybean by the nematode *Rotylenchulus macrodoratus*. *Phytoparasitica* 5, 85-93.

Cook, C.G., Robinson, A.F. and Namken. L.N. (1997) Tolerance to *Rotylenchulus reniformis* and resistance to *Meloidogyne incognita* race 3 in high-yielding breeding lines of upland cotton. *Journal of Nematology* 29, 322-328.

Dasgupta, D.R. and Raski, D.J. (1968) The biology of *Rotylenchulus parvus*. *Nematologica* 14, 429-440.

Dasgupta, D.R. and Seshadri, A.R. (1971) Races of the reniform nematode *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira, 1940. *Indian Journal of Nematology* 1, 21-24.

Davis, E.L., Koenning, S.R., Burton, J.W. and Barker, K.R. (1996) Greenhouse evaluation of selected soybean germplasm for resistance to North Carolina populations of *Heterodera glycines*, *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 28, 590-598.

Gaur, H.S. (1986) Invasion and reproduction of the reniform nematode on some cultivars of cowpea and green gram. *International Nematology Network Newsletter* 3, 8-10.

Gaur, H.S. and Perry, R.N. (1991a) The biology and control of the plant parasitic nematode *Rotylenchulus reniformis*. *Agricultural Zoology Reviews* 4, 177-212.

Gaur, H.S. and Perry, R.N. (1991b) The role of the moulted cuticles in the desiccation survival of adults of *Rotylenchulus reniformis*. *Revue de Nèmatologie* 14, 491-496.

Germani, G. (1978a) Test preliminaries de sensibilité de deux cultivars de tomate et d'un cultivar d'araschide a dues souches de *Rotylenchulus reniformis* (Nematoda: Tylenchida). *Revue de Nématologie* 1, 109-112.

Germani, G. (1978b) Caractéres morphobiométriques de trios espéces oust africanes de *Rotylenchulus* Linford and Oliveira, 1940 (Nematoda: Tylenchida). *Revue de Nématologie* 1, 241-250.

Gilman, D.F., Marshall, J.G., Rabb, J.G., Lawrence, J.L., Boquet, D.J. and Bartleson, J.L. (1979) Performance of soybean varieties in Louisiana, 1976-78. *Louisiana Agriculture* 1979, 22.

Hartwig, E.E. and Epps, J.M. (1977) Registration of Centennial soybeans (Reg. No. 114). *Crop Science* 17, 979.

Harville, B.G. (1985) Genetic resistance to reniform nematodes in soybean. *Plant Disease* 69, 587-589.

Heald, C.M. and Inserra, R.N. (1988) Effect of temperature on infection and survival of *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology* 20, 356-361.

Heald, C.M. and Meredith, J.A. (1987) Response of three tobacco cultivars to three *Rotylenchulus reniformis* populations. *Nematropica* 17, 95-98.

Heald, C.M. and Robinson, A.F. (1987) Effect of soil solarization on *Rotylenchulus reniformis* in the lower Rio Grande Valley of Texas. *Journal of Nematology* 19, 93-103.

Heald, C.M. and Robinson, A.F. (1990) Survey of current distribution of *Rotylenchulus reniformis* in the United States. *Journal of Nematology* 22, 695-699.

Heald, C.M., Inserra, R.N. and Vovlas, N. (1988) Parasitism and reproduction of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on cantaloupe in two soils. *Nematropica* 18, 53-58.

Heffes, T.A.P., Coates-Beckford, P.L. and Robotham, H. (1992) Effects of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on growth and nutrient content of *Vigna unguiculata* and *Zea mays*. *Nematropica* 22, 139-148.

Hyer, A.H. and Jorgenson, E.C. (1978) Notice of release of three root-knot nematode resistant cottons, non-commercial breeding stocks of cotton, N9281, N9308, N9211. USDA-ARS and California Agricultural Experiment Station, University of California.

Hyer, A.H., Jorgenson, E.C., Garber, R.H. and Smith, S. (1979) Resistance to root-knot nematode in control of root-knot nematode-Fusarium wilt disease complex in cotton. *Crop Science* 19, 898-901.

Inserra, R.N. and Vovlas, N. (1980) The biology of *Rotylenchulus macrodoratus*. *Journal of Nematology* 12, 97-102.

Inserra, R.N., Dunn, R.A. and Vovlas, N. (1994) Host response of ornamental palms to *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology* 26, 737-743.

Jones, J.E., Newsom, L.D. and Finley, E.L. (1959) Effect of reniform nematode on yield, plant characters and fiber properties of upland cotton. *Agronomy Journal* 51, 353-356.

Jones, J.E., Beasley, J.P., Dickson, J.I. and Caldwell, W.D. (1988) Registration of four cotton germplasm lines with resistance to reniform and root-knot nematodes. *Crop Science* 28, 199-200.

Jones, J.E., Dickson, J.I., Aguillard, W., Caldwell, W.D., Moore, S.H., Hutchinson, R.L. and Rogers, R.L. (1991) Registration of "LA 887" cotton. *Crop Science* 31, 1701.

Khadr, A.S., Salem, A.A. and Oteifa, B.A. (1972) Varietal susceptibility and significance of the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*, in *Fusarium* wilt of cotton. *Plant Disease Reporter* 56, 1040-1042.

Khan, T.A. and Husain, S.I. (1988) Response of cowpea cultivars to *Rotylenchulus reniformis*. *Nematropica* 2, 159.

Koenning, S.R., Walters, S.A. and Barker, K.R. (1996) Impact of soil texture on the reproductive and damage potentials of *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne incognita* on cotton. *Journal of Nematology* 28, 527-536.

Lawrence, G.W. and McLean, K.S. (1996) Reniform nematode and cotton production in Mississippi. In: Dugger, P. and Richter, D. (eds) *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences*, Nashville, Tennessee, 9-12 January 1996. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee, pp. 251-253.

Lim, B.K. and Castillo, M.B. (1979) Screening soybeans for resistance to reniform nematode disease in the Philippines. *Journal of Nematology* 11, 275-282.

Linford, M.B. and Oliveira, J.M. (1940) *Rotylenchulus reniformis*, a nematode parasite of roots. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 7, 35-42.

Macedo, M.C.M. (1974) Suscetibilidade de cafeeiros ao nematóide reniforme. *O Solo* 66, 15-16.

Makadia, B.M., Patel, D.J., Jogani, D.K. and Shah, H.M. (1987) Reactions of root-knot nematode resistant and susceptible cowpea varieties to reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *GAU Research Journal* 12, 62-64.

Martin, W.J., Birchfied, W. and Hernandez, T.P. (1966) Sweet potato varietal reaction to the reniform nematode. *Plant Disease Reporter* 50, 500-502.

McGawley, E.C. and Overstreet, C. (1995) Reproduction and pathological variation in populations of *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology* 27, 508.

McSorley, R. and Littell, R.C. (1993) Probability of detecting nematode infestations in quarantine samples. *Nematropica* 23, 177-181.

Minton, E.B., Smith, A.L. and Cairns, E.J. (1964) Population dynamics of 7 nematode species under 10 cotton selections. *Phytopathology* 54, 625.

Montasser, S.A. (1986) Resistance in tomato cultivars to the reniform nematode *Rotylenchulus reniformis*. *Pakistan Journal of Nematology* 4, 79-82.

Muhammad, N. and Jones, J.E. (1990) Genetics of resistance to reniform nematode in upland cotton. *Crop Science* 30, 13-16.

Nakasono, K. (1978) Effect of soil temperature on development, reproduction and sex ratio of *Rotylenchulus reniformis*: differences between the amphimictic and parthenogenetic populations. *Japanese Journal of Nematology* 8, 32-42.

Nakasono, K. (1983) Studies on morphological and physio-ecological variation of the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira, 1940 with an emphasis on differential geographical distribution of amphimictic and parthenogenetic populations in Japan. *Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences, Japan* 38, 63-67.

Nath, R.O., Swamp, P.G. and Rao, G. (1969) Studies on the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira, 1940. *Indian Phytopathology* 22, 99-104.

Nayak, D.K., Routaray, B.N. and Das, S.N. (1987) Relative susceptibility of some horsegram cultivars against reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *International Nematology Network Newsletter*, 4, 19-20.

Neal, D.C. (1954) The reniform nematode and its relationship to the incidence of *Fusarium* wilt of cotton at Baton Rouge, Louisiana. *Phytopathology* 44, 447-450.

Overstreet, C. (1996) The impact of reniform nematode on cotton production in the U.S.A. *Nematropica* 26(3), 216.

Patel, D.S. and Thakar, N.A. (1986) Reaction of some mungbean varieties to the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira, 1940. *Indian Journal of Nematology* 15, 239.

Patel, D.J., Desai, M.V. and Patel, D.B. (1986) Susceptibility of tobacco varieties to *Rotylenchulus reniformis*. *Tobacco Research* 12, 202-203.

Patel, B.A., Chavda, J.C., Patel, S.T. and Patel, D.J. (1987) Reaction of some pigeonpea lines to reniform nematode (*Rotylenchulus reniformis*). *International Pigeonpea Newsletter* 6, 57-59.

Patel, B.A., Chavda, J.C. and Patel, D.J. (1989a) Screening of certain greengram lines against reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *International Nematology Network Newsletter* 6, 25-26.

Patel, B.A., Patel, D.J. and Patel, B.A. (1989b) Reaction of papaya varieties to *Rotylenchulus reniformis*. International Nematology Network Newsletter 6, 24.

Rebois, R.V. (1973) Effect of soil temperature on infectivity and development of *Rotylenchulus reniformis* on resistant and susceptible soybean, *Glycine max*. *Journal of Nematology* 5, 10-13.

Rebois, R.V. and Webb, R.E. (1979) Reniform nematode resistance in potato clones. *American Potato Journal* 56, 313-319.

Rebois, R.V., Johnson, W.C. and Cairns, E.J. (1968) Resistance in soybeans, *Glycine max* L. Merr., to the reniform nematode. *Crop Science* 8, 394-395.

Rebois, R.V., Epps, J.M. and Hartwig, E.E. (1970) Correlation of resistance in soybeans to *Heterodera glycines* and *Rotylenchulus reniformis*. *Phytopathology* 60, 695-700.

Rebois, R.V., Eldridge, B.J., Good, J.M. and Stoner, A.K. (1973) Tomato resistance and susceptibility to the reniform nematode. *Plant Disease Reporter* 57, 169-172.

Rebois, R.V., Madden, P.A. and Eldridge, B.J. (1975) Some ultrastructural changes induced in resistant and susceptible soybean roots following infection by *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology* 7, 122-139.

Rebois, R.V., Steele, A.E., Stoner, A.K. and Eldridge, B.J. (1977) A gene resistance to *Rotylenchulus reniformis* in tomato, and a possible correlation with resistance to *Heterodera schachtii*. *Journal of Nematology* 9, 280-281.

Robbins, R.T. and Rakes, L. (1996) Resistance to the reniform nematode in selected soybean cultivars and germplasm lines. *Journal of Nematology* 28, 612-615.

Robbins, R.T., Rakes, L. and Elkins, C.R. (1994a) Reniform nematode reproduction and soybean yield of four soybean cultivars in Arkansas. *Journal of Nematology* 26, 656-658.

Robbins, R.T., Rakes, L. and Elkins, C.R. (1994b) Reproduction of the reniform nematode on thirty soybean cultivars. *Journal of Nematology* 26, 659-664.

Robbins, R.T., Rakes, L. and Jackson, L. (1999) Reniform nematode resistance ratings for 288 soybean cultivars to help select rotational crops for reniform infested fields. *Proceedings, Beltwide Cotton Conferences*, January 4-7, 1999, Orlando, Florida.

Robinson, A.F. (1989) Thermotactic adaptation of two foliar and two root-parasitic nematodes. *Revue de Nématologie* 12, 125-131.

Robinson, A.F. (1994) Movement of five nematode species through sand subjected to natural temperature gradient fluctuations. *Journal of Nematology* 26, 46-58.

Robinson, A.F. and Heald, C.M. (1991) Carbon dioxide and temperature gradients in Baermann funnel extraction of *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology* 23, 28-38.

Robinson, A.F. and Heald, C.M. (1993) Movement of *Rotylenchulus reniformis* through sand and agar in response to temperature, and some observations on vertical descent. *Nematologica* 39, 92-103

Robinson, A.F. and Percival, A.E. (1997) Resistance to *Meloidogyne incognita* Race 3 and *Rotylenchulus reniformis* in wild accessions of *Gossypium hirsutum* and *G. barbadense* from Mexico. *Journal of Nematology* 29, 746-755.

Robinson, A.F., Heald, C.M., Flanagan, S.L., Thames, W.H. and Amador, J. (1987) Geographical distributions of *Rotylenchulus reniformis*, *Meloidogyne incognita* and *Tylenchulus semipenetrans* in the lower Rio Grande Valley as related to soil texture and land use. *Journal of Nematology* 1, 20-25.

Robinson, A.F., Inserra, R.N., Caswell-Chen, E.P., Volvas, N. and Triccoli, A. (1997) *Rotylenchulus* species: identification, distribution, host ranges, and crop resistance. *Nematologica* 27, 127-180.

Robinson, A., Bowman, D., Cook, C., Jenkins, J., Jones, J., May, O., Oakley, S., Oliver, M., Robinson, M., Smith, C., Starr, J. and Stewart, J.McD. (1999a) Nematode Resistance. In: Kirkpatric, T. and Rothrock, C. (eds) *Compendium of Cotton Diseases*. American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota.

Robinson, A.F., Cook, C.G. and Percival, A.E. (1999b) Resistance to *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne incognita* race 3 in the major cotton cultivars planted science 1950. *Crop Science* 39 (3), 850-858.

Routaray, B.N., Sahoo, H. and Das, S.N. (1986) Evaluation of greengram and blackgram varieties against reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *Indian Journal of Nematology* 16, 27-29.

Routaray, B.N., Sahoo, H. and Das, S.N. (1988) Evaluation of some chilli cultivars against *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of the Indian Botanical Society* 67, 220-221.

Sahoo, H., Routaray, B.N., and Das, S.N. (1986) Evaluation of bengalgram varieties against reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of The Indian Botanical Society* 65, 86-89.

Shepherd, R.L. (1974) Registration of Auburn 623 RNR cotton germplasm (Reg. no. GP 20). *Crop Science* 14, 911.

Shepherd, R.L. and Huck, M.G. (1989) Progression of root-knot nematode symptoms and infection on resistant and susceptible cottons. *Journal of Nematology* 21, 235-241.

Sivakumar, C.V. and Seshadri, A.R. (1971) Life history of the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira, 1940. *Indian Journal of Nematology* 14, 148-151.

Starr, J.L. (1991) *Rotylenchulus reniformis* on greenhouse-grown foliage plants. *Journal of Nematology* 23, 634-638.

Starr, J.L., Heald, C.M., Robinson, A.F., Smith, R.G. and Krausz, J.P. (1993) *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* and associated soil textures from some cotton production areas of Texas. *Journal of Nematology* 25, 895-899.

Thakar, N.A. and Patel, C.C. (1985) Screening of few cowpea varieties against reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira, 1940. *Indian Journal of Nematology* 14, 204.

Thakar, N.A. and Yadav, B.S. (1985) Screening pigeonpeas for their resistance to reniform nematode. *International Pigeonpea Newsletter* 4, 42-43.

Varaprasad, S. (1986) *Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira, 1940- a comprehensive account of systematics, biology and management. In: Swarup, G. and Dasgupta, D.R. (eds) *Plant Parasitic Nematodes of Indian, Problems and Progress*. Indian Agriculture Research Institute, New Delhi, pp. 194-210.

Williams, C., Gilman, D.F., Fontenot, D.S. and Birchfield, W. (1979) A rapid technique for screening soybean for reniform nematode resistance. *Plant Disease Reporter* 63, 827-829.

Williams, C., Gilman, D.F., Fontenot, D.S. and Birchfield, W. (1981) Inheritance of reaction to the reniform nematode in soybean. *Crop Science* 21, 93-94.

Womersley, C. and Ching, C. (1989) Natural dehydration regimes as a prerequisite for the successful induction of anhydrobiosis in the nematode *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Experimental Biology* 143, 359-372.

Yik, C.P. (1981) Resistance germplasm in *Gossypium* species and related plants to the reniform nematode. Louisiana State University Dissertation, Department of Plant Pathology and Crop Physiology.

Yik, C.P. and Birchfield, W. (1984) Resistant germplasm in *Gossypium* species and related plants to *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology* 16, 146-153.

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثامن

الطفيليات الداخلية المتجولة: نيماتودا التقرح والنيماتودا الحفارة

Migratory Endoparasites: *Pratylenchus* and *Radopholus* Species

D. De Waele and A. Elsen
Laboratory of Tropical Crop Improvement, Catholic University Leuven (K.U. Leuven), Kasteelpark Arenberg 13, 3001 Leuven, Belguim

تعد أنواع نيماتودا التقرح *Pratylenchus* والنيماتودا الحفارة *Radopholus* من أنواع النيماتودا صغيرة الحجم (طول الأنثى أقل من ١ مم)، متنوعة مصادر التغذية Polyphagous. وتتجول هذه النيماتودا بين الخلايا وداخلها في الجذور والكورمات والدرنات، وتتغذى أساساً على سيتوبلازم خلايا نسيج القشرة. وقد تنهار جدر الخلايا المصابة فتتلاشى تلك الخلايا تاركة مكانها فجوات وقنوات تظهر في صورة بقع موضعية ميتة أو تقرحات ميتة قد تعم كل نسيج القشرة. ويكون لون التقرحات بنياً غامقاً أو قرمزياً محمراً أو أسود، وشكلها بيضوي أو إهليجي، يتوازى محورها مع محور الجذر. ويؤدي ذلك إلى انخفاض قدرة الجذر على امتصاص الماء والمغذيات من التربة. أما أعراض الإصابة على أجزاء النبات فوق سطح التربة فتشمل الاصفرار والتقزم. وفي الموز (موز الفاكهة وموز الطعام) يؤدي ضعف المجموع الجذري المصاب إلى سقوط النباتات عند اكتمال وكبر حجم السباطات، وخصوصاً في الأجواء العاصفة الشديدة. وفي الحقول الملوثة بنيماتودا التقرح قد تصل الخسارة في المحصول إلى نسب كبيرة.

وأهم الأنواع التي تنتمي إلى جنس نيماتودا التقرح .*Pratylenchus* spp في المناطق المعتدلة، وتحت المدارية، والأجزاء الباردة من المناطق المدارية هي الأنواع: *P. crenatus* Loof، و *P. phexincisus* Taylor and Jenbins، و *P. neglectus* (Rensch) Filipjev and Schuurmans Stekhoven، و *P. penetrans* (Cobb) Filipjev and Schuurmans Stekhoven، و *P. scribneri* Steiner، و *P. thornei* Sher and Allen، و *P. vulnus* Allen and Jensen. أما أهم الأنواع في المناطق المدارية فهي: *P. brachyurus* (Godfrey) Filipjev and Schuurmans Stekhoven، و *P. coffeae* (Zimmermann) Filipjev and Schuurmans Stekhoven، و *P. goodeyi* Sher and Allen، و *P. zeae* Graham. ويبدو أن أنواع نيماتودا التقرح تظهر في أي مكان حيث تكون الظروف الحرارية، وخاصة درجة الحرارة، تسمح لها بالحياة.

وبصفة عامة، يمكن القول بأن التوزيع الجغرافي لهذه الأنواع من النيماتودا هو توزيع مناخي جغرافي. أما أهم أنواع نيماتودا الجنس *Radopholus* spp. فهو النوع *R. similis* Cobb الذي يعرف باسم النيماتودا الحفارة Burrowing nematode. ومادام أن فاليتي وآخرين Valette *et al.* (1998) قد اعتبروا أن النوع *R. citrophilus* Huttel, Dickson and Kaplan ما هو إلا اسم مرافق للنوع *R. similis*، فإن النوع *R. similis* يشمل الآن عدداً من عشائر نيماتودا الجنس *Radopholus* (وخاصة في منطقة فلوريدا الأمريكية) التي يمكنها اختراق جذور الموالح. وتنتشر النيماتودا الحفارة *R. similis* في المناطق المدارية وتحت المدارية، وكذلك البيوت المحمية في أوروبا. أما الأنواع الأخرى من الجنس *Radopholus* فتوجد في مواطنها الطبيعية في أستراليا الآسيوية Australasia.

تعد دورة حياة هذه الأجناس من الدورات البسيطة فيوضع البيض في الجذور والكورمات والدرنات، وينسلخ الطور اليرقي الأول إلى الطور اليرقي الثاني داخل البيض. يفقس البيض عن الطور اليرقي الثاني الذي يتطور وينسلخ إلى الطور اليرقي الثالث، فالرابع، فالأطوار الكاملة (طور ما قبل التطفل) في التربة. تتكاثر الأنواع التي تحتوي على إناث وذكور بطريقة التكاثر الخلطي، وذلك كما في الأنواع؛ *R. similis*، و*P. coffeae*، و*P. goodeyi*، و*P. penetrans*، و*P. vulnus*. أما الأنواع الأخرى التي يندر فيها وجود الذكور مثل الأنواع؛ *P. brachyurus*، و*P. neglectus*، و*P. thornei*، و*P. zeae* فتتكاثر بكرياً Parthenogenetically. أما الوقت الذي تستغرقه دورة الحياة فيختلف فيما بين الأنواع، ويعتمد ذلك على درجة الحرارة السائدة. فالأنواع التي تعيش في المناطق المدارية مثل: *P. brachyurus*، و*P. zeae* تكمل دورة حياتها في غضون ٣-٤ أسابيع على درجة حرارة ٣٠ °م (Olowe and Corbett, 1976). أما الأنواع التي تعيش في المناطق الباردة مثل النوع *P. penetrans* فتكمل دورة حياتها في غضون ٦-٧ أسابيع على درجة حرارة ٢٠ °م (Mamiya, 1971).

توجهت الجهود المبذولة في اختبارات تقويم مقاومة الأصناف للنيماتودا المتطفلة على النباتات بصفة أساسية نحو تعريف صفة المقاومة تجاه أنواع النيماتودا الداخلية التطفل الساكنة مثل: نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.، ونيماتودا الحوصلات *Globodera* spp. و*Heterodera* spp. وبالفعل تم تعريف صفة المقاومة تجاه هذه الأنواع من النيماتودا التي تعد أساساً أكثر أنواع النيماتودا تخصصاً على عوائلها (Cook and Evans, 1987 ؛ Roberts, 1992 ؛ De Waele, 1996). ولأن العلاقة بين الطفيل والعائل هي علاقة محكومة وراثياً، فيبدو أن الانتخاب الطبيعي لجينات المقاومة يظهر بأكثر ما يمكن في أكثر التداخلات تعقيداً بين الطفيل والعائل (Sidhu and Webster, 1981 ؛ Roberts, 1972). وعلى العكس من ذلك، كانت المجهودات المبذولة في نقل صفة المقاومة إلى المحاصيل الزراعية التي تعاني من الانخفاض في محصولها بسبب الإصابة بنيماتودا التقرح *Pratylenchus*، والنيماتودا الحفارة *Radopholus* قليلة، وذلك لأن العلاقات بين العائل والطفيل في هذه المجموعة من النيماتودا الداخلية التطفل المتجولة هي علاقات أقل

تخصصاً مقارنة بمثيلتها في حالة النيماتودا داخلية التطفل الساكنة، كما كانت تلك المجهودات أيضاً أقل نجاحاً. ومع ذلك، فإنه من الممكن الحصول على مصادر للمقاومة أو التحمل تجاه أنواع نيماتودا التقرح والنيماتودا الحفارة.

يبنى تقييم المحاصيل الزراعية من حيث قدرتها على دعم تكاثر النيماتودا وتأثرها بالضرر الذي تحدثه النيماتودا جراء ذلك على أربعة مصطلحات هي المقاومة Resistance، والقابلية للإصابة Susceptibility، والتحمل Tolerance، والحساسية Sensitivity، وقد تم تعريف المقاومة/القابلية للإصابة من جهة والتحمل/الحساسية من جهة أخرى بواسطة بوس وباراليفليت Boss and Barlevliet (1995) كصفات نسبية مستقلة في العائل النباتي بناءً على المقارنات التي شوهدت بين التراكيب الوراثية المختلفة. فقد يوقف العائل النباتي تكاثر النيماتودا (مقاوم)، أو يسمح لها بالتطور والتكاثر (قابل للإصابة)، وقد لا يتضرر العائل النباتي إلا قليلاً (متحمل) حتى لو كان مصاباً بشدة بالنيماتودا، أو قد يعاني ضرراً شديداً (حساس) حتى لو كان مستوى إصابته بالنيماتودا ضئيلاً. ومن ثم فإنه يمكن تقسيم التراكيب الوراثية المقاومة للنيماتودا إلى: مقاوم تماماً، أو شديد المقاومة، أو مقاوم جزئياً، وذلك إذا كانت تلك التراكيب لا تسمح للنيماتودا بالتكاثر عليها مطلقاً، أو تسمح بتكاثر متوسط للنيماتودا، أو تسمح بتكاثر قليل للنيماتودا، على الترتيب. أما التركيب الوراثي غير المقاوم أو القابل للإصابة فإنه يسمح للنيماتودا بالتكاثر عليه بحرية تامة (انظر الفصل الثاني).

المصادر والتوارث
Sources and Genetics

محاصيل الحبوب Cereals

وجدت صفة المقاومة تجاه العديد من أنواع نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp. في الذرة *Zea mays*، وكذلك في النوعين *Z. diploperennis*، و*Z. perennis*، وهما نوعان ذوا أصول قريبة جداً من الذرة، بل يمكن اعتبارهما أبوين لها. ويمكن تهجين النوع *Z. diplopernnis* الثنائي الأساس الكروموسومي بنجاح مع الذرة (Pohl and Albertsen, 1981)، بل قد أمكن الحصـول على هجن خصبة بواسطة الكثير من مربيي النباتات. وفي البيوت الزجـاجية، وجد أن النوعين *Z. diploperennis* و*Z. perennis* لا يدعمان تكاثر نيماتودا التقرح *P. hexincisus*، مقارنة ببعض سلالات الذرة العادية، إلا أنه لم يشاهد مثل ذلك في الحقول المكشوفة (Norton, 1989). وفي الولايات المتحدة الأمريكية، تم تسجيل مقاومة بعض الهجن المحسنة من الذرة لنيماتودا التقرح *P. hexincisus*، وتشمل تلك الهجن كلاً من: "SD101 (PI533.658)"، و"SD102 (PI533.659)"، و"SD103 (PI533.660)" (Wicks *et al.*, 1990a;b). ويعد الهجين "SD101" مقاوماً لكل من نوعي نيماتودا التقرح *P. hexincisus*، و*P. scribneri*، وكذلك الفطرين *Exserohilum turcicum* (*Setosphaera turcica*)، و*Diplodia maydis* (*Stenocarpella maydis*).

وجدت أيضاً صفة المقاومة تجاه النوعين *P. brachyurus*، و*P. zeae* في الذرة، كما شوهدت اختلافات في قابلية الذرة للإصابة بالنوع *P. penetrans*. وفي عام ١٩٩٨م، قام كنج يو وآخرون Qing-Yu *et al.* (1998) بتقييم قدرة ١٣ سلالة من الذرة تم اختيارها عشوائياً على دعم تكاثر عشيرة من نيماتودا التقرح *P. penetrans* تحت ظروف البيت الزجاجي وغرفة النمو. وقد كشفت نتائج هذه الدراسات عن تكاثر ضئيل للنيماتودا على الأصناف "Earlivee"، و"Seneca Horizon"، و"Lyric"، و"Grant"، و"King Arthur"، وذلك في كل من البيت الزجاجي وغرفة النمو على حد سواء. أما عن توارث صفة المقاومة في الذرة تجاه نوعي نيماتودا التقرح *P. zeae*، و*P. brachyurus* فقد درست بواسطة سوازاكي وآخرين Sawazaki *et al.* (1987)، وذلك باستخدام عشائر انعزالية تم الحصول عليها من التهجين بين السلالة "Col 2(22)" المقاومة والسلالة "IP 48-5-3" القابلة للإصابة، وقد تمت تلك الدراسات بزراعة هذه العشائر النباتية الانعزالية في حقل ملوث طبيعياً بكل من نوعي نيماتودا التقرح *P. zeae*، و*P. brachyurus*. وبناءً على مقياس عدد النيماتودا/جم جذور، وذلك بعد ٨٠ يوماً من الإنبات، خلص الباحثون إلى أن صفة المقاومة في هذه العشائر النباتية الانعزالية تعود إلى جينين سائدين لهما أيضاً تأثيرات إضافية Additive effects.

وجدت بعض المصادر النباتية المقاومة أو المتحملة لنيماتودا التقرح *P. thornei* و*P. neglectus* في أستراليا، وقد نتج عن تلك المصادر عدة أصناف من القمح *Triticum asetivum* المتحملة لأحد النوعين أو كلاهما معاً. وكانت الأصناف "Sunvale"، و"Baxter"، و"Sturt"، و"Kennedy"، و"Pelsart"، و"Tasman"، و"Houtman" متحملة لنيماتودا التقرح *P. thornei*، بل أيضاً تمتلك جينات مرتبطة للمقاومة تجاه فطر الصدأ المخطط *Puccinia striiformis* وفطر الصدأ الأسود *P. graminis*، وفطر الصدأ الأصفر *P. recondita*. كما كان الصنف "Sunvale" أيضاً متحملاً بدرجة متوسطة لمرض عفن التاج Crown rot الذي يسببه الفطر *Gibberella zeae*، كما كان الصنف "Pelsart" مقاوماً لمرض التفحم اللوائي Flag smut الذي يسببه الفطر *Urocystis agropyri*، ومتوسط التحمل لنيماتودا حوصلات الحبوب *Heterodera avenae*، وكان الصنف "Houtman" مقاوماً لمرض التفحم اللوائي، ومقاوماً جزئياً لمرض عفن التاج وعفن الجذور العادي الذي يسببه الفطر *Cochliobolus sativus* (Anon., 1994 ؛ Anon., 1997a,b,c ؛ Brennan *et al.*, 1994a,b,c ؛ Ellison *et al.*, 1995). وجدت أيضاً صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. thornei* في بعض أنواع محاصيل الحبوب البرية مثل النوع *Aegilops tauschii*. وقد اختبر طومسون وهيك Thompson and Heak (1997) مقاومة ٢٤٤ تركيباً وراثياً من حبوب النوع *A. tauschii* تم جمعها من وسط آسيا تجاه نيماتودا التقرح *P. thornei* في سلسلة من التجارب في البيت المحمي. والنوع *A. tauschii* هو نبات بري عشبي يشبه القمح وهو مصدر غني بجينات المقاومة تجاه مجموعة من الآفات والأمراض (Cox *et al.*, 1992). وقد أوضحت نتائج تلك الاختبارات أن هناك ٣٩ تركيباً وراثياً accessions من حبوب *A. tauchii* لم تدعم نباتاتها تكاثر نيماتودا التقرح *P. thornei*. حيث كانت

obeikandl.com

أعداد النيماتودا في جذورها أقل كثيراً مما هي عليه في جذور السلالة "GS50a" المقاومة جزئياً لهذه النيماتودا التي تم استخدامها كصنف قياسي قابل جزئياً للإصابة في تلك الاختبارات. وقد كانت المقاومة صفة شائعة في النبات *A. tauschii* subsp. *strangulata* حيث وجدت في ٢٠ تركيباً وراثياً من أصل ٤٠ تركيباً من هذه النباتات، وقد تم تصنيف هذه المجموعات العشرين على أنها مقاومة، بينما لم تصنف أية مجموعة على أنها قابلة للإصابة. أوضحت النتائج أيضاً وجود ثلاثة من أصل أربعة تراكيب وراثية من النبات *A. tauschii* var. *meyeri* كانت تحتوي على الجين *Cre3* المقاوم لنيماتودا حوصلات الحبوب *H. avenae*، وكانت هذه المجموعات مقاومة أيضاً لنيماتودا التقرح *P. thornei*. ولو كان الجين *Cre3* يمنح بالفعل صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. thornei* فإنه سوف يكون ذا قيمة كبيرة جداً في برامج تربية القمح في المناطق التي يوجد فيها كل من نيماتودا حوصلات الحبوب *H. avenae*، ونيماتودا التقرح *P. thornei*. وقد أوضحت الدراسات أيضاً أن جميع التراكيب الوراثية من النبات *A. tauschii* subsp. *strangulata* المقاومة لنيماتودا التقرح *P. thornei* كانت قابلة للإصـابة بنيماتودا حوصلات الحبوب *H. avenae*. وفي صدد آخر، قام نومبلا وروميرو Nombela and Romero (1999) باختبار رد فعل السلالة "H93-8" التي تحتوي على الجين *Cre2* المقاوم لنيماتودا حوصلات الحبوب *H. avenae* تجاه نيماتودا التقرح *P. thornei*. وقد أوضحت تجارب غرف النمو أن هذه السلالة كانت مقاومة لنيماتودا التقرح *P. thornei*، ولكن في تجربة حقلية مدتها خمسة أشهر كانت هذه السلالة على نفس الدرجة من القابلية للإصابة كالصنف القياسي المقارن القابل للإصابة. وفي دراسة أخرى، تم تقييم ١٨ صنفاً من القمح (تختلف في ردود أفعالها تجاه نيماتودا التقرح *P. thornei*) وسلالة وتحت سلالة تشابه في تركيبها الوراثي ذلك التركيب الوراثي الموجود في الشيلم Rye (بما فيها التريتيكال Triticales) من حيث مقاومتها جميعاً لنيماتودا التقرح *P. neglectus* تحت ظرف البيت المحمي (Farsi *et al*., 1995). وقد أوضحت النتائج وجود اختلافات معنوية في أعداد النيماتودا/نبات، وكذلك في أعداد النيماتودا/جم من الجذور الجافة فيما بين المجموعات النباتية الثلاثة المختبرة. وكانت أعداد النيماتودا على جذور سلالتي التريتيكال "Abacus"، و"Muir" أقل ما يمكن. وبذلك يمكن اعتبار التريتيكال (هجين بين القمح والشيلم) محصول دورة ناجح في حقول القمح الملوثة بنيماتودا التقرح *P. neglectus*. أما أصناف القمح التي تختلف في ردود أفعالها تجاه نيماتودا التقرح *P. thornei* فلم يكن بينها صنف واحد مقاوم، مما يدل على أن الميكانيكية الوراثية التي تمنح صفة المقاومة أو التحمل تجاه نيماتودا التقرح *P. thornei* ليست فعالة تجاه نيماتودا التقرح *P. neglectus*. وقد قام فانستون وآخرون Vanstone *et al*. (1998) بترتيب تسعة أصناف من القمح من حيث قابليتها بنوعي نيماتودا التقرح *P. thornei*، و*P. neglectus*. وقد وجدوا أن الصنف المتحمل "Excalibur" يتفوق في إنتاجيته بنسبة ٣٣٪ في حالة وجود نيماتودا التقـرح *P. thornei*، وبنسـبة ١٩ – ٢٣٪ في حالة وجـود نيماتـودا التقـرح *P. neglectus*، مقارنة بإنتاجية الأصناف غير المتحملة. كما وجدوا أن هذا الصنف تنخفض نسبة وجود

Obeikandl.com

النيماتودا أيضاً في جذوره بحوالي ٦٣ - ٦٩٪، مقارنة بالأصناف غير المتحملة الأخرى التي شملتها تجربتهم الحقلية. وعلى عكس ذلك، وجد فارسي وآخرون Farsi *et al.* (1995) أن ردود أفعال الأصناف كانت – على غير المتوقع– متماثلة لكلا النوعين من النيماتودا. ومع ذلك، اعتبر فانستون وآخرون Vanstone *et al.* (1998) أنه من المشكوك فيه أن تكون صفة المقاومة أو التحمل في صنف ما تجاه أنواع نيماتودا التقرح قادرة على مقاومة أو تحمل نوع آخر من نفس النيماتودا، أو أنه ليس بالضرورة أن يتم ذلك. ومن ثم فإنه من المستحيل أن يتماثل رد فعل جميع أصناف القمح تجاه نوعين معينين من تلك النيماتودا. وتتميز أصناف القمح المتحملة ليس فقط بزيادة محصولها، ولكن أيضاً بخفض التكاليف التي يتحملها المزارع في إدارة النيماتودا.

وفي الأرز *Oryza sativa*، قد توجد أصناف ترتبط فيها صفة التحمل تجاه نيماتودا التقرح *P. zeae* بمقاومة الجفاف حيث تكون جذور هذه الأصناف متعمقة في التربة (Plowright *et al.*, 1990). وقد قام تاونشند Townshend (1989) باختبار رد فعل صنفين من الشوفان *Avena sativa* هما "Saia"، و"OAC Woodstock" تجاه كل أنـواع نيماتـودا التقرح؛ *P. neglectus*، *P. crenatus*، و*P. penetrans*، و*P. sensillatus* تحت ظروف البيت الزجاجي، وقد وجد أن كلا الصنفين كان مقاوماً للنوع *P. penetrans*، وقابلاً للإصابة بالنوع *P. sensillatus*، وأن الصنف "Saia" كان أقل قابلية للإصابة بكل من النوعين *P. neglectus*، و*P. Penetrans*، مقارنة بالصنف "OAC Woodstock".

وفي عام ١٩٩٠م، سجل ساتو وآخرون Sato *et al.* (1990) صنف العشب الغيني "Natsukaze" المقاوم لنيماتودا التقرح *P. brachyurus* وعدة أنواع من نيماتودا تعقد الجذور. وقد اشتق هذا الصنف من عزلات من عشبة القصبة *Panicum maximum*.

محاصيل الجذور والدرنات Root and tuber crops

أجريت أبحاث تفصيلية لدراسة مقاومة أصناف مختلفة من البطاطس *Solanum tuberosum* لنيماتودا التقرح *P. penetrans*، وذلك عندما قام برودي وبليستد Broodie and Plaisted (1993) بتقييم مقاومة سلالات بطاطس تم الحصول عليها من خمس عشائر من نيماتودا التقرح *P. penetrans*. وقد أوضحت تلك الدراسة أن سلالات البطاطس التي كان تكاثر النيماتودا عليها أقل ما يمكن هي السلالات الناتجة من عشيرة تربـوية مشتقة من الهجـين الناتج عن التهجين بين النوعـين *S. tuberosum* spp. *andigena*، و*S. tuberosum* spp. *tuberosum*. ويحتوي هذا الهجين على بعض التركيب الوراثي للنوع *S. vernei* المقاوم لنيماتودا حوصلات البطاطس *Golobodera pallida*. وقد كان معظم، وليس كل، السلالات ذات القابلية المنخفضة للإصابة بنيماتودا التقرح *P. penetrans* مقاومة لنيماتودا حوصلات البطاطس *G. pallida* (P_4A، وP_5A) و*G. rostochiensis* (Ro1). وبالرغم من أن توارث صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. penetrans* لم يكن قد درس بعد، إلا أن التغير في المستويات المختلفة للمقاومة فيما

بين التجارب المختلفة قد يقود إلى اقتراح أن ردود الأفعال هذه ربما تتوارث كمياً وليست محكومة بجين مفرد سائد. ومن ثم، فإن هذه المقاومة هي صفة يتدخل فيها كل من التركيب الوراثي، والظروف البيئية. ومثل هذه التداخلات قد تكون هي المسؤولة عن هذا التغير الكبير نسبياً المشاهد فى صورة أعداد النيماتودا بكل وحدة من الجذور في النباتات المقاومة في الاختبارات المختلفة. وقد كان هناك فيما سبق بعض الدراسات الأقل تفصيلاً حول تقييم أصناف البطاطس التجارية من حيث قدرتها على دعم تكاثر نيماتودا التقرح *P. penetrans* (Bernard and Laughlin, 1976 ؛ Olthof, 1986). وقد وصف صنفا البطاطس ؛ "Peconic"، و"Hudson" بأنهما منخفضي القابلية للإصابة بنيماتودا التقرح *P. penetrans*، ولكن ليس هناك ما يؤيد ذلك (Broodie and Plaisted, 1993). وتبعاً لما أورده برودي وبليستد Broodie and Plaisted (1993) فإن قدرة الصنف "Hudson" على دعم تكاثر بعض العزلات المختلفة جغرافياً من نيماتودا التقرح *P. penetrans*، ولو بنسب مختلفة، تؤدي إلى اقتراح وجود سلالات بيولوجية Biological races لهذا النوع من النيماتودا. أما صنف البطاطس "Butte" فقد ورد على أنه صنف عالي المقاومة لنيماتودا التقرح *P. neglectus*، وأن لديه بعض المقاومة للنوع *P. penetrans* (Davis *et al*., 1992).

وفي اليابان، تم اختبار مقاومة أصناف من البطاطا الحلوة *Ipomoea batatas* لنيماتودا التقرح *P. coffeae*، وقد أسفر ذلك عن الإعلان عن وجود أصناف مقاومة هي: "Fusabeni"، و"Joy White"، و"J-Red"، و"Sunny Red" (Tarumoto *et al*., 1990 ؛ Yamakawa *et al*., 1995 ؛ Yamakawa *et al*., 1998 ؛ Yamakawa *et al*., 1999). ومن المشوق أن نجد أن هذه الأصناف الأربعة مقاومة أيضاً لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*. وإضافة إلى ذلك، فقد وجد أن الصنف "Fusabeni" متوسط المقاومة لكل من مرض عفن التربة الذي تسببه البكتيريا *Streptomyces ipomea*، ومرض عفن الساق الذي يسببه الفطر *Fusarium oxysporum*، بينما كان الصنف "Joy White" متوسط المقاومة للفطر *Ceratocystis fimbriata*. وفي تجارب أولية داخل البيوت الزجاجية، لم تنجح نيماتودا التقرح *P. flakkensis* في التكاثر على ٢٠ صنفاً من البطاطا الحلوة التي تم اختبارها (Anguiz and Canto-Saenz, 1991).

موز الفاكهة وموز الطعام (*Musa* spp.)

Banana and Plantain (*Musa* spp)

هناك مصدران ثابتان للمقاومة في الموز *Musa* للنيماتودا الحفارة *R. similis* هما مجموعة Pisang Jari Buaya، ومجموعة Yangambi km5 (Wehunt *et al*., 1978 ؛ Pinochet and Rowe, 1979 ؛ Sarah *et al*., 1992 ؛ Price, 1994b ؛ Viaene *et al*., 1997 ؛ Fogain and Gowen, 1998 ؛ Stoffelen *et al*., 2000a ؛ Stoffelen *et al*., 2000a ، Stoffelen *et al*., 2000b). وتتكون المجموعة Pisang Jari Buaya من تركيب وراثي ثنائي الأساس الكروموسومي AA، وقد وجد من هذه المجموعة عدة أصناف يمكنها أن تنمو في التربة الملوثة بالنيماتودا الحفارة *R. similis* دون أن تظهر عليها أية

أعراض (تقرحات) مرضية (Wehunt *et al.*, 1978). وقد نتج عن استخدام المجموعة Pisang Jari Buaya في برامج تربية الموز بواسطة هيئة FHIA في هندوراس ظهور الهجين ثنائي الأساس الكروموسومي AA المقاوم للنيماتودا الحفارة *R. similis* والمعروف بالاسم "SH-3142" (Pinochet and Rowe, 1979). وقد نتج عن التهجين بين الهجين "SH-3142" والصنف "Prata Aña" ثلاثي الأساس الكروموسومي AAA ظهور الهجين "FHIA-01" الرباعي الأساس الكروموسومي AAAB (Rowe and Rosales, 1993). وقد كان الهجين "FHIA-01" مقاوماً جزئياً للنيماتودا الحفارة *R. similis*، وذلك عند تقييم النباتات ذات العمر ٣-٤ أشهر الناتجة من الكورمات، ولكنه كان قابلاً للإصابة تماماً كالصنف القابل للإصابة القياسي، وذلك عند تقييم النباتات الناتجة من مزارع الأنسجة بنفس العمر (Viaene *et al.*, 1998). وتعد المجموعة Yangambi km5 من التراكيب الوراثية ثلاثية الأساس الكروموسومي AAA، وقد تم جمعها من جمهورية الكونغو الديموقراطية ويبدو أنها قريبة الصلة من بعض التراكيب الوراثية الماليزية. وبالرغم من خصوبة كل من النباتات الذكرية والأنثوية في هذه المجموعة، فإن هذه التراكيب الوراثية لا تستخدم في برامج تربية الموز *Musa* بسبب أن النباتات البنوية (الذرية) الناتجة منها تكون عادة ذات أوراق غير طبيعية المظهر، وأفرع قائمة أو نصف قائمة. وبالإضافة إلى هذين المصدرين المعروفين للمقاومة تجاه النيماتودا الحفارة *R. similis*، فهناك مصادر أخرى محتملة للمقاومة تم الحديث عنها في بعض التقارير، ولكن هذه المصادر تحتاج إلى من يثبت مقاومتها بالفعل.

وفي الكاميرون، وجدت ثلاث مجموعات ثنائية الأساس الكروموسومي نتجت من مجموعة الموز البري *Musa balbisiana* (BB)، وكانت هذه المجموعات الثلاث مماثلة في مقاومتها للنيماتودا الحفارة *R. similis* تماماً المجموعة Yangambi km5، وذلك في اختبارات البيوت الزجاجية، في حين كانت ثلاثة تركيبات ثلاثية الأساس الكروموسومي من المجموعة AAB ("Pisang Kelat"، و"Foconah" من مجموعة Pome group، و"Pisang Celan" من مجموعة Mysore group) أقل قابلية للإصابة بالنيماتودا الحفارة *R. similis* من نباتات المقارنة (Fogain, 1996). وقد شوهد انخفاض قابلية التراكيب الوراثية الثلاثة الأخيرة للإصابة أيضاً في بعض الاختبارات الحقلية الأخرى (Price and McLare, 1996). وفي نيجيريا، وجد أن الهجين "PITA-8" وهو هجين موز طعام رباعي AAAB مقاوم لمرض سيجاتوكا الأسود black Sigatoka disease الذي يسببه الفطر *Mycosphaerella fijiensis* لا يصاب بالنيماتودا الحفارة *R. similis* تحت الظروف الحقلية (Afreh-Nuamah *et al.*, 1996). وفي تجارب في البيت المحمي ببلجيكا، أسفرت نتائج تقييم رد فعل ٢٥ صنف موز من مجموعة *Eumusa* (AA)، وسبعة أصناف من مجموعة *AustraliMusa* (Fe' i) تم جمعها من غينيا الجديدة تجاه الإصابة بالنيماتودا الحفارة *R. similis* ظهور الصنف المقاوم "Rimina" وهو من مجموعة Fe'i، والصنف "Menei" من نفس المجموعة أيضاً كمصدر ممكن للمقاومة تجاه النيماتودا الحفارة *R. similis* (Stoffelen *et al.*, 1999b ؛ Stoffelen *et al.*, 2000b). وبالرغم من أن الموز من مجموعة Fe'i ذي بذور وحبوب لقاح

obeikandi.com

شديدة العقم، ودليل حصاده أيضاً منخفض جداً، وتنمو عذوقه بشكل قائم، إلا إن مقاومته للنيماتودا الحفارة توجب البحث في إمكانية تهجين ودمج هذا الموز مع مجموعة موز *Eumusa* وقد ورد الصنف "Gros Michel" وهو صنف موز ثلاثي AAA كصنف منخفض القابلية للإصابة بالنيماتودا الحفارة *R. similis* (Mateille, 1992 ؛ Price, 1994b)، ولكن هذا لم يتم تأكيده بشكل قاطع (Stoffelen *et al.*, 2000a).

شوهدت العديد من الاختلافات التشريحية المرضية بين التراكيب الوراثية للموز *Musa* المقاوم والقابل للإصابة بالنيماتودا الحفارة *R. similis*. وفي الصنف "Gros Michel"، وجد أن حركة النيماتودا، وتطور أعراض الموت الموضعي في أنسجة القشرة الخارجية بطول محور الجذر قد انخفضت كثيراً مقارنة بمثيلتها في الصنف القابل للإصابة "Poyo" (Mateille, 1994). وفي مجموعة الموز Yangambi km5 شوهدت النيماتودا الحفارة *R. similis* فقط في نسيج القشرة في الجذر، ولم تشاهد في نسيج الأسطوانة الوعائية كما هو الحال في الصنف "Poyo" القابل للإصابة (Valette *et al.*, 1997). ولكن الأساس الوراثي لصفة المقاومة في الموز *Musa* تجاه النيماتودا الحفارة لم يتضح تماماً حتى الآن. وقد أثبتت الاختبارات الأولية أن توارث صفة المقاومة في مجموعة Pisang Jari Buaya تجاه النيماتودا الحفارة محكومة بواحد أو أكثر من الجينات السائدة (Pinochet, 1988a).

ولايعد الموز من مجموعة Yangambi km5 مقاوماً فقط للنيماتودا الحفارة، ولكن ذكر أيضاً أنه مقاوم جزئياً لنيماتودا التقرح *P. goodeyi* (Fogain and Gowen, 1998 ؛ Pinochet *et al.*, 1998). وبناءً على نتائج تجارب حقلية، وجد أن كلاً من صنفي الموز *M. acuminata*، و*M. balbisiana* كان منخفض القابلية للإصابة بنيماتودا التقرح *P. goodeyi*، وبالمثل كان صنف موز الطعام "Banana Cochon" وهو من أنواع الموز الثلاثية AAA من تحت المجموعة Lujugira (Price, 1994a). وفي منطقة كوجيرا بتنزانيا، يدل استبدال الأصناف المحلية بين موز الطعام وموز البيرة بأصناف مثل: "Gros Michel"، و"Pisang Awak" (من المجموعة الثلاثية ABB)، و"Kanana" (من المجموعة الثنائية AB)، وجميعها أصناف منخفضة القابلية للإصابة بنيماتودا التقرح *P. goodeyi*، وهي النيماتودا الشائعة الانتشار على الموز في هذه المنطقة (Speijer and Bosch, 1996)، أن المزارعين قد اختاروا هذه التراكيب الوراثية تلقائيا ودون قصد بسبب وجود النيماتودا.

البرسيم الحجازي Lucerne (*Medicago sativa*)

أوردت الكثير من التقارير وجود اختلافات في ردود أفعال التراكيب الوراثية من البرسيم الحجازي تجاه نيماتودا التقرح *P. penetrans* (Townshend and Baenziger, 1977 ؛ Nelson *et al.*, 1985 ؛ Christie and Townshend, 1992)، وقد تختلف النباتات فيما بينها داخل التركيب الوراثي الواحد في خصائصها الوراثية، ومن بينها المقاومة

obeikandl.com

للنيماتودا (Thies *et al.*, 1994). وتساهم خصائص التلقيح الخلطي، والوراثة الرباعية في البرسيم الحجازي كثيراً في وجود مثل هذه الاختلافات. وفي عام ١٩٨٩م، ظهر تركيبان وراثيان من البرسيم الحجازي هما: "MNGRN-2"، و"MNGRN-4" المتحملان لنيماتودا التقرح *P. penetrans* في الولايات المتحدة الأمريكية (Barnes *et al.*, 1990). وقد أظهر هذان التركيبان الوراثيان تفوقاً في الأداء المحصولي عند زراعتهما في حقول شديدة التلوث بنيماتودا التقرح *P. penetrans*. كما أظهرت الدراسات المخبرية والحقلية أن تكاثر النيماتودا *P. penetrans* قد انخفض بنسبة ٢٠ – ٣٠٪ على هذين التركيبين الوراثيين مقارنة بالصنف القابل للإصابة "Baker". وتتميز التراكيب الوراثية المتحملة للإصابة باحتواء جذورها على العديد من الجذور الليفية Fibrous roots حتى في وجود النيماتودا. وقد أظهر التركيبان الوراثيان "MNGRN-2" و"MNGRN-4" أيضاً بعض المقاومة لكل من: البكتيريا *Clavibacter michiganensis* subsp. *insidiosus*، والفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *medicaginis*، والفطر *Phytophthora megasperma* f. sp. *medicaginis*. وقد تمت دراسة توارث صفة المقاومة في التركيب الوراثي MNGRN-4 تجاه نيماتودا التقرح *P. penetrans* باستخدام نظام التزاوج ثنائي الأليل Diallel mating design (Thies *et al.*, 1994). ويدل الارتباط القوي بين متوسطات العزلات الأبوية ومتوسطات الذرية S1 بالنسبة لأعداد النيماتودا في الجذور أن صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. penetrans* هي صفة محكومة بفعل جيني تراكمي Additive gene action.

الأصول (الخوخ، والبرقوق، والمشمش، والورد، والموالح)

Rootstocks (*Prunus* spp., *Rosa* spp., *Citrus* spp.)

وجدت صفة المقاومة والتحمل للإصابة بنيماتودا التقرح *P. penetrans* في بادرات أصول الخوخ *Prunus persica* من الأصناف: "Bailey"، و"Br520-8"، و"Chui Lum Tao"، و"Guardian"، و"Higama"، و"Rubira"، و"Pisa"، و"Rutgers Red Leaf"، و"Tzim Pee Tao"، وكذلك الهجن الناتجة من التهجين بين الصنفين "Rutgers Red Leaf" و"Tzim Pee Tao" (McFadden-Smith *et al.*, 1998 ؛ Layne, 1987 ؛ Potter *et al.*, 1984). وعلى العكس من ذلك، كانت الأبحاث حول صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. vulnus* أقل نجاحاً، وقد أسفرت جهود الأبحاث عن المقاومة تجاه هذه النيماتودا في كل من الولايات المتحدة الأمريكية (Culver *et al.*, 1989 ؛ Ledbetter and Shonnard, 1991 ؛ Ledbetter, 1994)، وفرنسا (Scotto La Massese, 1975 ؛ Crossa-Raynaud and Audergon, 1987 ؛ Stalin *et al.*, 1994)، وإسبانيا (Marul and Pinochet, 1991 ؛ Pinochet *et al.*, 1996) عن اكتشاف مصادر جيدة للمقاومة في بادرات البرقوق من الصنفين "Bokhara"، و"Shalil" (Okie, 1987)، وكذلك في بعض الأنواع البرية والهجن من البرقوق *Prunus domestica*، والمشمش *Prunus armeniaca*، وبعض الهجن فيما بين هذين النوعين (Scotto La Massese, 1975 ؛ Ledbetter, 1994 ؛ Pinochet *et al.*, 1996). وفي فرنسا وإسبانيا، تم إدخال صفة

المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور الأكثر شيوعاً وارتباطاً بجذور أشجار الفاكهة ذات النواة الحجرية في حوض البحر الأبيض المتوسط في أصول جديدة من البرقوق. وفي معظم الحالات، كانت أصول البرقوق المقاومة لنوع أو أكثر من نيماتودا تعقد الجذور .*Meloidogyne* spp قابلة للإصابة بنيماتودا التقرح *P. vulnus* (Marull and Pinochet, 1991 ؛ Stalin *et al.*, 1998). ويستثنى من ذلك هجين البرقوق "Bruce"، وهو أحد الأصول القليلة المقاومة لكل من نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، ونيماتودا التقرح *P. vulnus* (Pinochet *et al.*, 1996). وبناءً على نتائج تقييم خمسة أصناف في البيت الزجاجي، كان نوع اللوز *Prunus amygdalus* عائلاً فقيراً لنيماتودا التقرح *P. neglectus*، وغير عائل لنيماتودا التقرح *P. thornei* (Marull *et al.*, 1990). تم أيضاً نقل صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. vulnus* إلى الصنف "Ludiek" وهو من أصول الورد *Rosa multiflora* (Schneider *et al.*, 1995).

وفي الموالح، ظهر أول أصل مقاوم للنيماتودا الحفارة *R. similis* عام ١٩٦٤م (Cook and Evans, 1987). وقد تم تعريف صفة المقاومة بعد ذلك في ١٥ سلالة فقط من بين ١٤٠٠ سلالة تم اختبارها. وقد كانت الأصناف؛ "Milam" (المنتخب من الليمون المخرفش *Citrus lemon*)، والأناناس "Ridge"، والبرتقال أبو سرة الجزائري *C. sinensis* مقاومة، فيما كان صنف الليمون المخرفش "Estes" (*C. jambhiri*) متحملاً ولكنه قابل للإصابة، بينما كان الهجين "Carrizo" (*Poncirus trifoliata* × *C. sinensis*) مقاوماً بعض الشيء ويبدو أنه متحمل أيضاً. وقد وجد أن النوع *Balsamocitrus dawaii* يشكل مصدراً للمقاومة تجاه عشائر النيماتودا الحفارة *R. similis* (Kaplan, 1990).

الفراولة وتوت العليق Strawberry (*Fragaria* spp.) and raspberry (*Rubus* spp.)

في الفرولة (*Fragaria* × *ananassa*) يوجد تغير في ردود أفعال الأصناف تجاه نيماتودا التقرح *P. penetrans*. وتشمل الأصناف منخفضة القابلية للإصابة بهذه النيماتودا كلاً من "Guardian"، و"Redchief"، و" Senga Sengana"، و"Micmac" (Dale and Potter, 1998). ويبدو أن الأصناف بطيئة النمو ثنائية موسم الإثمار التي تنتمي لمجموعة Lassen family group بولاية كاليفورنيا الأمريكية هي الأكثر مقاومة، مما يدل أنه في داخل برامج التربية بشمال أمريكا، كان المربون في كاليفورنيا هم المهتمون بالانتخاب لصفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. penetrans* دون غيرهم (Dale and Potter, 1998). ويؤدي كل من طبيعة التغير المستمر في ردود الأصناف، وما أثبته بوتر ودالي Potter and Dale (1994) من أن التهجين بين النوعي الذي تم بين الصنف القابل للإصابة "Midwag" والصنف المقاوم جزئياً "Guardian" كآباء وهو الذي أنتج ذرية بعضها كان مقاوماً بنفس درجة مقاومة الصنف "Guardian"، إلى اقتراح أن صفة المقاومة في الفراولة تجاه نيماتودا التقرح *P. penetrans* يمكن تحسينها بواسطة برامج التربية. وقد

وجدت صفة المقاومة والتحمل لنيماتودا التقرح *P. penetrans* في كل من الفـراولة البرية .*Fragaria* spp، والفراولة الشـاطئية *F. chiloensis*، والفراولة الخشبية *F. virginiana* (Potter and Dale, 1994).

تم تعريف صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. penetrans* أيضاً في توت العليق الأحمر .*Rubus* spp (Bristow *et al.*, 1980 ؛ Vrain and Daubeny, 1986). وقد تمت دراسة توارث هذه الصفة في بعض الهجن التي تشمل: تركيبين وراثيين مقاومين هما "Nootka" و"Dalhouse Lake"، والتوت الأحمر بشمال أمريكا *Rubus strigosus*، وتركيبين وراثيين قابلين للإصابة (Vrain *et al.*, 1994). وقد أسفرت الدراسة عن عدم ظهور التوزيع المزدوج لكل متغير، ومن ثم فقد افترض أن توارث صفة المقاومة يتم بطريقة كمية. وقد أشارت تقديرات وزن المجموع الخضري والمجموع الجذري إلى أن هناك إمكانية لوجود تأثيرات جينية مضيفة طفيفة تحكم صفة التحمل التي تمت ملاحظتها، وأنه يمكن استخدام أي من المقياسين أو كلاهما عند الانتخاب لصفة التحمل تجاه النيماتودا في برامج تربية التوت. ومن ثمَ، يمكن اختبار الآباء على أساس الشكل الظاهري الجيد.

نباتات أخرى Other plants

وجدت صفة المقاومة تجاه عشائر النيماتودا الحفارة القادرة على إصابة الموالح في نبات الأنتوريوم *Anthurium* (Wang *et al.*, 1997). وفي الهند شوهدت صفتا المقاومة والتحمل للنيماتودا الحفارة *R. similis* في كل من جوز أريكا *Areca catechu*، وجوز الهند *Cocos nucifera* (Sosamma *et al.*, 1988 ؛ Sundrararju and Koshy, 1988). وردت أيضاً صـفة المقاومة والتحمل تجـاه نيماتـودا التقرح *P. brachyurus* في كل من الكريز الباربادوسي *Malpighia glabra* (Ferraz, 1996)، وفول الصويا *Glycine max* (Ferraz *et al.*, 1998)، والفول السوداني (Smith *et al.*, 1978)، وقصب السكر *Saccharum officinarum* (Dinardo-Miranda and Ferraz, 1991)، والبن .*Coffea* spp (Oliveira *et al.*, 1999). ومن المثير حقاً، أنه قد شوهدت صفة التحمل لنيماتودا التقرح *P. brachyurus* في بعض التراكيب الوراثية للبن، حيث إنه من المعروف أن بادرات البن تتضرر كثيراً عند إصابتها ولو بأعداد قليلة من هذه النيماتودا (Inomoto *et al.*, 1998). أيضاً وردت عدة أنواع من القنب الهندي .*Crotalaria* spp كعوائل فقيرة لنيماتودا التقرح *P. brachyurus* (Da Silva *et al.*, 1989). كما وردت المقاومة تجاه نيماتودا التقرح من النوع *P. coffeae* في بن روبستا *Coffea canephora* (Wiryadiputra, 1996). وفي دراسة أخرى، قام تورون ماثينوس وآخرون .Toruan-Mathinus *et al* (1995) بدراسة التركيب التشريحي، ومحتوي الجذور من الفينولات الكلية، وتباين أشكال البروتينات في الجذور، والحامض النووي DNA، وذلك في ست سلالات من بن روبستا بعضها قابل للإصابة، وبعضها مقاوم جزئياً، والآخر مقاوم لنيماتودا التقرح *P. coffeae*. وقد أوضحت الدراسة أن السلالات المقاومة تميزت بجذورها الشعرية الكثيفة، وثخانة

جدر خلايا طبقتي البشرة Epidermis، والبشرة الداخلية Endodermis في الجذور، وكذلك ارتفاع محتوي الجذور من الفينولات الكلية. وجدت الدراسة أيضاً دليلاً بروتينياً معيناً ذا وزن جزيئي ٢٩ كيلو دالتون في السلالات المقاومة، مما يدل على أن السلالات المقاومة تحتوي على إنزيمات خاصة كنواتج للحامض النووي DNA ترتبط بصفة المقاومة. وفي صعيد آخر، وجدت صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. scribneri* في فاصوليا الليما *Phaseolus lunatus* (Rich *et al.*, 1977). كما وجدت صفة التحمل لنيماتودا التقرح *P. penetrans* في العنب *Vitis* spp. (Ramsdell *et al.*, 1996). ووردت صفة المقاومة لنيماتودا التقرح *P. sefaensis* في اللوبيا *Vigna unguiculata* (Sarr and Baujard, 1988). أما المقاومة أو التحمل لنيماتودا التقرح من النوع *P. thornei* فقد وجدت في كل من أنواع الحمص: *Cicer arietinum*، و*C. bijugum*، و*C. cuneatum*، و*C. judaicum*، و*C. yamashitae* (Tiwari *et al.*, 1992؛ Simeone *et al.*, 1995؛ Castillo *et al.*, 1998). كما شوهدت صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *P. vulnus* في أشجار فاكهة الكيوي *Actinidia chinensis* (Simeone *et al.*, 1995). ووجدت صفة المقاومة أو التحمل لنيماتودا التقرح *P. zeae* في قصب السكر (Novaretti *et al.*, 1988؛ Dinardo-Miranda and Ferraz, 1991؛ Mehta *et al.*, 1994؛ Dinardo-Miranda *et al.*, 1996). أما هجن دوار الشمس *Helianthus annuus* وبعض أصناف القنب الهندي *Crotalaria* spp. فقد كانت عوائل فقيرة لنيماتودا حوصلات الذرة *P. zeae* (Bolton and De Waele, 1989؛ Da Silva *et al.*, 1989). كما شوهدت مقاومة وتحمل اللفت الشتوي *Brassica napus* ssp. *oleifera* لنيماتودا التقرح من الأنواع *P. scribneri*، و*P. neglectus*، و*P. fallax*، و*P. crenatus*، و*P. penetrans*، و*P. pinguicaudatus* (Bernard and Montgomery-Dee, 1993؛ Webb, 1996).

التعريف
Identification

من الضروري تعريف العشائر النيماتودية المستخدمة في اختبارات تقييم الأصناف النباتية تعريفاً دقيقاً حتى مستوى النوع. وقد يكون من الممكن تعريف النيماتودا الحفارة *R. similis* بسهولة باستخدام المجهر الضوئي، لكن تعريف أنواع نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp. يحتاج عادة إلى ماهو أكثر من ذلك، إذ إن الشكل الظاهري (المورفولوجي) لجميع أنواع نيماتودا التقرح متماثل تقريباً. وهناك عدد محدود من الصفات التصنيفية التي تلعب دوراً هاماً في التصنيف. وبدون استثناء، توضح هذه الصفات تغيراً كبيراً داخل الأنواع ذاتها. وحتى الأنواع التي تم وصفها من هذا الجنس قد تواجه أيضاً صعوبة في تعريفها عن طريق المجهر الضوئي وحده. ونظراً لأن التشخيص المعتمد على الأسس الكيموحيوية (المشابهات الإنزيمية)، أو الاختلافات الوراثية (تتابع الحمض النووي DNA) غير متاح، فإن الاعتماد على الصفات والقياسات الظاهرية في التصنيف لا زال هو المستخدم في تعريف أنواع نيماتودا التقرح حتى الآن.

ويمكن تعريف النيماتودا الحفارة *R. similis* باستخدام توليفة من الصفات المورفولوجية الآتية: التمايز الجنسي في المنطقة الأمامية من الجسم (ففي الإناث تكون منطقة الرأس منخفضة، ونصف كروية الشكل، وحدودها مستمرة مع حدود الجسم أو بارزة قليلاً، مع وجود تغليظ رأسي ورمح قويين، أما في الذكور فتكون منطقة الرأس مرتفعة، وتشبه العقدة غالباً، وأكثر بروزاً عن حدود الجسم، وذات تغليظ رأسي ضعيف، ورمح مضمحل)، وكذلك ندرة الذكور؛ ووجود الفتحة التناسلية الأنثوية في وضع متوسط من الجسم (حوالى ٥٠ - ٦٠٪ من مقدمة الجسم)؛ ووجود فرعي مبيض متساويي الطول؛ وشكل ذيل الأنثى عادة مخروطي متطاول ذو نهاية مستديرة أو منبعج؛ أما ذيل الذكر فيكون متطاولاً، مخروطياً، منحنياً من الناحية البطنية، وذا جراب تناسلي Bursa يمتد ليغطي حوالي ثلثي الذيل. وهناك وصف كامل للنيماتودا الحفارة *R. similis* في البحث الذي نشره أورتون ويليمز وسديقي Orton Williams and Siddiqi (1973).

هناك مفاتيح تصنيفية لأنواع جنس نيماتودا التقرح *Pratylenchus* تم نشرها بواسطة لوف Loof (1978)، وكافي فيلهو وهانج Café Filho and Huang (1989)، وهاندو وجولدن Handoo and Golden (1989). ويمكن الاطلاع على مفاتيح تصنيفية لكل من الأنواع، *P. brachyurus* في Corbett (1972)، و*P.coffeae* في Siddiqi (1972)، و *P. goodeyi* في Machon and Hunt (1985)، و*P. neglectus* في Townshend and Anderson (1976)، و*P. penetrans* في Corbett (1973)، و*P. thornei* في Fortuner (1977)، و*P. vulnus* في Corbett (1994)، و*P. zeae* في Fotuner (1976).

ولتحميل كامل النيماتودا على الشرائح بطريقة مناسبة للفحص بالمجهر الضوئي، يمكن الحصول على أفضل النتائج عندما يتم قتل النيماتودا سريعا، ثم وضعها في الحال في محلول ٤٪ فورمالدهيد دافئ (Seinhorst, 1966)، ونقلها بعد ذلك إلى الجليسرول بطريقة الإيثانول-جليسرول (Seinhorst, 1959)، ثم تحميلها على شرائح زجاجية بطريقة حلقة الشمع (De Maeseneer and D'Herde, 1963). أما النيماتودا التي لم يتم تحميلها على الشرائح بعد القتل والتثبيت فيمكن حفظها في محلول ٢-٤٪ فورمالدهيد، وإرسالها عند الرغبة في ذلك إلى مختبرات التصنيف ذات الخبرة.

اعتبارات عامة في اختبارات التقييم

Screening: General Considerations

هناك بعض المشكلات التي تجابه علماء النيماتولوجي أثناء إجراء اختبارات تقييم الأصناف لصفة المقاومة أو التحمل لنيماتودا التقرح *Pratylenchus* ، والنيماتودا الحفارة *Radopholus*. ومن هذه المشكلات ما يأتي: وجود اختلافات في القدرة التكاثرية والإمراضية فيما بين عشائر النيماتودا الحفارة، وكذلك فيما بين العشائر المختلفة

لنفس النوع من نيماتودا التقرح، ٢) الاختلافات في رد العائل وقدرة النيماتودا التكاثرية فيما بين التجارب المختلفة، ٣) عدم توافر المعلومات المتعلقة بتأثير تطور ونمو المجموع الجذري على رد فعل العائل وتكاثر النيماتودا.

الاختلافات داخل النوع في القدرة التكاثرية والإمراضية فيما بين عشائر نيماتودا التقرح والنيماتودا الحفارة

Intraspecific differences in reproductive fitness and pathogenicity between *Pratylenchus* and *Radopholus* populations

شوهدت الاختلافات البيولوجية فيما بين عشائر النيماتودا الحفارة *R. similis* أول ما شوهدت عن طريق كل من الدراسات البيولوجية، والوراثة الخلوية، والمدى العوائلي، والقدرة التدميرية والتكاثرية للنيماتودا (Pinochet, 1988b). وقد أوضحت اختبارات عشائر النيماتودا الحفارة في مناطق زراعات الموز الرئيسية بالعالم تغيرات واسعة في القدرة الإمراضية لهذه العشائر على الموز سواء كان موز الفاكهة أو موز الطعام، وكذلك الذرة، وبعض النباتات الأخرى (Pinochet, 1979 ؛ Tarte *et al.*, 1981 ؛ Sarah *et al.*, 1993 ؛ Fallas and Sarah, 1995 ؛ Fallas *et al.*, 1995 ؛ Fogain and Gowen, 1995 ؛ Hahn *et al.*, 1996).

وقد وجدت علاقة مباشرة بين الكفاءة التكاثرية (معدل التكاثر) لعشائر هذه النيماتودا على أقراص الجزر وقدرتها الإمراضية (قدرتها على إحداث الضرر) على جذور الموز، فكلما زادت الكفاءة التكاثرية لهذه العشائر على أقراص الجزر زادت قدرتها الإمراضية أيضاً على جذور الموز (Sarah *et al.*, 1993 ؛ Fallas *et al.*, 1995). ولكن الكفاءة التكاثرية العالية للنيماتودا ليست بالضرورة دائماً مرتبطة بقدرة إمراضية عالية (Tarte *et al.*, 1981 ؛ Hahn *et al.*, 1996). وعادةً، تتم مقارنة الكفاءة التكاثرية للنيماتودا الحفارة *R. similis* ونيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp. في وقت ثابت بعد العدوى. لكنه من غير الممكن قياس معدل تكاثر كلا النوعين من النيماتودا معاً في وقت واحد. هذا وقد حصل ستوفيلين وآخرون Stoffelen *et al.*, (1999a) على مفهوم أوسع للتكاثر (أعلى معدل نمو، ووجود مرحلة بطؤ النمو، ثم بدء مرحلة النمو المستقرة)، وذلك عندما قاموا بدراسة ديناميكية التكاثر باستخدام نموذج جومبرتز Gompertz. وقد كانت معدلات النمو القصوى ومرحلة الثبات المبكرة من أهم خصائص العشائر ذات الكفاءة التكاثرية العالية. كما استخدمت أيضاً تقنيات البيولوجيا الجزيئية مثل أنماط المشابهات الإنزيمية، وتقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد (RFLP)، وتقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (RAPD) في الدراسات المتقدمة للتنوع الحيوى فيما بين عشائر النيماتودا الحفارة *R. similis* (Hahn *et al.*, 1994 ؛ Hahn *et al.*, 1996 ؛ Fallas *et al.*, 1996). وقد أوضحت الدراسات الجزيئية درجة عالية من التماثل الوراثي بين تلك العشائر التي جلبت من مناطق مختلفة من العالم. كما أوضح التحليل العنقودي

Cluster analysis لأنماط تقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (RAPD) وجود عنقودين (مجموعتين) منفصلين تماماً (Fallas *et al*., 1996). ويبدو أن كلا المجموعتين من التراكيب الوراثية قد انتشرت بطريقة مستقلة، ولا توجد علاقة واضحة بين التنوعين الوراثي، والبيولوجي. ويبدو أيضاً أن الكفاءة التكاثرية والقدرة الإمراضية يتطوران كل منهما مستقل عن الآخر، ولكن بطريقة مماثلة في كلا المجموعتين من التراكيب الوراثية، وذلك تحت تأثير الظروف البيئية المحلية.

ومبدئياً لم يمكن التمييز المورفولوجي بين عشائر النيماتودا الحفارة *R. similis* القادرة على إصابة الموالح في ولاية فلوريدا الأمريكية عن عشائر نفس النيماتودا القادرة على إصابة الموز في أنحاء متفرقة من العالم. وقد أدى ذلك إلى تعريف عشائر النيماتودا الحفارة التي تصيب الموالح فيما بعد باسم سلالة الموالح Citrus race من النيماتودا الحفارة (Ducharme and Birchfield, 1956). وبناءً على الاختلافات في التركيب النووي Karyotype، والمشابهات الإنزيمية، والبروتينات، والسلوك الجنسي (Huettel and Dickson, 1981 ؛ Huettel *et al*., 1982 ؛ Huettel *et al*., 1983a ؛ Huettel *et al*., 1983b ؛ Huettel *et al*., 1984a)، تم توطيد النوعين القريبين (الأخوين) ؛ *R. similis*، و*R. citrophilus* من سلالات الموز والموالح للنوع *R. similis*، على الترتيب (Huettel *et al*., 1984b). وفي عام ١٩٨٨م قام هوتيل وييجاشي Huettel and Yaegashi (1988) بوصف اختلافات مورفولوجية بسيطة في منطقة الذيل فيما بين ذكور كلا النوعين *R. similis*، و*R. citrophilus*، يمكن بواسطتها التمييز بين هذين النوعين. وعلى عكس ذلك، أوضحت الدراسات الحديثة أن عشائر النيماتودا الحفارة *R. similis* التي تصيب كلاً من الموز والموالح كانت متماثلة جداً من حيث الشكل الظاهري والتركيب الوراثي (Hahn *et al*., 1996 ؛ Kaplan, 1999). وقد بدا أن تطفل النيماتودا الحفارة على الموالح في ولاية فلوريدا الأمريكية كان دائماً مصحوباً بتغيرات محدودة في التركيب الوراثي (Kaplan, 1994 ؛ Kaplan *et al*., 1996 ؛ Kaplan *et al*., 1997 ؛ Kaplan and Opperman, 1997). وإضافة إلى ذلك، أدى توارث دليل وراثي معين، والقدرة على إصابة الموالح في نسل حيوي نتج عن التزاوج بين عشائر نيماتودية مختارة من النيماتودا الحفارة إلى اقتراح أن الانتقال الوراثي Gene flow بين عشائر النيماتودا الحفارة التي تصيب الموز والموالح غير محدود (Kaplan *et al*., 1997). وعندما لاحظ فاليتي وآخرون Valette *et al*. (1988) أيضاً أن الاختلافات المورفولوجية البسيطة في منطقة الذيل لذكور النوعين؛ *R. similis*، و*R. citrophilus* التي وصفها هوتيل وييجاشي Huettel and Yaegashi (1988) كلها تتداخل مع بعضها، قام باقتراح أن تكون التسمية *R. citrophilus* مرادفاً صغيراً لاسم النوع *R. similis*، ومن ثم تصبح سلالتا الموالح والموز من النيماتودا الحفارة تمثلان طرزاً إمراضية Pathotypes مختلفة.

أما في نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ، فإن التنوع البيولوجي فيما بين عشائر نفس النوع قد شوهدت في الأنواع ؛ *P. brachyurus* (Payan and Dickson, 1990)، و*P. coffeae* (Wehunt and Edwards in Stover, 1972 ؛ Mizukubo, 1995 ؛ Bridge *et al*.1997 ؛ Waeyenberghe *et al*., 2000)، و*P. goodeyi* (Pinochet, 1998c)، و*P. loosi* (Waeyenberghe *et al*., 2000)، و*P. neglectus* (Griffin, 1991 ؛ Hafez *et al*., 1999)، و*P. penetrans* (Olthof, 1968 ؛ Griffin and Gray, 1990 ؛ Griffin, 1991 ؛ Brodie and Plaisted, 1993 ؛ France and Brodie, 1995 ؛ France and Brodie, 1996 ؛ Hafez *et al*., 1999)، و*P. vulnus* (Pinochet *et al*., 1992 ؛ Pinochet *et al*., 1993 ؛ Pinochet *et al*., 1994). وفي النوع *P. coffeae*، وجد أن الصفات التصنيفية للعشائر المنتمية لهذا النوع، التي لازالت تحت الفحص والتدقيق ترجح أن هذه العشائر ربما تمثل معقداً نوعياً Species complex (Mizukubo, 1992 ؛ Duncan *et al*., 1999 ؛ Waeyenberghe *et al*., 2000). ومع ذلك، فمن الممكن أن يكون التنوع البيولوجي المشاهد بين عشائر النوع *P. coffeae* ممثلاً في الحقيقة لاختلافات بين الأنواع.

وقد تؤثر الاختلافات في الكفاءة التكاثرية (في القدرة الإمراضية) فيما بين عشائر كل من النيماتودا الحفارة *R. similis*، ونيماتودا التقرح *Pratylenchus* التي تنتمي إلى نفس النوع على تفسير نتائج تجارب التقييم لصفتي المقاومة والتحمل. وبذلك، يجب تحديد الكفاءة التكاثرية للعشيرة المستخدمة في تجارب التقييم، ومقارنتها بالكفاءة التكاثرية للعشائر الأخرى، كما يجب استخدام نفس العشيرة في جميع تجارب التقييم. ويفضل استخدام العشيرة ذات الكفاءة التكاثرية العالية دائماً. كما يعني أيضاً وجود اختلافات في الكفاءة التكاثرية بين عشائر نيماتودا التقرح في نفس الحقل الواحد، أنه في نهاية المطاف، يجب تقييم رد فعل التركيب الوراثي النباتي الواعد تجاه خليط من العشائر النيماتودية التي تم جمعها من مناطق جغرافية مختلفة (Alcaniz *et al*., 1996).

الاختلافات في رد فعل العائل وتكاثر النيماتودا فيما بين التجارب المختلفة

Differences in host response and nematode reproduction between expirements

عند اختبار مقاومة النباتات للنيماتودا الحفارة *R. similis* ونيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp.، فليس من المعتاد أن نشاهد اختلافات في ردود أفعال العائل أو في معدل تكاثر النيماتودا فيما بين تجارب الحقل والبيت المحمي، أو حتى فيما بين سلسلة من التجارب المتعاقبة التي تجري تحت نفس الظروف المتحكم بها. ولكنه قد لوحظ في بعض الحالات ظهور صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح في البيت المحمي وعدم ظهورها في الحقل أو العكس (انظر على سبيل المثال: Norton, 1989 ؛ Nombela and Romero, 1999). وقد تكون الاختلافات في معدل تكاثر النيماتودا كبيرة، حيث شوهدت اختلافات كبيرة في أعداد النيماتودا الحفارة *R. similis* ونيماتودا التقرح *P. thornei* التي تم استخلاصها من جذور أصناف مختلفة من الموز *Musa* والقمح، على الترتيب، وذلك في تجارب البيت الزجاجي

Obeikandl.com

التي أجريت في وقت متزامن (في حالة الموز)، أو في أوقات متعاقبة (في حالة القمح) في ظل ظروف متماثلة متحكم بها. هذا وقد بلغت الأعداد النهائية للنيماتودا الحفارة *R. similis* على صنف واحد هو الصنف "Cavendish 901"؛ ٢٢٣٤٧، و٧٣٢، و٢٧٢٠١ فرداً في ثلاث تجارب مختلفة (Stoffelen *et al.*, 2000b). وبلغت أعداد نيماتودا التقرح *P. thornei* على ثلاثة أصناف من القمح هي: "GS50a"؛ و"Gatcher"، و"Potam" ١٠٠٨٥ – ٣٣٣٩٠؛ و٣٦٦٥٠ – ٩٥٦٨٠؛ و٣٧٧٥٠ – ١٢٨٦٦٥ نيماتودا/نبات، على الترتيب، وذلك في تجربتين منفصلتين (Thompson and Haak, 1997). وقد تعود مثل هذه الاختلافات إلى التباين في كل من الظروف البيئية الحية وغير الحية، وتطور النباتات، وقدرة اللقاح النيماتودي على إحداث العدوى. وحتى في البيت الزجاجي، قد تتأرجح الظروف البيئية بدرجة تكفي لأن تؤثر على نتائج التجارب (Stoffelen, 2000). ومن المعروف أن كلاً من درجة الحرارة، ورطوبة التربة، وقوام التربة، والعوامل الأرضية الأخرى تؤثر بشدة على فقس بيض نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp.، وقدرة يرقاتها على الاختراق، وتطور هذه اليرقات أيضاً داخل النباتات المصابة (انظر على سبيل المثال؛ Florini *et al.*, 1987؛ Castillo *et al.*, 1996؛ Mizukubo and Adachi, 1997). وقد تغير الظروف المثلى في الأصص الصغيرة معدل تكاثر أنواع نيماتودا التقرح (Farsi *et al.*, 1995). ولا تؤثر الظروف البيئية الحية وغير الحية فقط على النيماتودا، وإنما أيضاً على تطور النبات. ويوضح ظهور هذه الاختلافات في ردود أفعال النباتات العائلة وكذلك في معدل تكاثر النيماتودا أهمية وجود صنف قياسي قابل للإصابة في كل تجربة، وكذلك وجود صنف مقارن مقاوم (أو أقل قابلية للإصابة) إذا أمكن ذلك. ومن شأن ذلك أن يسمح بمقارنة تكاثر النيماتودا على التراكيب الوراثية المختبرة بتكاثرها على الأصناف المقارنة، وأيضاً بمقارنة النتائج المتحصل عليها في التجارب المختلفة. وإضافة إلى ذلك، فإنه يجب ألا تُقيّم صفة المقاومة تجاه نيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp. فقط في البيت الزجاجي، وإنما أيضاً تحت الظروف الحقلية، شريطة أن تكون النباتات في نفس المرحلة من التطور.

تأثير تطور الجذر وتركيب المجموع الجذري على استجابة العائل وتكاثر النيماتودا

Effect of root development and root system structure on host response and nematode reproduction

تخترق نيماتودا التقرح *Pratylenchus* والنيماتودا الحفارة *R. similis* جذور النباتات العائلة، وتتغذى، وتتطور، وتتكاثر داخلها، كما تتجول أيضاً بين خلايا تلك الجذور وداخلها. وسوف يؤثر تطور الجذر على هذه العملية الديناميكية، ومن ثم على معدل تكاثر النيماتودا الذي ترتكز عليه عملية التقييم لصفة المقاومة. وقد يفسر تطور الجذر أيضاً صفة التحمل، ففي الموز *Musa* تمت ملاحظة الاختلافات في كل من معدل تكاثر النيماتودا الحفارة *R. similis* والضرر الواقع على الجذور (عدد الجذور الوظيفية، والنسبة المئوية للجذور الميتة، والنسبة المئوية للموت الموضعي في الجذور Necrosis)، وذلك في فسائل بعمر شهرين وأشجار قائمة. وقد تبين من ذلك أن هناك

obeikandi.com

اختلافات في ردود أفعال نباتات الموز تجاه الإصابة بالنيماتودا تبعاً لعمر المجموع الجذري لتلك النباتات (Speijer *et al.*, 1999). وفي الموز أيضاً، لوحظ وجود اختلافات في التجارب الأولية بالبيت الزجاجي عند اختبار رد فعل النباتات تجاه كل من النيماتودا الحفارة *R. similis* ونيماتودا التقرح *P. coffeae*، وذلك فيما بين النباتات المنماة خارجياً *in vitro*، والنباتات المأخوذة من الكورمات، وذلك في نفس التراكيب الوراثية (Viaene *et al.*, 1998). وبالرغم من أهمية التداخل المعقد بين النيماتودا والتطور الجذري، إلا أن الدراسات عليه كانت ضئيلة وتلقائية. وقد قامت ستوفيلين Stoffelen (2000) باختبار تطور المجموع الجذري لعدة تراكيب وراثية من الموز، وذلك من أجل التصميم الأمثل لاختبارات التقييم لصفتي المقاومة والتحمل للنيماتودا، وللتقليل من تأثير نمو الجذور على تكاثر النيماتودا، وأوصت بأنه يجب تأجيل تلقيح النباتات بالنيماتودا إلى حين خروج الجيل الثاني من الجذور الأولية التي تخرج في الصنف "Grande Naine" بعد ثمانية أسابيع تقريباً من الزراعة في مزارع الأنسجة *in vitro*.

قواعد اختبارات التقييم
Screening:Protocols

اللقاح النيماتودي Nematode inoculum

كثيراً ما تستخدم أقراص الجزر *Daucus carota* L. لتربية نيماتودا تقرح الجذور (O'Bannon and Taylor, 1968 ؛ Moody *et al.*, 1973 ؛ Verdejo-Lucas and Pinochet, 1992 ؛ Fallas and Sarah, 1994 ؛ Pinochet *et al.*, 1995). ويمكن عمل مزارع النيماتودا الحفارة *R. similis* ونيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp. من إناث مفردة في مرحلة وضع البيض. ويتطلب إنشاء مزارع النيماتودا خارجياً على أقراص الجذر أربع خطوات وهي: ١) استخلاص النيماتودا من الجذور المصابة، ٢) التعقيم السطحي للنيماتودا، ٣) التعقيم السطحي لأقراص الجزر، ٤) تلقيح أقراص الجزر بالنيماتودا.

البروتوكول الأول: تربية نيماتودا تقرح الجذور على أقراص الجزر
Protocoal 1: Culturing root-lesion nematodes on carrot discs

١ – استخلاص النيماتودا من الجذور المصابة: يمكن استخلاص اليرقات والأطوار الكاملة للنيماتودا داخلية التطفل المتجولة من الجذور بعدة طرق. ومن أهم هذه الطرق؛ طريقة التمزيق – قمع بيرمان Maceration-Baerman funnel، وطريقة التمزيق – المناخل Maceration-sieving method اللتان سيرد شرحهما فيما بعد. وعلى عكس طريقة الطرد المركزي والطفو Centrifugal-Floatation. تتطلب الطريقتان المذكورتان أدوات قليلة وبسيطة. ويمكن الاطلاع على وصف لطريقة التمزيق – المناخل في المرجع Coolen and D'Herde (1972). ومن الطرق الأخرى المستخدمة في

هذا الصدد أيضاً طريقة غرفة الضباب Mist Chambers. وطريقة التحضين مع التهوية أو الرج Incubation with aeration or agitation (Young, 1954 ؛ Sienhorst, 1950).

طريقة التمزيق– قمع بيرمان Maceration-Baerman funnel: تغسل الجذور بماء الصنبور، ثم تقطع إلى قطع صغيرة بطول ١سم. بعد ذلك توضع هذه القطع في خلاط مطبخ عادي يحتوي على ماء مقطر، ويدار الخلاط ثلاث مرات فيما مجموعه عشر ثوان، مع توقف بسيط بين كل دورة والأخرى (وتتوقف مدة الدوران عموماً على نوعية الجذور). بعد ذلك تصب محتويات الخلاط في منخل قطر ثقوبه ٤٠ ميكروميتراً، ثم تنقل محتويات المنخل إلى دورق في ماء مقطر، ثم إلى قمع أو طبق بيرمان (قطر ثقوبه ١مم) مبطن بورق نسيجي Tissue paper. وبعد ١٢ – ١٤ ساعة من التحضين، تجمع النيماتودا من ساق القمع أو من الطبق في دورق. يمرر معلق النيماتودا في الدورق من خلال منخل قطر ثقوبه ٢٥ ميكروميتراً وتنقع المتبقيات الموجودة على المنخل في ماء صنبور (لمنع نمو البكتيريا وغيرها). وأخيراً، تجمع النيماتودا الموجودة على المنخل في ماء مقطر في دورق، وينظف الخلاط والمناخل وجهاز بيرمان بكحول الإيثايل (لقتل ما تبقى من النيماتودا) ثم بالماء الدافئ والصابون.

طريقة التمزيق–المناخل Maceration-sieving method: تغسل الجذور بماء الصنبور وتقطع إلى قطع صغيرة بطول ١ سم. وبعد ذلك توضع هذه القطع في خلاط مطبخ عادي مع ١٠٠مل ماء مقطر، وتمزق فيه (بإدارة الخلاط لمدة ٣٠ ثانية، ثلاث دورات كل منها عشر ثوان، يفصل بين الدورة والأخرى خمس ثوان من التوقف). واعتماداً على نوعية الجذور يمكن زيادة أو خفض مدة التمزيق في الخلاط. بعد ذلك يصب المعلق بما فيه من نيماتودا وشوائب على ثلاثة مناخل ؛ العلوي منها قطر ثقوبه ٢٥٠ ميكروميتراً والأوسط ١٠٦ ميكروميترات والأسفل ٤٠ ميكروميتراً، على أن يتم شطف المنخل الأخير في الماء العادي (لمنع نمو البكتيريا وخلافها). تنقل النيماتودا أخيراً من المنخل الأخير (٤٠ ميكروميتراً) في ماء مقطر إلى دورق.

٢– التعقيم السطحي لنيماتودا تقرح الجذور (انظر أيضاً الفصل السادس للمزيد من طرق التعقيم)

تحت غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي Under Laminar Flow

الخطوة الأولى: انتقاء النيماتودا الحية من المعلق: يصب معلق النيماتودا في طبق عدّ Counting dish، وتلتقط النيماتودا المطلوبة. وفي حالة معلق النيماتودا شديد العكارة، يمكن التقاط النيماتودا يدوياً باستخدام إبرة رفيعة جداً. أما في حالة معلق النيماتودا النظيف، فتسحب النيماتودا بواسطة ماصة دقيقة سبق تعقيمها بالتلهيب. تنقل النيماتودا بعد ذلك إلى ماء مقطر معقم في طبق بتري معقم.

obeikandl.com

الخطوة الثانية: التعقيم في كلوريد الزئبقيك: يبدأ العمل بطبق بتري معقم يحتوي على نيماتودا في ماء معقم. تنقل النيماتودا مع الماء المعقم بواسطة ماصة معقمة إلى منخل صغير معقم سعة ثقوبه ٢٠ ميكرومتراً، ثم يوضع المنخل بما فيه من نيماتودا في وعاء يحتوي على ٠,٠١٪ كلوريد زئبقيك لمدة دقيقتين. يُشطف المنخل بعد ذلك بما فيه من نيماتودا مرتين في ماء مقطر معقم. وأخيراً، يوضع المنخل بما فيه من نيماتودا في ماء معقم، ثم تسحب النيماتودا بماصة معقمة إلى ماء معقم في أنبوبة اختبار.

الخطوة الثالثة: التعقيم في كبريتات الاستربتومايسين: نبدأ في وضع النيماتودا في ٢مل ماء معقم في أنبوبة اختبار معقمة. يضاف إلى الأنبوبة ١ مل من محلول كبريتات الإستربتومايسين (٦٠٠٠ميكروجرام/مل) باستخدام ماصة معقمة. وبعد فترة تحضين مدتها ١٢ ساعة، يسحب معلق كبريتات الإستربتومايسين من راسب النيماتودا بواسطة ماصة معقمة، ويضاف بدلاً منه ماء معقم. ننتظر حتى ترسب النيماتودا إلى قاع الأنبوبة ثم يسحب المعلق ثانية. تكرر هذه الخطوة مرتين أو ثلاث مرات، مع تحضير محلول كبريتات إستربتومايسين جديد في كل مرة.

٣- التعقيم السطحي لأقراص الجزر: يستخدم الجزر السميك (الصنف "Nantes" على سبيل المثال) الطازج المحتوي على أوراقه. لا تستخدم أطباق بتري الزجاجية أو تلك المستخدمة في تقنية مزارع الأنسجة، وذلك كيلا تلتصق النيماتودا بجدر الطبق. تقطع أوراق الجزر ويتم إزالتها، ثم تغسل الجذور بماء الصنبور وتجفف باستخدام الورق النسيجي.

تحت غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي Under Laminar Flow: تغطس جذور الجزر أو ترش بكحول الإيثايل ٩٥٪ وتمرر على لهب حتى يحترق كحول الإيثايل ويسود لون أنسجة البشرة. بعد ذلك، وباستخدام مقشرة خضراوات معقمة بالتلهيب، يتم تقشير عدة طبقات من أنسجة البشرة. ويجب التأكد من تعقيم المقشرة بعد إزالة كل طبقة من أنسجة الجزر. تقطع بعد ذلك جذور الجزر إلى أقراص، ويوضع قرص أو قرصان من الجزر في كل طبق بتري. تغلق أطباق بتري باستخدام شرائط البارافيلم، وتوضع في صندوق بلاستيكي لحمايتها من الإصابة بالحلم Mites، ثم يوضع الصندوق البلاستيكي في حضان على درجة حرارة ٢٥ °م.

٤- تلقيح أقراص الجزر بالنيماتودا: يتم العمل تحت غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي Laminar flow، وتُستخدم أقراص الجزر مباشرة بعد إعدادها (قبل نمو البكتيريا والفطريات عليها). ويجب عدم استخدام أقراص جزر من مناطق مختلفة لتلقيحها بعشيرة واحدة من النيماتودا (وهذا من شأنه خفض مخاطرة التلوث بالبكتيريا والفطريات في الجزر). وللحصول على كثافة عددية عالية من النيماتودا، يستخدم أكثر من ٧٥ نيماتودا لتلقيح

قرص الجزر الواحد. أما عند الرغبة في تجديد المزارع Culture maintainence، فيلقح كل قرص بحوالى ٢٠ – ٥٠ نيماتودا. تستخدم ماصة معقمة في نقل قطرة واحدة من معلق النيماتودا المعقمة من أنبوبة الاختبار إلى طبق بتري معقم. ويجب الحرص على وضع النيماتودا على حواف أقراص الجزر وليس في منتصفها. وبعد التلقيح، تغلق أطباق بتري بواسطة شرائط البارافيلم، وتحضن في صندوق بلاستيك على درجة حرارة ٢٥ °م. يمكن أن تستخلص نيماتودا تقرح الجذور من أقراص الجزر سواء لاستخدامها في عمل مزارع جديدة من أقراص الجزر في المعمل بعد تعقيمها بكبريتات الإستربتومايسين كما سبق وصفه، أو لاستخدامها كلقاح لتجارب التقييم في الأصص في البيوت الزجاجية.

وحتى الآن، لم يتم تقرير فقد أنواع نيماتودا التقرح أو النيماتودا الحفارة المنماة على أقراص الجزر لقدرتها الإمراضية. ويبدو أن عشائر هذه النيماتودا يمكنها الحفاظ على كفاءتها التكاثرية.

البروتوكول الثاني: استخلاص نيماتودا تقرح الجذور من أقراص الجزر

Protocol 2: Extraction of root lesion nematodes from carrot discs

تستخدام مزارع أقراص الجزر فقط عندما يمكن رؤية أعداد كبيرة من النيماتودا على أطباق بتري أو على أقراص الجزر. وللحصول على النيماتودا من الطبق، تنقع محتويات طبق بتري في ماء مقطر، ثم يصب الماء المقطر على منخل قطر ثقوبه ٢٥ ميكروميتراً. وتشطف النيماتودا الموجودة على المنخل بماء الصنبور (لمنع نمو البكتيريا وخلافها)، ثم تجمع النيماتودا بواسطة ماء معقم في دورق. ولجمع النيماتودا من أقراص الجزر يمكن استخدام أي من تقنيات الاستخلاص السابق وصفها (انظر البروتوكول الأول)، وتستخدم النيماتودا المستخلصة أيضاً في عمل مزارع جديدة أو في تجارب تقييم الأصناف، أو مختلف التجارب.

التلقيح بالنيماتودا Nematode Inoculation

يمكن تلقيح النباتات بنيماتودا تقرح الجذور عن طريق تلويث التربة بالنيماتودا المتحصل عليها من مزارع أقراص الجزر أو من أية مصادر أخرى، أو بزراعة النباتات في تربة ملوثة طبيعياً بالنيماتودا. وفي تجارب البيوت الزجاجية، تلقح النباتات عادة بواسطة ١٠٠٠ – ٢٥٠٠ نيماتودا (تحتوي على أطوار حياتية مختلفة) لكل نبات. ومن الممكن أن نحصل على اللقاح النيماتودي من أقراص الجزر أو باستخلاصها من الجذور النباتية المصابة لنباتات نامية في حقول ملوثة بالنيماتودا.

البروتوكول الثالث: تلقيح النباتات Protocol 3: Inoculation of Plants

تستخلص النيماتودا من أقراص الجزر باستخدام (على سبيل المثال) طريقة التمزيق-المناخل (انظر البروتوكول الأول). تُشطف النيماتودا المتحصل عليها من المنخل ٢٥ ميكروميتراً في ماء مقطر في دورق ويضبط

obeikandl.com

حجم المعلق حسب المطلوب. يضخ الهواء في المعلق النيماتودي بواسطة ماصة أو يقلب باستخدام مقلب مغناطيسي، وذلك لتوزيع النيماتودا في المعلق وعدم ركودها في القاع. بعد ذلك تؤخذ عينة من المعلق لعدّ النيماتودا (البيض، واليرقات، والأطوار الكاملة). وتضبط كثافة اللقاح النيماتودي في المعلق بعد ذلك إلى حوالي ٣٠٠ – ١٠٠٠ نيماتودا/مل. وعند التلقيح، يتم عمل ثلاث حفرات في تربة الأصص حول قاعدة ساق النبات ويوزع اللقاح النيماتودي بواسطة ماصة على الحفرات الثلاث. وبعد إتمام التلقيح، تُغلق الحفر بالتربة. ويجب التأكد من درجة الرطوبة المناسبة للتربة قبل تلويثها بالنيماتودا، أو ري التربة رية خفيفة بعد عملية التلقيح.

تقييم صفة المقاومة أو التحمل Assessment of resistance and tolerance

الاختبارات خارج الأنسجة الحية *in vitro* screening

تتم اختبارات تقييم الأصناف لصفة المقاومة أو التحمل للنيماتودا الحفارة *Radopholus* أو نيماتودا التقرح *Pratylenchus* إما تحت الظروف الحقلية أو داخل البيوت الزجاجية، كما يمكن استخدام مزارع الأنسجة خارج النبات الحي *in vitro* كطريقة سريعة ومعقولة لتحديد صفة المقاومة تجاه هذه النيماتودا.

وفي حالة التجارب خارج الأنسجة الحية فإننا نحتاج إلى نيماتودا غير ملوثة. لذلك فإن كلا من نيماتودا التقرح، والنيماتودا الحفارة التي تُنمى على أقراص الجزر لا تكون خالية من التلوث مادام أن أقراص الجزر لم يتم تطهيرها إلا سطحياً فقط. كما أن التعقيم السطحي أيضاً للنيماتودا المستخلصة من هذه الأقراص بواسطة مادة كبريتات الإستربتومايسين لا يكون كافياً. ويعطي نسيج الكالس Callus tissue بديلاً جيداً للحصول على نيماتودا مطهرة. وقد ثبت أن كالس البرسيم الحجازي يعد مادة جيدة لاستزراع أفراد مطهرة من النيماتودا داخلية التطفل المهاجرة مثل: النيماتودا الحفارة *R. similis*، ونيماتودا التقرح *Pratylenchus* spp. (Myers *et al.*, 1965 ؛ Mitsui *et al.*, 1975 ؛ Elsen *et al.*, 2001). ويتطلب إنشاء مزارع كالس البرسيم الحجازي ثلاث خطوات هي: (١) إنتاج الكالس؛ (٢) تلقيح الكالس بالنيماتودا؛ (٣) استخلاص النيماتودا من الكالس.

١– إنتاج كالس البرسيم الحجازي: تُعقم بذور البرسيم الحجازي بنقعها لمدة ١٥ق في حامض الكبريتيك H_2SO_4 (٩٥ – ٩٧٪)، ثم شطفها أربع مرات متتالية في ماء مقطر معقم، ثم نقعها لمد ١٥ ق أخرى في كلوريد الزئبقيك $HgCl_2$ (١٠٠٠ميكروجرام/مل إيثانول ٣٠٪)، ثم شطفها أربع مرات في ماء مقطر معقم (Riedel and Foster, 1970). تنبت هذه البذور بعد ذلك على أطباق تحتوي على ١٪ آجار + ١٠ جم سكروز + ٢ جم مستخلص خميرة لكل لتر ماء معقم. وبعد الإنبات، تؤخذ البادرات ذات العمر أربعة أيام وتوضع على آجار مائل في أنابيب تحتوي على ١٤ مل من بيئة وايت السائلة White´s medium (White, 1963)، مع تحوير بسيط وهو إضافة

Obeikandl.com

٠,٢ ميكروجرام من مادة ألفا نفثالين حامض الخليك α-naphthalene acetic acid (α-NAA)، و٢ميكروجرام من مادة ٢، ٤-ثنائي كلوروفينوكسي حامض الخليك 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) وذلك لكل مل واحد من البيئة. وبعد حوالي سبعة إلى عشرة أيام من ذلك، ينقل نسيج الكالس إلى أطباق بتري تحتوي على نفس البيئة.

٢- تلقيح كالس البرسيم الحجازي بالنيماتودا: تُعقم نيماتودا التقرح المرباة على أقراص الجزر تعقيماً سطحياً في ٠,٠١٪ كلوريد زئبقيك لمدة دقيقتين، ثم تُشطف مرتين في ماء مقطر معقم. وبواسطة ماصة دقيقة معقمة، تنقل ٢٥ أنثى إلى نسيج كالس برسيم حجازي. تحضن أطباق بتري المحتوية على الكالس والنيماتودا بعد ذلك في الظلام على درجة حرارة ٢٨ °م. وبعد خمسة أسابيع، تبدأ النيماتودا في التحرك خارج نسيج الكالس. وللمحافظة على المزارع الأصل من نيماتودا تقرح الجذور المطهرة، يمكن عمل مزارع بنوية جديدة Subculture بنقل أجزاء صغيرة مطهرة من نسيج الكالس الملقح بالنيماتودا إلى نسيج كالس جديد مطهر أيضاً.

٣- استخلاص النيماتودا من كالس البرسيم الحجازي: لاستخلاص نيماتودا تقرح الجذور من أنسجة الكالس، يتم تقطيع نسيج الكالس في ماء مقطر على منخل قطر ثقوبه ٧٥ ميكروميتراً موضوع داخل إناء زجاجي معقم على شكل زجاجة الساعة. وفي خلال ٤٨ ساعة، تهاجر النيماتودا من نسيج الكالس مارة من خلال ثقوب المنخل إلى الماء في الإناء الزجاجي، ثم تجمع النيماتودا من الإناء لتستخدم في التلقيح. ويجب أن يتم كل ذلك تحت ظروف معقمة وعلى درجة حرارة الغرفة.

وبخلاف نسيج كالس البرسيم الحجازي، يمكن أيضاً تربية نيماتودا تقرح الجذور على نسيج كالس الموز (Brown and Vessey, 1985) ونسيج كالس أوراق الموالح (Inserra and O´Bannon, 1975)، ونسيج كالس البامية (Feder, 1958)، وعلى مزارع قطع الجذور (Huettel, 1990). هذا ولم يلاحظ كل من إلسن وآخرون؛ Elsen *et al.* (2001)، وهوجر Högger (1969) أية تغيرات في قدرة النيماتودا الحفارة على إصابة جذور الموز، أو نيماتودا تقرح الجذور في إصابة جذور البطاطس نتيجة لتربية هذه النيماتودا على مزارع كالس البرسيم الحجازي. وعلى عكس ذلك، أوضحت ستوفيلين Stoffelen (2000) أنه بعد تربية النيماتودا الحفارة *R. similis* على كالس الجزر فقدت هذه النيماتودا قدرتها في التكاثر على جذور الموز في التربة داخل الأصص.

ويتطلب تطوير اختبارات المقاومة تجاه النيماتودا خارج الأنسجة *in vitro* ثلاث خطوات رئيسية. وأول هذه الخطوات هي تربية كل من النبات والنيماتودا في ظروف مطهرة. وثانياً، إثبات قدرة النيماتودا على إصابة النباتات القابلة للإصابة والتكاثر عليها. وأخيراً، تأكيد صحة الاختبار عن طريق معرفة رد فعل نبات مقاوم قياسي من نفس النباتات المختبرة.

obeikandi.com

لوحظت اختلافات جوهرية في قدرة النيماتودا الحفارة *R. similis* على التكاثر خارجياً *in vitro* على أصناف مقاومة وأخرى قابلة للإصابة من الأنثوريوم *Anthurium*.

وجدت أيضاً اختلافات في مدى تضرر النباتات نتيجة للإصابة بالنيماتودا فيما بين الأصناف المتحملة والحساسة للإصابة. وبناءً على هذه النتائج، استخدمت هذه الطريقة بنجاح في تقييم صفة المقاومة أو التحمل للنيماتودا في ١٧ صنفاً من نبات الأنثوريوم *Anthurium* (Wang *et al.*, 1997). لوحظت كذلك اختلافات جوهرية في معدل تكاثر النيماتودا الحفارة *R. similis* خارجياً في المعمل *in vitro* على التراكيب الوراثية المقاومة والقابلة للإصابة من الموز *Musa* (De Waele, 1998).

ولاختبارات المقاومة خارج النبات الحي *in vitro* في المعمل عدة مميزات مقارنة باختبارات البيوت الزجاجية، وهي أنه من الممكن إجراؤها تحت ظروف متحكم بها. وإضافة إلى ذلك، تحتاج هذه الاختبارات إلى كميات صغيرة من اللقاح النيماتودي يمكن الحصول عليها مسبقاً حتى ولو بالتقليط اليدوي. كما أنها تحتاج إلى مساحة أقل، ووقت أقل للوصول إلى مرحلتي الحصاد والتقييم، ومن ثم يقل أيضاً الوقت اللازم للتجربة. إلا أن من عيوبها صعوبة استخلاص النيماتودا من البيئة، مما يستهلك وقتاً أكثر. أيضاً لا يمكن استخدام هذه الطريقة إلا في النباتات التي يمكنها التعبير عن صفة المقاومة للنيماتودا خارج النسيج الحي في المعمل، وهو أمر غير شائع بالضرورة في كل النباتات (Stoffelen, 2000 ؛ De Waele, 1998).

اختبارات البيت الزجاجي Glasshouse Screening

يعتمد حجم الأصص المستخدمة في تلك الاختبارات على نوع النباتات المراد اختبارها، وكذلك على كيفية زراعتها، والهدف من الاختبار. فعند الرغبة في البحث حول قدرة النيماتودا على التكاثر، أو رؤية الأعراض الظاهرية المبكرة مثل أعراض الموت الموضعي، فإنه يمكن الحصول على نتائج بعد ٢-٣ أشهر. وفي هذه الحالة يكفي استخدام أصص ذات قطر ١٥ سم. أما التربة المستخدمة فيجب أن تكون ممثلة لنوعية التربة التي تزرع فيها النباتات المختبرة في المنطقة. وأخيراً، يجب أن تكون المعدلات الرطوبية والسمادية عند الحد الأمثل لنمو النباتات المختبرة.

الاختبارات الحقلية Field Screening

عند إجراء الاختبارات الحقلية، يجب أخذ عينات من الموقع وفحصها لتحديد الأنواع والأجناس النيماتودية الموجودة. ونموذجياً، يجب اختيار موقع ملوث بالنوع النيماتودي المراد اختباره فقط، أو موقع ملوث بطيف من أنواع النيماتودا السائدة في المنطقة. كما يجب تحديد مستوى الكثافة العددية للنيماتودا بالموقع، وذلك بفحص عينات

تربة وجذور نباتية أيضاً للنباتات النامية فيه. وإذا كانت الكثافة العددية للنيماتودا في الموقع عالية بدرجة تكفي لبدء الاختبار، تتم الزراعة في الحال. أما إذا كانت تلك الكثافة منخفضة جداً، فإنه إما أن يزرع هذا الموقع بعائل جيد لتكاثر النوع النيماتودي المراد تقييمه فتزداد كثافته، أو تضاف كميات من الجذور المصابة (على هيئة قطع صغيرة) عند زراعة النباتات.

تقييم صفة المقاومة Evaluation of Resistance

ليس هناك اتفاق عام على مقياس معين يمكن استخدامه لتقدير الكثافة العددية لنيماتودا تقرح الجذور *Pratylenchus* spp. أو النيماتودا الحفارة *Radopholus* في الجذور. ولكن مقياس عدد النيماتودا/جم جذور طازجة قد تم استخدامه على نطاق واسع حتى في حالة اختلاف معدل نمو الجذور فيما بين التراكيب الوراثية المختلفة من النباتات. ومع ذلك، فإن اختيار المجموع الجذري بأكمله يبدو أنه المقياس الأكثر دقة، ولكنه ليس ممكناً دائماً، وخاصة تحت الظروف الحقلية. ولتفادي الأخطاء، يجب تقدير عدد النيماتودا في النبات (المجموع الجذري بأكمله) وأيضاً في كل جرام من الجذور الطازجة.

البروتوكول الرابع: تقدير النيماتودا داخلية التطفل المتجولة

Protocol 4: Estimation of Migratory Endoparasitic Nematodes

١– **تقدير الوزن الطازج للجذور:** تحرر النباتات من الأصص، وتغسل الجذور بماء الصنبور العادي، ثم تقطع إلى قطع صغيرة بطول ١سم وتوزن. بعد ذلك تؤخذ عينة من الجذور المقطعة، ويعتمد حجم هذه العينة على حجم المجموع الجذري نفسه (وبالنسبة للموز يكون دائماً ١٥ جم). ويمكن تخزين الجذور في الثلاجة حتى يحين وقت الفحص إذا كانت محفوظة في ماء مقطر.

٢– **استخلاص النيماتودا:** (انظر البروتوكول الأول).

٣– **تقدير الكثافة العددية النهائية للنيماتودا:** يتم تخفيف معلق النيماتودا باستخدام الماء المقطر في مخبار مدرج حتى حجم ٢٠٠ مل. بعد ذلك يتم ضخ الهواء في المعلق لتقليبه، أو يقلب باستخدام مقلب مغناطيسي، ثم تؤخذ عينة حجمها ٦ مل، ليتم فيها عدّ النيماتودا في طبق العدّ Counting dish، ثم يحسب العدد النهائي للنيماتودا في المعلق، ثم في النباتات، ثم في كل جرام من الجذور الطازجة للنبات.

يجب أن يتراوح عدد المكررات في اختبارات التقييم لصفة المقاومة أو التحمل بين ٨ و١٥ مكرراً. وللتغلب على التغيرات في الظروف البيئية، يجب أن توزع المكررات إما في تصميم عشوائي كامل، أو قطاعات عشوائية كاملة، أو قطع منشقة. يمكن أيضاً الاطلاع على إرشادات لتقييم مقاومة أو تحمل التراكيب الوراثية للموز لنيماتودا تقرح الجذور في المرجع Speijer and De Waele (1997).

obeikandi.com

المراجع

References

Afreh-Nuamah, K., Ahiekpor, E.K.S., Ortiz, R. and Ferris, R.S.B. (1996) Advanced *Musa* yield trial at the University of Ghana Agricultural Research Station, Kade. 2 Banana weevil and nematode resistance. In: Ortize, R. and Akoroda, M.O. (eds) *Plantain and Banana Production and Research in West and Central Africa. Proceedings of a Regional Workshop*, 23-27 September, 1995, Onne, Nigeria. IITA, Ibadan, Nigeria, pp. 133-135.

Alcañiz, E., Pinochet, J., Fernandez, C., Esmenjaud, D. and Felipe, A. (1996) Evaluation of *Prunus* rootstocks for root-lesion nematode resistance. *HortScience* 31, 1013-0116.

Anguiz, R. and Canto-Saenz, R. (1991) Reaction of sweet potato cultivars (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) to *Pratylenchus flakkensis* Seinhorst. *Nematropica* 21, 197-201.

Anon. (1994) Variety: Pelsart. Application no. 93/187. *Plant Varieties Journal* 7, 23.

Anon. (1997a) Variety: Kennedy syn QT6063. Application no. 96/209. *Plant Varieties Journal* 10, 46-48.

Anon. (1997b) Variety: Sturt syn QT6285. Application no. 96/208. *Plant Varieties Journal* 10, 50.

Anon. (1997c) Variety: Baxter syn QT625. Application no. 97/283. *Plant Varieties Journal* 10, 55-56.

Barnes, D.K., Thies, J.A., Rabas, D.L., Nelson, D.L. and Smith, D.M. (1990) Registration of two alfalfa germplasm with field resistance to the root-lesion nematode. *Crop Science* 30, 751-752.

Bernard, E.C. and Laughlin, C.W. (1976) Relative susceptibility of selected cultivars of potato to *Pratylenchus penetrans*. *Journal of Nematology* 8, 239-242.

Bernard, E.C. and Montgomery-Dee, M.E. (1993) Reproduction of plant-parasitic nematodes on winter rapeseed (*Brassica napus* spp. *oleifera*). *Journal of Nematology* 25, 863-868.

Bolton, C. and De Waele, D. 1989. Host suitability of commercial sunflower hybrids to *Pratylenchus zeae*. *Journal of Nematology* 21(S), 682-685.

Bos, L. and Parlevleit, J. (1995) Concepts and terminology on plant/pest relationships: Toward consensus in plant pathology and crop protection. *Annual Review of Phytopathology* 33, 69-102.

Brennan, P.S., Martin, D.J., Eisemann, R.L., Mason, L.R., Sheppard, J.A., Keys, P.J., Norries, R.G., Uebergang, R.W., The, D., Agius, P.J. and Fiske, M.L. (1994a) *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* (bread wheat) cv. Tasman. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 872.

Brennan, P.S., Martin, D.J., Eisemann, R.L., Mason, L.R., Sheppard, J.A., Keys, P.J., Norries, R.G., Uebergang, R.W., The, D., Agius, P.J. and Fiske, M.L. (1994b) *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* (bread wheat) cv. Houtman. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 859-860.

Brennan, P.S., Martin, D.J., Thompson, J.P., Mason, L.R., Sheppard, J.A., Keys, P.J., Uebergang, R.W., The, D., Agius, P.J., Fiske, M.L., Ross, J. and Clewett, T.G. (1994c) *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* (bread wheat) cv. Pelstar. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 853-854.

Bridge, J. Fogain, R. and Speijer, P. (1997) The root lesion nematodes of banana. *Musa Pest Fact Sheet No. 2*. INIBAP, Montpellier, France, 4 pp.

Bristow, P.R., Barritt, B.H. and Mcelroy, F.D. (1980) Reaction of raspberry clones to the root lesion nematode. *Acta Horticulture* 112, 39-34.

Brodie, B.B. and Plaisted, R.L. (1993) Resistance in potato to *Pratylenchus penetrans*. *Journal of Nematology* 25, 466-471.

Brown, S.M. and Vessey, J.C. (1985) Rearing of *Radopholus similis* on banana fruit callus. *Revue de Nématologie* 8, 179-190.

Café Filho, A.C. and Huang, C.S. (1989) Description of *Pratylenchus pseudofallax* n. sp. with a key to species of the genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (Nematoda Pratylenchidae). *Revue de Nématologie* 12, 7-15.

Castillo, P., Trapero-Casas, J.L. and Jimenez-Diaz, R.M. (1996) The effect of temperature on hatching and penetration chickpea roots by *Pratylenchus thornei*. *Plant Pathology* 45, 310-315.

Castillo, P., Vovlas, N. and Jimenez-Diaz, R.M. (1996) Pathogenicity and histopathology of *Pratylenchus thornei* populations on selected chickpea genotypes. *Plant Pathology* 47, 370-376.

Christie, B.R. and Townshend, J.L. (1992) Selection for resistance to the root-lesion nematode in alfalfa. *Canadian Journal of Plant Science* 72, 593-598.

Cook, R. and Evans, K. (1987) Resistance and tolerance. In: Brown, R.H. and Kerry, B. (eds) *Principles and Practice of Nematode Control in Crops*. Academic Press, Orlando, Florida, pp. 179-231.

Coolen, W.A. and D'Herde, C.J. (1972) *A Method for the Quantitative Extraction of Nematodes from Plant Tissue*. Ghent State Agriculture Research centre, Merelbeke, Belgium, 77 pp.

Corbett, D.C.M. (1973) *Pratylenchus penetrans. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 2, No. 25, 4 pp.

Corbett, D.C.M. (1974) *Pratylenchus vulnus. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 3, No. 37, 3 pp.

Corbett, D.C.M. (1976) *Pratylenchus brachyurus. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 6, No. 89, 4 pp.

Cox, T.S., Raupp, W.J., Wilson, D.L., Gill, B.S., Leath, S., Bockus, W.W. and Browder, L.E. (1992) Resistance to foliar diseases in a collection of *Triticum tauschii* germ plasm. *Plant Disease* 76, 1061-1064.

Crossa-Rayanaud, P. and Audergon, J.M. (1987) Apricot rootstocks. In: Rom, R.C. and Carlson, R.F. (eds) *Rootstocks for Fruit Crops*. Johan Wiley & Sons, New York, pp. 295-320.

Culver, D.J., Ramming, D.W. and McKenry, M.V. (1989) Procedures for field and greenhouse of *Prunus* genotype for resistance and tolerance to root lesion nematode. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114, 30-35.

Dale, A. and Potter, J. (1998) Strawberry cultivars vary in their resistance to northern lesion nematode. *Journal of Nematology* 30 (5), 577-580.

Da Silva, G.S., Ferraz, S., Dos Santos, J.M. and Da Silva Soares, G. (1989) Resistance to *Crotalaria* species to *Pratylenchus brachyurus* and *P. zeae*. *Nematologia Brasileria* 13, 81-86.

Davis, J.R., Hafez, S.L. and Soressen, L.H. (1992) Lesion nematode suppression with the Butte potato and relationships to Verticillium wilt. *American Potato Journal* 69, 371-383.

De Maeseneer, J. and D'Herde, C.J. (1963) Méthodes utilisées pour l'etude des anguillules libres du sol. *Revue Agriculture, Bruxelles* 16, 441-447.

De Waele, D. (1996) Plant resistance to nematodes in other crops: relevant research that may be applicable to *Musa*. In: Frison, E.A., Horry, J.P. and De Waele, D. (eds) *Proceedings of the Workshop on New Frontiers in Resistance Breeding for Nematode, Fusarium and Sigatoka*, 2-5 October, 1995, Kuala Lumpur, Malaysia. INIBAP, Montepellier, France, pp. 108-115.

De Waele, D. (1998) Identification of the nematode resistance sources in banana and plantain by induced mutations. *Report of the Second Research Co-ordination Meeting of FAO/IAEA/BADC Co-ordinated Research Project on 'Cellular Biology and Biotechnology including mutation Techniques of Creation of New Useful Banana Genotypes*', 13-17 October, 1997, Kuala Lumpur, Malaysia. IAEA, Vienna, Austria, pp. 79-83.

Dinardo-Miranda, L.L., Ferraz, L.C.C.B. (1991) Pathogenicity of *Pratylenchus brachyurus* and *P. zeae* to two sugarcane varieties (*Saccharum* sp.). *Nematologia Brasileira* 15, 9-16.

Dinardo-Miranda, L.L., Morelli, J.L., De, Landell, M.G.A. and De Silva, M.A. (1996) Reaction of sugarcane genotypes in relation to *Pratylenchus zeae* parasitism. *Nematologia Brasileira* 20, 52-58.

Ducharme, E.P. and Birchfield, W. (1956) Physiological races of the burrowing nematode. *Phytopathlogy* 46, 615-616.

Duncan, L.W., Inserra, R.N., Thomas, K.H., Dunn, D., Mustika, I., Frisse, L.M., Mendes, M.L., Morris, K. and Kaplan, D.T. (1999) Molecular and morphological analysis of isolates of *Pratylenchus coffeae* and closely related species. *Nematropica* 29, 61-80.

Ellison, F.W., Brown, G.N., Mares, D.J., Moore, S.G. and Brien, L. (1995) Register of Australian winter cereal cultivars. *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* (bread wheat) cv. Sunvale. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35, 416.

Elsen, A., Lens, K., Nguyet, D.T.M., Broos, S., Stoffelen, R. and De Waele, D. (2001) Development of aseptic culture systems of *Radopholus similis* for *in vitro* host-pathogen studies. *Journal of Nematology* 33 (2), (in press).

Fallas, G.A. and Sarah, J.L. (1994) Effect of storage temperature on the *in vitro* reproduction *Radopholus similis*. *Nematropica* 24, 175-177.

Fallas, G.A. and Sarah, J.L. (1995) Effect of temperature on the *in vitro* multiplication of seven *Radopholus similis* isolates from different banana producing zones of the world. *Fundamental and Applied Nematology* 18, 445-449.

Fallas, G.A., Sarah, J.L. and Fargette, M. (1995) Reproductive fitness and pathogenicity of eight *Radopholus similis* isolates on banana plants (*Musa* AAA cv Poyo). *Nematropica* 25, 135-141.

Fallas, G.A., Hahn, M.L., Fargette, M., Burrows, P.R. and Sarah, J.L. (1996) Molecular and biochemical diversity among isolates of *Radopholus* spp. from different areas of the world. *Journal of Nematology* 28, 422-430.

Farsi, M., Vanstone, V.A., Fisher, J.M. and Rathjen, A.J. (1965) Genetic variation in resistance to *Pratylenchus neglectus* in wheat and triticales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35, 597-602.

Feder, W.A. (1958) Aseptic culture of the burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb) Thorne on excised okra root tissue. *Phytopathlogy* 48, 392-393.

Ferraz, L.C.C.B. (1996) Reaction of soybean cultivars to *Pratylenchus brachyurus*. *Nematologia Brasileira* 20, 22-31.

Ferraz, L.C.C.B., Monteiro, A.R., Inomoto, M.M. and Barbosa-Ferraz, L.C.C. (1989) Reaction of Barbados cherry to seven phytonematode species in Brazil. *Nematologia Brasileira* 13, 39-49.

Florini, D.A., Loria, R. and Kotcon, J.B. (1987) Influence of edaphic factors and previous crop on *Pratylenchus* spp. population densities in potato. *Journal of Nematology* 19, 85-92.

Fogain, R. (1996) Screenhouse evaluation of *Musa* for susceptibility to *Radopholus similis*: evaluation of plantains AAB and diploid AA, AB and BB. In; Frison, E.A., Horry, J.P. and De Waele, D. (eds) *Proceedings of the Workshop on New Frontiers in Resistance Breeding for nematode, Fusarium and Sigatoka*, 2-5 October, 1995, Kuala Lumpur, Malaysia. INIBAP, Montepellier, France, pp. 79-86.

Fogain, R. and Gowen, S.R. (1995) Pathogenicity on maize and banana among isolates of *Radopholus similis* from four Producing countries of Africa and Asia. *Fruits* 50, 5-9.

Fogain, R. and Gowen, S.R. (1998) Yangambi km 5 (*Musa* AAA, Ibota subgroup) a possible source to *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*. *Fundamental and Applied Nematology* 21, 75-80.

Fortuner, R. (1976) *Pratylenchus zeae*. *C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 6, No. 7, 3 pp.

Fortuner, R. (1977) *Pratylenchus thornei*. *C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 7, No. 33, 3 pp.

France, R.A. and Brodie, B.B. (1995) Differentiation of two New York isolates of *Pratylenchus penetrans* based on their reaction on potato. *Journal of Nematology* 27, 339-345.

France, R.A. and Brodie, B.B. (1996) Characterization of *Pratylenchus penetrans* from ten geographically isolated populations based on their reaction on Potato. *Journal of Nematology* 28, 520-526.

Griffin, G.D. (1991) Differential pathogenicity of four *Pratylenchus neglectus* on alfalfa. *Journal of Nematology* 23, 380-385.

Griffin, G.D. and Gray, F.A. (1990) Biology and pathogenicity of *Pratylenchus neglectus* on alfalfa. *Journal of Nematology* 22, 546-551.

Hafez, S.L., Al-Rehiayani, S., Thornton, M. and Sundararaj, P. (1999) Differentiation of two geographically isolated populations of *Pratylenchus neglectus* based on their parasitism of potato interaction with *Verticillium dahliae*. *Nematropica* 29, 25-36.

Hahn, M.L., Burrows, P.R., Gnanapargasam, N.C., Bridge, J., Vines, N.J. and Wright, D.J. (1994) Molecular diversity amongst *Radopholus similis* populations for Sri Lanka detected by RAPD analysis. *Fundamental and Applied Nematology* 17, 275-281.

Hahn, M.L., Sarah, J.L., Boisseau, M., Vines, N.J., Wright, D.J. and Burrows, P.R. (1996) Reproductive fitness and pathogenicity of selected *Radopholus* populations on banana cultivars. *Plant Pathology* 45, 223-231.

Handoo, Z.A. and Golden, A.M. (1989) A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936. *Journal of Nematology* 21, 202-218.

Högger, C.H. (1969) Comparison of the penetration of potato roots by *Pratylenchus penetrans* grown in tissue cultures and from field populations. *Journal of Nematology* 1, 10.

Huettel, R.N. (1990) Monoxenic culturing of Plant-parasitic nematodes using carrot discs, callus tissue, and root-explants. In: Zuckerman, B.M., Mai, W.F. and Krusberg, L.R. (eds) *Plant Nematology Laboratory Manual*. University of Massachusetts Agricultural Experimental Station, Amherst, Massachusetts, pp. 163-172.

Huettel, R.N. and Dickson, D.W. (1981) Pathogenesis in the two races of *Radopholus similis* from Florida. *Journal of Nematology* 13, 13-15.

Huettel, R.N. and Yaegashi, T. (1988) Morphological differences between *Radopholus citrophilus* and *R. similis*. *Journal of Nematology* 20, 150-157.

Huettel, R.N., Dickson, D.W. and Kaplan, D.T. (1982) Sex attraction and behavior in two races of *Radopholus similis*. *Nematologia* 28, 360-369.

Huettel, R.N., Dickson, D.W. and Kaplan, D.T. (1983a) Biochemical identification of the two races of *Radopholus similis* by polyacrylamide gel electrophoresis. *Journal of Nematology* 15, 345-348.

Huettel, R.N., Dickson, D.W. and Kaplan, D.T. (1983b) Biochemical identification of the two races of *Radopholus similis* by starch gel electrophoresis. *Journal of Nematology* 15, 338-344.

Huettel, R.N., Dickson, D.W. and Kaplan, D.T. (1984a) Chromosome number of populations of *Radopholus similis* from North, Central and South America, Hawaii, and Indonesia. *Revue de Nématologie* 7, 113-116.

Huettel, R.N., Dickson, D.W. and Kaplan, D.T. (1984b) *Radopholus citrophilus* sp.n. (Nematoda), a sibling species of *Radopholus similis. Proceedings of the Helminthological Society* 51, 32-35.

Inomoto, M.M., Oliveira, G.M.G., Mazzafera, P. and Goncalves, W. (1998) Effect of *Pratylenchus brachyurus* and *P. coffeae* on seedlings of *Coffea arabica*. *Journal of Nematology* 30, 362-367.

Inserra, R.N. and O'Bannon, J.H. (1975) Rearing migratory endoparasitic nematodes in citrus callus and roots produced from citrus leaves. *Journal of Nematology* 7, 261-263.

Kaplan, D.T. (1990) Screening for resistance to *Tylenchulus semipenetrans* and *Radopholus* species. In: Starr, J.L., (ed.) *Methods for Evaluating Plant Species for Resistance to Plant-parasitic Nematode*. The Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland, pp. 51-57.

Kaplan, D.T. (1994) Molecular characterization of the burrowing nematode sibling species, *Radopholus citrophilus* and *R. similis*. In: Lamberti, F., De Georgi, G. and Bird, McK.D. (eds) *Advances in Molecular Plant Nematology*. Plenum Press, New York, pp. 77-83.

Kaplan, D.T. (1999) Molecular, genetic, and biological characterization of *citrus* parasitism and phylogeny in the burrowing nematode. *Nematropica* 29, 124.

Kaplan, D.T. and Opperman, C.H. (1997) Genome similarity implies that citrus-parasitic burrowing nematodes do not represent a unique species. *Journal of Nematology* 29, 430-440.

Kaplan, D.T., Vanderspool, M.C., Garrett, C., Chang, S. and Opperman, C.H. (1996) Molecular polymorphisms associated with host range in the highly conserved genomes of the burrowing nematodes, *Radopholus* spp. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 9, 32-38.

Kaplan, D.T., Vanderspool, M.C. and Opperman, C.H. (1997) Sequence Tag site and host range assays demonstrate that *Radopholus similis* and *R. citrophilus* are not reproductively isolated. *Journal of Nematology* 29, 421-429.

Layne, R.E. (1987) Peach rootstocks. In: Rom, R.C. and Carlson, R.F. (eds). *Rootstocks of Fruit Crops*. John Wiley & Sons, New Yourk, pp. 385-416.

Ledbetter, C.L. (1994) Technique for screening *Prunus* rootstocks for resistance to *Pratylenchus vulnus*. In: Nyczepir, A.P., Beertand, P.F. and Beckman, T.G. (eds) *Stone Fruit Tree Decline. Sixth Workshop Proceedings. New Insights and Alternative management Strategies*, 26-28 October, 1992, Fort Valley, Georgia. Us Dept. Agric., Agric. Res. Serv., ARS-122, pp. 34-36.

Ledbetter, C.L. and Shonnard, R. (1991) Evaluation of *Prunus* germplasm for resistance to lesion nematode (*Pratylenchus vulnus*). *HortScience* 26, 709.

Loof, P.A.A. (1978) *The Genus Pratylenchus filipjev, 1936 (Nematoda: Pratylenchidae): a Review of its Anatomy, Morphology, Distribution, Systematics and Identification*. Vaxskyddsrapporter, Jordbruk 5, Uppsala, Swedan.

Machon, J.E. and Hunt, D.J. (1985) *Pratylenchus goodeyi. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 8, No. 120, 2 pp.

Mamiya, Y. (1971) Effect of temperature on the life cycle of *Pratylenchus penetrans* on *Cryptomeria* seedlings and observations on its reproduction. *Nematropiac* 17, 82-92.

Marull, J. and Pinochet, J. (1991) Host suitability of *Prunus* rootstocks to four *Meloidogyne* species and *Pratylenchus vulnus* in Spain. *Nematropica* 21, 185-195.

Marull, J., Pinochet, J. and Verdejo, S. (1990) Respuesta de cinco cultivares de almendro a cuatro especies de neamtodos lesionadores en Espana. *Nematropica* 20, 143-151.

Mateille, T. (1992) Comparative development of three banana-parasitic nematodes on *Musa acuminata* (AAA group) cvs Poyo and Gros Michel vitro-palnts. *Nematologica* 38, 203-216.

Mateille, T. (1994) Comparative host tissue reactions of *Musa acuminata* (AAA group) cvs Poyo and Gros Michel roots to three banana-parasitic nematodes. *Annals of Applied Biology* 124, 65-73.

McFadden-Smith, W., Miles, N.W., Potter, J.W. and Monet, R. (1998) Greenhouse evaluation of *Prunus* rootstocks for resistance or tolerance to the root lesion nematode (*Pratylenchus penetrans*). *Proceedings of the Fourth International Peach Symposium*, 22-26 June, 1997, Bordeaux, France. *Acta Horticulturae* 465, 723-729.

Mehta, U.K., Natesan, N. and Sundararaj, P. (1994) Screening of sugarcane cultivars to *Pratylenchus zeae* for commercial release. *Afro-Asian Journal of Nematology* 4, 109-111.

Mitsui, Y., Yokozawa, R. and Ichinohe, M. (1975) Effect of temperature and pH on the propagation of *Pratylenchus* culturing with alfalfa callus tissues. *Japanese Journal of Nematology* 5, 48-55.

Mizukubo, T. (1992) Morphological and statistical differentiation of *Pratylenchus coffeae* complex in Japan (Nematoda: Pratylenchidae). *Applied Entomology and Zoology* 27, 213-224.

Mizukubo, T. (1995) Evidance for *Pratylenchus coffeae* races in differential reproduction on fifteen cultivars (Nematoda: Pratylenchidae). *Japanese Journal of Nematology* 25, 85-93.

Mizukubo, T. and Adachi, H. (1997) Effect of temperature on *Pratylenchus penetrans* development. *Journal of Nematology* 29, 306-314.

Moody, E.H., Lownsberry, B.F. and Ahmed, J.M. (1973) Culture of the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* on carrot disks. *Journal of Nematology* 5, 225-226.

Myers, R.F., Feder, W.A. and Hutchins, P.C. (1965) The rearing of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne on grapefruit, okra, and alfalfa root callus tissue. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 32, 94-95.

Nelson, D.L., Barnes, D.K. and MacDonald, D.H. (1985) Field and growth chamber evaluations for root-lesion nematode resistance in alfalfa. *Crop Science* 25, 35-39.

Nombela, G. and Romero, D. (1999) Host response to *Pratylenchus thornei* of a wheat line carrying the *Cre2* gene for resistance to *Heterodera avenae*. *Nematology* 1, 381-388.

Norton, D.C. (1989) Host efficiencies of *Zea diploperennis* and *Z. perennis* for *Pratylenchus* spp. *Journal of Nematology* 21, 547-548.

Novaretti, W.R.T., Carderan, J.O., Carpanezi, A. and Rodrigues, G.C.S. (1988) Reaction of three sugarcane varieties to the lesion nematode *Pratylenchus zeae* Graham, 1951. *Nematologia Brasileira* 12, 110-120.

O'Bannon, J.H. and Taylor, A.L. (1968) Migratory endoparasitic nematodes reared on carrot discs. *Phytopathology* 58, 385.

Okie, R.W. (1987) Plum rootstocks. In: Rom, R.C. and Carlson, A.F. (eds) *Root-stocks for Fruit Crops*. John Wiley & Sons, New York, pp. 321-360.

Oliveira, C.M.G., Monteiro, A.R., Antedomenico, S.R. and Inomoto, M.M. (1999) Host reaction of *Coffea* spp. to *Pratylenchus brachyurus*. *Nematropica* 29, 241-244.

Olowe, T. and Corbett, D.C.M. (1976) Aspects of the biology of *Pratylenchus brachyurus* and *P. zeae*. *Nematologica* 22, 202-211.

Olthof, T.H.A. (1968) Races of *Pratylenchus penetrans* and their effect on black root rot resistance. *Nematologica* 14, 482-488.

Olthof, T.H.A. (1986) Reaction of six *Solanum tuberosum* cultivars to *Pratylenchus penetrans*. *Journal of Nematology* 19, 424-430.

Orton Williams, K.J. and Siddiqi, M.R. (1973) *Radopholus similis*. *C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 2, No. 27, 4 pp.

Payan, L.A. and Dickson, D.W. (1990) Comparison of populations of *Pratylenchus brachyurus* based on isozyme phenotypes. *Journal of Nematology* 22, 538-545.

Pinochet, J. (1979) Comparison of four isolates of *Radopholus similis* from Central America on Valery bananas. *Nematropica* 9, 40-43.

Pinochet, J. (1988a) Comments on the difficulty in breeding bananas and plantains for resistance to nematodes. *Revue de Nématologie* 11, 3-5.

Pinochet, J. (1988b) Nematode problems in *Musa* spp.: pathotypes of *R. similis* and breeding for resistance. *Proceedings of a Workshop on Nematodes and* the *Borer Weevil in Bananas. Present Status of Research and Outlook*. 7-11 December, 1987, Bujumbura, Burundi. INIBAP, Montpellier, France, pp. 66-70.

Pinochet, J. (1998) A review of banana attacking nematodes in the subtropics with emphasis on *Pratylenchus goodeyi* in the canary Island. In: Galan Sauco, V. (ed.) *International Symposium on Banana in the Subtropics*, 10-14 November, 1997, Puerto de Cruz, Tenerife, Spain. *Acta Horticulturae* 490, 353-359.

Pinochet, J. and Rowe, P.R. (1979) Progress in breeding for resistance to *Radopholus similis* on bananas. *Nematropica* 9, 76-78.

Pinochet, J., Verdejo, S., Soler, A. and Canals, J. (1992) Host range of the lesion nematode *Pratylenchus vulnus* in commercial fruit, nut tree, citrus and grape rootstocks in Spain. *Journal of Nematology* 24, 693-698.

Pinochet, J., Marull, J., Rodriguze-Kabana, R., Felipe, A. and Fernandez, C. (1993) Pathogenicity of *Pratylenchus vulnus* on plum rootstocks. *Fundamental and Applied Nematology* 16, 375-380.

Pinochet, J., Cenis, J.L., Fernandez, C., Doucet, M. and Marull, J. (1994) Reproductive fitness and random amplified polymorphic DNA variation among isolates of *Pratylenchus vulnus*. *Journal of Nematology* 26, 271-277.

Pinochet, J., Fernandez, C. and Sarah, J.L. (1995) Influence of temperature on *in vitro* reproduction of *Pratylenchus coffeae*, *P. goodeyi* and *Radopholus similis*. *Fundamental and Applied Nematology* 18, 391-392.

Pinochet, J., Angles, M., Dalmau, E., Fernandez, C. and Felipe, A. (1996) *Prunus* rootstock evaluation to root-knot and lesion nematodes in Spain. *Journal of Nematology* 28 (S), 616-623.

Pinochet, J., Jaizme, M.C., Fernandez, C., Jaumot, M. and De Waele, D. (1998) Screening bananas for root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) and lesion nematode (*Pratylenchus goodeyi*) resistance for the Canary Island. *Fundamental and Applied Nematology* 21, 17-23.

Plowright, R.A., Matias, D., Aung, T. and Mew, T.W. (1990) The effect of *Pratylenchus zeae* on the growth and yield of upland rice. *Revue de Nématologie* 13, 283-291.

Pohl, R.W. and Albertsen, M.C. (1981) Interspecific hybrids of *Zea mays* and *Z. diploperennis*. *Iowa State Journal de Research* 55, 257-259.

Potter, J.W. and Dale, A. (1994) Wild and cultivated strawberries can tolerate or resist root-lesion nematode. *HortScience* 29, 1074-1077.

Potter, J.W., Dirks, V.A., Johnson, P.W., Olthof, T.H.A., Layne, R.E.C. and McDonnell, M.M. (1984) Response of peach seedlings to infection by root-lesion *Pratylenchus penetrans* under controlled conditions. *Journal of Nematology* 16, 317-322.

Price, N.S. (1994a) Field trial evaluation of *Musa* varieties and of other crops as hosts of *Pratylenchus goodeyi* in Cameroon. *Afro-Asian Journal of Nematology* 4, 11-16.

Price, N.S. 1994b. Field trial evaluation of nematode susceptibility within *Musa*. *Fundamental and Applied Nematology* 17, 391-396.

Price, N.S. and McLaren, C.G. (1996) Techniques for field screening of *Musa* germplasm. In: Frison, E.A., Horry, J.P. and De Waele, D. (eds) *Proceedings of the Workshop on New Fontiers in Resistance Breeding for Nematode, Fusarium and Sigatoka*, 2-5 October, 1995, Kuala Lumpur, Malaysia. INIBAP, Montpellier, France, pp. 87-107.

Qing-Yu, Potter, J.W. and Qing-Y. (1998) Population development of *Pratylenchus penetrans* in sweet corn cultivars under controlled conditions. *Canadian Journal of Plant Science* 78, 703-706.

Ramsdell, D.C., Bird, G.W., Warner, F.W., Davenport, J.F., Diamond, C.J. and Gillett, J.M. (1996) Field pathogenicity studies of four species of plant-parasitic nematodes on French-American hybrid grapevine cultivars in Michigan. *Plant Disease* 80, 334-338.

Rich, J.R., Keen, N.T. and Thomason, I.J. (1997) Association of coumestans with hypersensitivity of Lima bean root to *Pratylenchus scribneri*. *Physiological Plant Pathology* 10, 105-116.

Riedel, R.M. and Foster, J.G. (1970) Monoxenic culture of *Ditylenchus dipsaci* and *Pratylenchus penetrans* with modified Krusberg's and White's medium. *Plant Disease Reporter* 54, 215-254.

Roberts, P.A. (1992) Current status of the availability, development and use of host plant resistance to nematodes. *Journal of Nematolgy* 24, 213-227.

Rowe, P. and Rosales, F. (1993) Diploid breeding at FHIA and the development of Goldfinger (FHIA-01). *InfoMusa* 2, 9-11.

Sarah, J.L., Balvignae, F., Sabatini, C. and Boisseau, M. (1992) Une méthode de laboratoire pour le criblage variétal des bananiers vis-à-vis de la résistance aux nématodes. *Fruit* 47, 559-564.

Sarah, J.L., Sabatini, C. and Boisseau, M. (1993) Differences in pathogenicity to banana (*Musa* sp., cv. Poyo) among isolates of *Radopholus similis* from different production areas of the world. *Nematropica* 23, 75-79.

Sarr, E. and Baujard, P. (1988) Sensibilité de trois variétés de niébe (*Vigna unguiculata*) aux nematodes dans la zone Sahelienne du Senegal. *Revue de Nématologie* 11, 451-452.

Sato, H., Shimizu, N., Nakagawa, H. and Nakajima, K. (1990) A new registered cultivar 'Natsukaze' of guineagrass. *Japan Agricultural Research Quarterly* 23, 196-201.

Sawazaki, E., Lordello, A.L.L. and Lordello, R.R.A. (1987) Inheritance of corn resistance to *Pratylenchus* spp. *Bragantia* 46, 27-33.

Schneider, J.H.M., s'Jacob, J.J. and Van De Pol, P.A. (1995) *Rosa multiflora* ludiek, a resistant rootstock with resistant features to the root lesion nematode *Pratylenchus vulnus*. *Scientia Horticulturae* 63, 37-45.

Scotto La Massese. (1975) Tests d'hôtes de quelques porte-greffe et variétés fruitiéres á l'égard de *Pratylenchus vulnus* Allen et Jensen. *Comptes rendus de L'Academie Agronomique de France* 61, 1088-1095.

Seinhorst, J.W. (1950) De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door het stengelaaltje *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev. *Tijdschrift voorPlantenziekten* 56, 289-348.

Seinhorst, J.W. (1959) A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica* 4, 67-69.

Seinhorst, J.W. (1966) Killing nematodes for taxonomic studies with hot F.A. 4:1. *Nematologica* 12, 178.

Siddiqi, M.R. (1972) *Pratylenchus coffeae*. *C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 1, No. 6, 3 pp.

Sidhu, G.S. and Webster. J.M. (1981) The genetics of plant-nematode parasitic systems. *Botanical Review* 47, 387-419.

Simeone, A.M., Nicotra, A. and Di Vito, M. (1995) Susceptibility of progenies of *Actinidia deliciosa*, *A. chinensis* and *A. arguta* to four species of *Meloidogyne* and *Pratylenchus vulnus*. *Nematologia Mediterranea* 23 (Suppl.), 85-89.

Smith, O.D., Boswell, T.E. and Thames, W.H. (1978) Lesion nematode resistance in peanuts. *Crop Science* 18, 1008, 1011.

Sosamma, V.K., Koshy, P.K. and Bhaskara Rao, E.V.V. (1988). Response of coconut cultivars to the burrowing nematode, *Radopholus similis*. *Indian Journal of Nematology* 18, 136-137.

Speijer, P.R. and Bosch, C.H. (1996). Susceptibility of *Musa* cultivars to nematodes in Kagera Region, Tanzania. *Fruit* 51, 217-222.

Speijer, P.R. and De Waele, D. (1997) Screening of *Musa* germplasm for resistance and tolerance to nematodes. *INIBAP Technical Guidelines 1,* INIBAP, Montpellier, France, 47 pp.

Speijer, P.R., Boonen, E., Vuylsteke, D., Swennen, R.L. and De Waele, D. (1999) Nematode reproduction and damage to *Musa* sword suckers and sword suckers derived plants. *Nematropica* 29, 193-203.

Stalin, N., Esmenjaud, D., Minot, J.C., Voisin, R. and Pinochet, J. (1994) Comparative host suitability to *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus vulnus* in Myroblam plum genotypes (*Prunus cerasifera* Ehr). *Nemtologica* 41, 344.

Stalin, N., Salesses, G., Pinochet, J., Minot, J.C., Voisin, R. and Esmenjaud, D. (1998) Comparative host suitability to *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus vulnus* in Myroblan plum genotypes (*Prunus cerasifera*). *Plant Pathology* 47, 211-215.

Stoffelen, R. (2000). Early screening of *Eumusa* and *Australimusa* bananas against root-lesion and root-knot nematodes. Ph. D. Thesis. Catholic University, leuven, Belgium.

Stoffelen, R., Jimenez, M.I., Dierckxsens, C., Tam, V.T.T., Swennen, R. and De Waele, D. (1999a) Effect of time and inoculum density on the reproductive fitness of *Pratylenchus coffeae* and *Radopholus similis* populations on carrot disks. *Nematology* 1, 243-250.

Stoffelen, R., Verlinden, R., Xuyen, N.T., Swennen, R. and De Waele, D. (1999b) Screening of Papua New Guinea bananas to root-lesion and root-knot nematodes. *InfoMusa* 8, 12-15.

Stoffelen, R., Verlinden, R., Pinochet, J., Swennen, R.L. and De Waele, D. (2000a) Host plant response of *Fusarium* wilt resistant *Musa* genotypes to *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*. *International Journal of Pest Management* 46, 289-293.

Stoffelen, R., Verlinden, R., Xuyen, N.T., Swennen, R. and De Waele, D. (2000b) Host plant response of *Eumusa* and *Australimusa* bananas (*Musa* spp.) to migratory and root-knot nematodes. *Nematology* 2, 907-916.

Stover, R.H. (1972) *Banana, Plantain and Abaca Diseases*. Commonweath Mycological Institute, Kew, UK.

Sundararaju, P. and Koshy, P.K. (1988) Screening of arecanut cultivars and hybrids for resistance to *Radopholus similis*. *Indian Journal of Nematology* 18, 376-378.

Tarte, R., Pinochet, J., Gabrielli, C, and Ventura, O. (1981) Differences in population increase, host preference and frequencies of morphological variants among isolates of the banana race of *Radopholus similis*. *Nematropica* 11, 43-52.

Tarumoto, I., Shiga, T., Sakamoto, S., Ando, T., Ishikawa, H., Kato, S., Takemata, T., Umehara, M. and katayama, K. (1990) New sweet potato cultivar 'Fusabeni'. *Bulletin of the National agriculture Research Centre* 19, 17-37.

Thies, J.A., Basigalup, D. and Barnes, D.K. (1994) Inheritance of resistance to *Pratylenchus penetrans* in alfalfa. *Journal of Nematology* 26, 452-459.

Thompson, J.P. and Haak, M.I. (1997) Resistance to root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) in *Aegilops tauschii* Coss, the D-genome donor to wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 48, 553-559.

Tiwari, S.P., Vedhera, I., Shuka, B.N. and Bhatt, J. (1992) Studies on the pathogenicity and relative reactions of chickpea lines to *Pratylenchus thornei* (Filipjev, 1936) Sher and Allen, 1953. *Indian Journal of Mycology and Plant Pathology* 22, 255-259.

Toruan-Mathius, N., Pancoro, A., Sudarmadji, D., Mawardi, S. and Hutubarat, T. (1995) Root characteristics and molecular polymorphisms associated with resistance to *Pratylenchus coffeae* in Robusta coffee. *Menara-Perkebunan* 63, 43-51.

Townshend, J.L. (1989) Population densities of four species of root-lesion nematode (*Partylenchus*) in oat cultivars, Saia and OAC Woodstock. *Canadian Journal of Plant Sciences* 69, 903-905.

Townshend, J.L. and Anderson, R.V. (1976) *Pratylenchus neglectus. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 6, No. 82, 4 pp.

Townshend, J.L. and Baenziger, H. (1977) Evidence of Resistance to root-lesion nematode in alfalfa clones. *Canadian Journal of Plant Sciences* 56, 977-979.

Valette, C., Nicole, M., Sarah, J.L., Boisseau, M., Boher, B., Fargette, M. and Geiger, J.P. (1997) Ultrastructure and cytochemistry of interactions between banana and the nematode *Radopholus similis. Fundamental and Applied Nematology* 20, 65-77.

Valette, C., Mounport, D., Nicole, M., Sarah, J.L. Baujard, P. (1998) Scanning electron microscope study of two African populations of *Radopholus similis* (Nematoda: Partylenchidae) and proposal of *R. citrophilus* as a junior synonym of *R. similis*. *Fundamental and Applied Nematology* 21, 139-146.

Vanstone, V.A., Rathjen, A.J., Ware, A.H. and Wheeler, R.D. (1998) Relationship between root lesion nematodes (*Pratylenchus neglectus* and *P. thornei*) and performance of wheat varieties. *American Journal of Experimental Agriculture* 38, 181-188.

Verdejo-Lucas, S. and Pinochet, J. (1992) Population densities of five migratory endoparasitic nematodes in carrot disk cultures. *Journal of Nematology* 24, 96-98.

Viaene, N., Dueñas, J. and De Waele, D. (1997) Pot Screening of *Musa* genotypes for resistance and tolerance to *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*. *Nematropica* 27, 123.

Viaene, N., Dueñas, J. and De Waele, D. (1998) Screening for resistance and tolerance to *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae* in banana and plantain. *Proceedings of the 24th International Nematology Symposium*, 4-9 August, 1998, Dundee, Scotland, p. 125.

Vrain, T.C. and Daubeny, H.A. (1986) Relative resistance of red raspberry and related genotypes to the root lesion nematodes. *HortScience* 21, 1435-1437.

Vrain, T.C., Daubeny, H.A., Hall, J.W., De Young, R.M. and Anderson, A.K. (1994) Inheritance of resistance to root lesion nematode in red raspberry. *HortScience* 29, 1340-1341.

Waeyenberghe, L., Rys, A., Moens, M., Pinochet, J. and Vrain, T.C. (2000) Molecular characterization of 18 *Pratylenchus* species using rDNA Restriction Fragment Length Polymorphism. *Nematology* 2, 135-142.

Wang, K., Kuehnle, A.R. and Sipes, B.S. (1997) *In vitro* screening for burrowing nematode, *Radopholus citrophilus*, tolerance and resistance in commercial *Anthurium* hybrids. *In Vitro Cellular and Developmental Biology. Plant* 33, 205-208.

Webb, R.M. (1996) *In vitro* studies of six species of *Pratylenchus* (Nematoda: Partylenchidae) on four cultivars of oil seed rape (*Brassica napus* var. *oleifera*). *Nematologica* 42, 89-95.

Wehunt, E.J., Hutchuinson, D.J. and Edwards, D.I. (1978) Reaction of banana cultivars to the burrowing nematode (*Radopholus similis*). *Journal of Nematology* 10, 368-370.

White, P.R. (1963) *The Cultivation of Animal and Plant Cells*, 2nd ed. Ronald Press, New York.

Wicks, Z.W., Smolik, J.D., Carson, M.L. and Scholten, G.G. (1999a) Registration of SD101 parental lines of maize. *Crop Science* 30, 242.

Wicks, Z.W., Smolik, J.D., Carson,, M.L. and Scholten, G.G. (1999b) Registration of SD102 and SD103 parental lines of maize. *Crop Science* 30, 242-243.

Wiryadiputra, S. (1996) Resistance of Robusta coffee to coffee root lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*. *Pelita-Perkebunan* 12, 137-148.

Yamakawa, O., Kukimura, H., Komaki, K., Hidaka, M., Yoshinaga, M., Yoshida, T., Tabuchi, S. and Kumagai, T. (1995) Joy White: a new sweet potato cultivar. *Bulletin of the Kyushu National Agricultural Experiment Station* 28, 297-316.

Yamakawa, O., Yoshinaga, M., Kumagai, T., Hidaka, M., Komaki, K., Kukimura, H. and Ishiguro, K. (1999) 'J-Red': a new sweet potato cultivar. *Bulletin of the Kyushu National Agricultural Experiment Station* 33, 49-72.

Yamakawa, O., Kumaga, T., Yoshinagai, M., Ishiguro, K., Hidaka, M., Komaki, K., and Kukimura, H. (1999) 'Sunny-Red': a new sweet potato cultivar for powder. *Bulletin of the Kyushu National Agricultural Experiment Station* 35, 19-40.

Young, T.W. (1954) An incubation method for collecting migratory endoparasitic nematodes. *Plant Disease Reporter* 38, 794-795.

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل التاسع

نيماتودا الموالح

The Citrus nematode: *Tylenchulus semipenetrans*

S. Verdejo-Lucas[1] and D.T.Kaplan[2]
[1]Departamento de Protección Vegetal,
Institute de Recerca i Technologia Agrolimentarias,
Crta, de Cabrils s/n, 08348 Cabrils, Barcelona, Spain;
[2]US Department of Agriculture, Agriculture Research
Service, 2120 Camden Road, Orlando, Fl 32803, USA

تصيب نيماتودا الموالح *Tylenchulus semipenetrans* Cobb نباتات الموالح في كافة أنحاء العالم (Van Gundy and Meagher, 1977 ؛ Heald and O'Bannon, 1987)، وتعد هذه النيماتودا أكثر أنواع النيماتودا المتطفلة نباتياً ظهوراً وسيادة في بساتين الموالح. ويقدر الفقد المحصولي نتيجة للإصابة بحوالي ١٠٪ على مستوى العالم. ودائماً ما يصاحب الإصابة بهذه النيماتودا ضعف في نمو شجيرات الموالح الصغيرة، وضعف في الأداء المحصولي لأشجار الموالح القائمة (Duncan and Cohn, 1990). ويضم المدى العوائلي لهذه النيماتودا جميع أنواع الموالح وأغلب هجن الموالح مع النباتات الأخرى من العائلة السذبية Rutaceae مثل البرتقال ثلاثي الأوراق *Poncirus trifoliata* L. Rof، وهناك عوائل أخرى من خارج العائلة السذبية مثل: العنب *Vitis vinifera* L.، والزيتون *Olea europaea*، والبرسيمون *Diospyrus* spp.

تصبح إناث نيماتودا الموالح نصف داخلية التطفل ساكنة عقب اختراقها لجذيرات الأصول النباتية القابلة للإصابة، وتكوينها لمناطق تغذية داخل نسيج القشرة بهذه الجذيرات تتكون من خلايا مغذية Nurse cells تحيط برؤوس تلك الإناث. ويصبح سيتوبلازم الخلايا المغذية كثيفاً حبيبياً كلما تقدمت في العمر. يبرز الجزء الخلفي للإناث الكاملة خارج الجذيرات المصابة، ويحاط بكتلة جيلاتينية يوضع فيها البيض (Cohn, 1965). أما ذكور نيماتودا الموالح فيبدو أنها تكمل دورة حياتها دون تغذية (Van Gundy, 1958). وتكمل نيماتودا الموالح جيلاً واحداً في غضون ٦– ٨ أسابيع عندما تكون درجة حرارة التربة ٢٤ – ٢٦ °م. وعقب الفقس، قد يبقى الطور اليرقي الثاني القادر على العدوى لأكثر من أسبوعين في التربة قبل أن يخترق الجذور المغذية للشجيرات أو الأشجار القابلة للإصابة. وليرقات هذه النيماتودا القدرة على البقاء في التربة لأكثر من عام في غياب عوائلها (Baines *et al.*, 1962)، وهي تفضل إما التربة ناعمة القوام الثقيلة، أو التربة الطميية الرملية. ويمكن ليرقات نيماتودا الموالح أن تصيب نباتات

obeikandl.com

الموالح النامية في الترب خشنة القوام (الرملية) أيضاً، ولكنها ستحتاج إلى فترة أطول من الوقت ليمكنها أن تستوطن هذه الأنواع من الترب (Bello *et al.*, 1986 ؛ O'Bannon, 1968 ؛ Van Gundy *et al.*, 1964 ؛ Van Gundy, 1958). وتسود نيماتودا الموالح بشكل عام في التربة التي تتراوح درجة حرارتها بين ٢٠ و٣٥ °م (O'Bannon *et al.*, 1966)، كما يمكنها أن تبقى حية في الترب الجافة، ولكنها غير قادرة على الدخول في حالة سكون جاف Anhydrobiotic state كما في بعض الأنواع الأخرى من النيماتودا (Tasi and Van Gundy, 1989). ويتأثر حد الضرر (الكثافة العددية التي يحدث عندها الضرر) لهذه النيماتودا على أشجار الموالح بعدة عوامل، ومنها شراسة العشيرة النيماتودية ذاتها، ونوع وقوام التربة، والأصل النباتي، والأمراض النباتية الأخرى، وطرق الإدارة المتبعة في المزرعة. وقد افترض جاربيديان وآخرون Garbedian *et al.* (1984) حداً للضرر يساوي ٥٠٠٠يرقة/٢٥٠سم^{3} تربة و١٢٠٠أنثى/جم جذور، وذلك في فصل الربيع. وتكون طرق وإستراتيجيات الإدارة لهذه النيماتودا في أوج فعاليتها إذا أجريت في فترات نشاط الجذور حيث تكون الظروف مهيأة أيضاً لنشاط نيماتودا الموالح (Duncan and Noling, 1987).

يحتوي الجنس *Tylenchulus* Cobb على أربعة أنواع هي: *T. semipenetrans* Cobb, 1913، و *T. palustris* Inserra *et al.*, 1988، و*T. furcus* Van der Berg and Spaull, 1982 و*T. graminis* Inserra *et al.*, 1988. ومن هذه الأنواع الأربعة هناك نوع واحد فقط يتطفل على الموالح هو النوع *T. semipenetrans*. وتستخدم الصفات والقياسات المورفولوجية في تعريف الطور اليرقي الثاني والذكور والإناث لهذه الأنواع (Siddiqi, 1974). كما أعطى إنسيرا وآخرون Inserra *et al.* (1988) صفات تشخيصية لتمييز النوع *T. semipenetrans* عن النوعين؛ *T. graminis*، و*T. palustris* (الجدول رقم ٩،١). وقد كان من المعتقد فيما سبق أن النوعين *T. graminis* و*T. palustris* ما هما إلا سلالات برية للنوع *T. semipenetrans* ويتميز النوع *T. furcuc* عن الأنواع الثلاثة الأخرى بذيله المفروق Furecate tail (Van den Berg and Spaull, 1982). أما الطرق الكيموحيوية والسيرولوجية فلم تستخدم حتى الآن في تعريف نيماتودا الموالح، ربما بسبب عدم تطويرها بدرجة تكفي لذلك.

تم تعريف السلالات الفسيولوجية أو الطرز الحيوية من نيماتودا الموالح *T. semipenetrans* التي تختلف في تفضيلها لعوائل معينة دون أخرى، وذلك لأول مرة في ولاية كاليفورنيا الأمريكية (Baines *et al.*, 1969 ؛ Baines *et al.*, 1974). وقد تم بالفعل تمييز ثلاثة طرز حيوية هي: سلالة الموالح Citrus race، وسلالة البحر المتوسط Mediterranean race، وسلالة البرتقال Poncirus race (Inserra *et al.*,1980 ؛ Inserra *et al.*,1994 ؛ Gottlieb *et al.*, 1987 ؛ Verdejo-Lucas *et al.*, 1997a). وتصيب سلالة الموالح عدة أجناس نباتية في العائلة السذبية Rutaceae، وتشمل هذه الأجناس كلا من جنس الموالح *Citrus* spp.، والترويز *Troyer*، والسيترانج (وهو هجين *Citrus sienensis* × *P. trifoliata*)، والزيتون، والعنب، والبرسيمون، ولكنها تتكاثر بدرجة منخفضة جداً على البرتقال ثلاثي الأوراق *P. trifoliata*، وبعض الهجن منه. ويماثل المدى العوائلي لسلالة البحر المتوسط مثيله لسلالة

الموالح عدا الزيتون، أما سلالة البرتقال Poncirus type فتتكاثر على جنس الموالح *Citrus* spp.، والبرتقال ثلاثي الأوراق *P. trifoliata* وبعض الهجن منه، والعنب، ولكنها لا تتكاثر على الزيتون.

الجدول رقم (٩,١). الصفات المفتاحية الرئيسة لتعريف أنواع نيماتودا الموالح *Tylenchulus semipenetrans*، و *T. graminis*، و *T. palustris*.

الطور النيماتودي	الصفات المورفولوجية المفرقة	*T. semipenetrans*		*T. graminis*		*T. palustris*	
		المدى	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط
الإناث الكاملة	شكل الجسم معبراً عنه كنسبة مئوية لانتفاخه	٣٤,٤ — ٦٠,٠	٤٧,٤	٦٦,٠ — ٨٥,١	٧٢,٧	٣٢,٣ — ٥٣,٨	٤٠,٠
	سمك الكيوتيكل	٢,٩ — ٥,٦٥	٣,٧	١,٠ — ٤,٠	٢,١	٢,٥ — ٤,٤	٣,٥
	فراغ الكيس الرحمي الخلفي	١,٨ — ٧,١	٤,٣	٥,١ — ١١,٢	٧,٥	٥,١ — ١٢,٢	٧,١
	طول الكيس الرحمي الخلفي	٢٦,٥ — ٥٢,٠	٤٠,٠	٣٤,٦ — ٤٥,٩	٤٠,١	٢٠,٤ — ٣٣,٦	٢٧,٥
	عرض الكيس الرحمي الخلفي	٩,١ — ١٣,٢	١٠,٩	١٢,٢ — ١٤,٢	١٢,٩	١١,٢ — ١٧,٣	١٤,٠
	المستقيم وفتحة الشرج	غير ملحوظ		ملحوظ		غير ملحوظ	
الذكور الكاملة	عرض الانتفاخ القاعدي للمريء	٥,١ — ٨,٠	٦,٤	٨,١ — ١٢,٢	٩,٢	٨,١ — ١١,٢	٩,١
	عرض الجسم	١٠,٢ — ١٢,٢	١١,٢	١٣,٢ — ١٦,٢	١٤,٦	١٢,٢ — ١٤,٢	١٣,٣
	عرض قواعد الرمح	٠,٩ — ١,٢	١,٠	١,٦ — ٢,١	٢,٠	١,٧ — ٢,١	١,٩
	طول الذيل	٣٤,٦ — ٤٤,٨	٣٩,٩	٤٨,٩ — ٦٥,٩	٥٥,٦	٣٣,٦ — ٤٣,٨	٣٧,١
يرقات الطور الثاني	طول الجزء الخلفي من الجسم بدون الكريات الدهنية الكبيرة	٤٨,٩ — ٦٠,١	٥٥,٣	٥٨,١ — ٧٦,٦	٦٩,٦	٢٨,٥ — ٥٩,١	٤٩,٨
	المستقيم وفتحة الشرج	غير ملحوظ		يمكن تعيينه		يمكن تعيينه أحياناً	
	طول الذيل (من فتحة الشرج إلى نهاية الجسم الخلفية)	لا يمكن تقديره		٥٩,١ — ٧٢,٤	٦٥,٠	لا يمكن تقديره	
	المسافة من الفتحة الإفرازية إلى الغدة التناسلية	٦,١ — ٢٤,٤	١٦,٥	٢٢,٤ — ٤٣,٨	٣٣,٥	٢,٠ — ٢٥,٥	١٢,٨

عن: Inserra *et al.* (1988)

كل القيم معبراً عنها بالميكروميتر.

obeikandi.com

مصادر المقاومة
Sources of Resistance

اشتق المصدر الوحيد للمقاومة تجاه نيماتودا الموالح الذي تم نقله إلى أصول الموالح التجارية المقبولة من البرتقال ثلاثي الأوراق *P. trifoliata* وهذا الأصل (البرتقال ثلاثي الأوراق) يمثل أيضاً مصدراً للمقاومة تجاه فيروس ترايستيزا الموالح Citrus tristeza virus والتحمل لفطر *Phytophthora*. وهناك بعض التراكيب الوراثية من البرتقال ثلاثي الأوراق *P. trifoliata* تتكاثر عليها النيماتودا بدرجات قليلة (معدل التكاثر Pf/Pi أقل من الواحد الصحيح)، وتعتبر في نفس الوقت عالية المقاومة للعديد من عشائر نيماتودا الموالح *T. semipenetrans*. كما توجد أيضاً بعض التراكيب الوراثية الأخرى التي تعد متوسطة القابلية للإصابة (معدل التكاثر أكبر من الواحد)، ولكنها عموماً أقل في قابليتها للإصابة من الأصل القابل للإصابة القياسي (Ducharme, 1948 ؛ Cameron *et al*., 1954 ؛ Feder, 1968 ؛ Baines *et al*., 1969 ؛ O´Bannon and Ford, 1977 ؛ McCarty *et al*., 1979 ؛ Reddy and Agarwal, 1987 ؛ Crozzoli and González, 1989). ويمكن تهجين البرتقال ثلاثي الأوراق بسهولة مع أغلب أنواع جنس الموالح *Citrus* spp.، ولكن أغلب الهجن الناتجة تكون قابلة للإصابة بنيماتودا الموالح *T. semipenetrans* (Hutchinson and O´Bannon, 1972)، والقليل منها أيضاً هو الذي يمكنه أن يتوارث صفة المقاومة تجاه نيماتودا الموالح. ومن هذه الهجن نجد أن الأصل الهجين "Swingle citrumelo" (*Citrus paradisi* Macf × *P. trifoliata*) عالي المقاومة لنيماتودا الموالح في كل من ولاية فلوريدا الأمريكية (Kaplan and O´Bannon, 1981)، وإيطاليا (Lo Giudice and Inserra, 1990). وقد أورد دنكن وآخرون .Duncan *et al* (1994) عشيرة من نيماتودا الموالح *T. semipenetrans* قادرة على التغلب على صفة المقاومة في الأصل "Swingle citrumelo" في ولاية فلوريدا، ولكن يبدو أن وجود هذه العشيرة كان قاصراً على المشتل الذي ظهرت فيه. وهناك أيضاً بعض التقارير حول مصادر للمقاومة تجاه نيماتودا الموالح من بين بعض أجناس النباتات البرية التي تنتمي للعائلة السذبية Rutaceae (Baines *et al*., 1960 ؛ Kaplan and O´Bannon, 1981). ولكن هذه الأجناس ليست مقبولة زراعياً كأصول، كما أن نجاحها في التهجين مع جنس الموالح *Citrus* كان محدوداً.

اعتبارات عامة في اختبارات المقاومة لنيماتودا الموالح
General Considerations for Screening for Citrus Nematode Resistance

دائماً ما تتم برامج تربية الموالح على مستويات إقليمية، وتنحصر أهدافها عادة في العثور على الأصول التي يمكن إكثارها بسهولة، وتتميز بالقبول زراعياً، وبقدرتها على التأقلم مع الظروف البيئية الجوية والأرضية، وبمقاومتها أو تحملها لأمراض الموالح الهامة. وبالرغم من توفر صفة المقاومة لنيماتودا الموالح في أصل البرتقال ثلاثي

obeikandl.com

الأوراق *P. trifoliata*، والأصل "Swingle citrumelo"، إلا أن كلاً من هذين الأصلين له بعض المحددات الهامة مثل الأداء الضعيف في التربة الجيرية والقلوية، ومن ثم فمازالت هناك حاجة إلى أصول جديدة تلبي الاحتياجات الإقليمية. ومع ذلك لم تأخذ اختبارات المقاومة لنيماتودا الموالح *T. semipenetrans* الأولوية القصوى في العديد من برامج التربية للمقاومة لنيماتودا الموالح، وذلك بسبب عدم إدراج نيماتودا الموالح ضمن الآفات الهامة في العديد من مناطق إنتاج الموالح في العالم. وعلى عكس ذلك، تم اكتشاف العديد من الأجناس القريبة لجنس الموالح التي تتميز بمقاومتها لنيماتودا الموالح في مناطق متفرقة من العالم (Cameron *et al*., 1954؛ Baines *et al*., 1960؛ Hutchinson and O´Bannon, 1972؛ Chhabra and Bindra, 1974؛ Mc Carty *et al*., 1979؛ Lo Giudice and Inserra, 1980؛ Geraci *et al*., 1981؛ Reddy and Agarwal, 1987؛ Reddy *et al*., 1977؛ Spiegel-Roy *et al*., 1988 Crozzoli and González, 1989؛ Zhu *et al*., 1992؛ Niles *et al*., 1995؛ Verdejo-Lucas *et al*., 1997b؛ Verdejo-Lucas *et al*., 2000). وجدير بالذكر أن الطرق والمنهجيات الموصوفة هنا قد تم الحصول عليها من المراجع والدراسات السابقة، وسوف يمكن الرجوع إليها كدليل.

اللقاح Inoculum

للتقييم الجيد لصفة المقاومة في النباتات تجاه النيماتودا، يجب تلويث التربة بعدد كاف من النيماتودا، وذلك لكي تمكن النيماتودا من استيطان التربة وإحداث العدوى دون أن يسبب ذلك ضرراً من صنعنا للنبات. ولكن تربية نيماتودا الموالح بأعداد كبيرة لاستخدامها كلقاح في تجارب التقييم لصفة المقاومة يعد أمراً صعباً، وذلك لسببين وهما: أن نباتات العائلة السذبية Rutaceae هي نباتات بطيئة النمو، وأن نيماتودا الموالح تحتاج إلى ٦ – ١٢ شهراً لكي تتكاثر بأعداد كبيرة. ويمكن تربية نيماتودا الموالح في مزارع أصص في البيوت الزجاجية، أو يمكن جمعها مباشرةً من جذور أشجار موالح مصابة في الحقل (Hutchinson and O´Bannon, 1972؛ Niles *et al*., 1995؛ Verdejo-Lucas *et al*., 1997b). ويمكن المحافظة على المزارع النيماتودية الأصل في البيوت الزجاجية في صناديق كبيرة تحد من التقلبات في درجات الحرارة والرطوبة. ولكن إذا كانت الصناديق ستستخدم لفترات طويلة من الزمن فإن أعداد نيماتودا الموالح سوف تتدهور بدون شك بسبب تزايد أعداد المفترسات والمتطفلات على النيماتودا حينئذ في تلك الصناديق (Walter *et al*., 1993). وقد تظهر الطرز الحيوية لنيماتودا الموالح عادة في منطقة معينة، ويجب أن يؤخذ ذلك في الحسبان عند إجراء اختبارات التقييم لصفة المقاومة لهذه النيماتودا. ولتعريف هذه الطرز الحيوية، يجب استخدام البرتقال ثلاثي الأوراق، والموالح *Citrus* spp.، والزيتون كعوائل مفرقة يمكن بواسطتها تمييز هذه الطرز (Inserra *et al*., 1980؛ Inserra *et al*., 1994).

يمكن الحصول على بيض نيماتودا الموالح لاستخدامه كلقاح عن طريق تمزيق أنسجة جذور النباتات المصابة (McSorley *et al.*, 1984). ويتم ذلك بغسيل الجذور لتخليصها من حبيبات التربة، ثم تؤخذ الجذور المغذية الصغيرة (ذات القطر أقل من ٢ مم)، وتقطع إلى قطع صغيرة بطول ١ – ٢ سم، ثم توضع في خلاط مع كمية من الماء، ويدار الخلاط على السرعة القصوى لمدة ١٥ ثانية. بعد ذلك، يصب قليل من الماء على جوانب دورق الخلاط الداخلية ثم يدار لمدة ١٥ ثانية أخرى. ويمكن استخلاص البيض بطريقة بديلة وهي طريقة هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl ٠,٠٥٪. حيث تؤخذ الجذور الممزقة مع الماء وتمرر على منخلين العلوي منهما ذو ثقوب قطرها ٧٤ ميكروميتراً، والسفلي ذو ثقوب قطرها ٢٥ ميكروميتراً. بعد ذلك يتم التخلص من الشوائب الموجودة على المنخل العلوي بعد شطفها بقليل من الماء، وينقل المعلق المحتوي على البيض في المنخل السفلي إلى كأس أو دورق، ثم يتم عدّ البيض بواسطة شريحة عدّ ومجهر مركب.

يمكن أيضاً استخدام يرقات الطور الثاني لنيماتودا الموالح *T. semipenetrans* المستخلصة من جذور الموالح كلقاح (Kaplan, 1990). ولإجراء ذلك، يتم شطف الجذور المغذية المصابة في قليل من الماء على درجة حرارة الغرفة، ويتم تهوية الجذور دائماً بإدخال فقاعات من الهواء في الماء المحتوي على الجذور. كما يمكن الحصول على اليرقات أيضاً بطريقة أخرى وهي طريقة غرفة الرذاذ (Hutchinson and O´Bannon, 1972). وتجمع اليرقات المتحصل عليها في الساعات الأربع والعشرين الأولى من الاستخلاص ثم يتم التخلص منها (Hutchinson and O´Bannon, 1972). وبعد ذلك تجمع اليرقات يومياً لمدة ٥–٧ أيام وتركز في كمية قليلة من الماء وتخزن على درجة حرارة ١٥ °م لحين استخدامها كلقاح.

وتستخدم أقماع بيرمان عادة لتركيز اليرقات النشطة التي تفقس من البيض. وينصح بوضع النيماتودا قبل استخدامها في عملية التلقيح مباشرة في الماء المعقم ثم إخضاعها عدة مرات للشطف بماء مقطر معقم، ثم لعملية طرد مركزي وذلك للتخلص مما قد يكون علق بها من تلوث، ويمكن أيضاً استخدام طريقة قمع بيرمان للحصول على اليرقات الفاقسة من البيض الذي تم الحصول عليه بطريقة تمزيق الأنسجة.

التلقيح Inoculation

يمكن تنمية بادرات الموالح في صواني ٥٠ × ٤٠ سم، ثم تلقيحها بحقن معلق البيض واليرقات في التربة حول الجذور. تنمو البادرات لمدة ٤ – ٥ أسابيع بعد التلقيح لضمان إصابتها قبل شتلها في صناديق أكبر (Van Gundy and Martin, 1961). وإذا لم يمكن اجراء ذلك، فتنمى البادرات في تربة معقمة لمدة ٢ – ٦ أشهر ثم تشتل في تربة ملوثة بالنيماتودا، ويمكن أن تستمر البادرات في النمو داخل الصناديق ذات التربة الملوثة بالنيماتودا لمدة ستة أشهر، وذلك

لضمان إصابتها بالنيماتودا. ويجب أن تشتل البادرات دائماً في أصص ذات قطر ٢٠ سم تحتوي على نفس الخليط من التربة وذلك بمعدل بادرة/أصيص. تترك النباتات لتنمو لمدة ستة أشهر أخرى قبل تقدير معدل تكاثر النيماتودا عليها (O´Bannon and Ford, 1977). هذا وقد قارن فان جندي وتاسو Van Gundy and Taso (1963) بين طريقتين لتلقيح النباتات بالنيماتودا، ووجد أن طريقة تلقيح البادرات في الصواني أفضل من تلقيحها عند الشتل. وقد يكون ذلك بسبب الإجهاد الذي يقع على البادرات عند شتلها. ويمكن خلط التربة الملوثة بالنيماتودا بنسب وأحجام معينة، وذلك للحصول على مستوى كثافة اللقاح النيماتودي المطلوب (Lo Guidice and Inserra, 1980). وعند استخدام جذور مصابة بالنيماتودا كمصدر للقاح (Crozzoli and González, 1989)، يجب أن تؤخذ عينة موزونة من هذه الجذور وتستخلص النيماتودا منها بطريقة تمزيق الأنسجة في الخلاط على سبيل المثال، ثم يتم تقدير عدد النيماتودا بكل جرام من الجذور. وفي ضوء ذلك، يتم تقدير كمية الجذور المطلوبة للحصول على اللقاح المطلوب. ومن الممكن أيضاً، كطريقة بديلة، أن تلقح بادرات الموالح المنماة فردياً في الأصص عن طريق حقن التربة بمعلق مائي من البيض أو اليرقات (Verdejo-Lucas *et al.*, 1997b ؛ Kaplan, 1990 ؛ Cameron *et al.*, 1954). وقد يوضع لقاح نيماتودا الموالح سواء كان بيضاً أو يرقات مرة واحدة في التربة أو يوزع على فترات أسبوعية (McCarty *et al.*, 1979 ؛ Niles *et al.*, 1995). وقد تم تقدير كثافة اللقاح المثلى من نيماتودا الموالح وذلك من خلال عدة دراسات. ولكن ظروف التجربة، بما فيها من طريقة التلقيح، وحجم الأصص، ونوع التربة قد تؤثر على معدل تكاثر النيماتودا (Verdejo-Lucas *et al.*, 1997b ؛ Niles *et al.*, 1995 ؛ O´Bannon *et al.*,1966 ؛ Van Gundy and Taso, 1963). وبصفة عامة، يجب إضافة عدد كبير من النيماتودا لتلقيح النباتات. وعادة يستخدم معدل لقاح من نيماتودا الموالح *T. semipenetrans* قدره ٥٠٠٠ أو ١٠٠٠٠ بيضة/ نبات. ويوضع اللقاح في ثلاثة ثقوب على الأقل يتم عملها في التربة حول قاعدة ساق النبات لضمان التوزيع المتجانس للقاح. ويجب تجنب الري الزائد عقب التلقيح كيلا يتسرب اللقاح النيماتودي إلى خارج الأصص.

قواعد الاختبار
Screening Protocols

نظراً لوجود اختلافات في القابلية للإصابة بنيماتودا الموالح فيما بين التراكيب الوراثية المختلفة من البرتقال ثلاثي الأوراق *P. trifoliata*، فإن الأصول المختارة من جنس الموالح *Citrus* spp.، وهجنه لإجراء اختبارات التقييم عليها قد تحتوي على نسبٍ معينة من التركيب الوراثي للبرتقال ثلاثي الأوراق وقد لا تحتوي على هذه النسب. وقد يكون تعريف المستويات المتوسطة من المقاومة لنيماتودا الموالح *T. semipenetrans* مفيداً في التطبيق الحقلي إذا كانت تلك الأصول تمتلك الصفات البستانية المرغوبة، أو تمتلك مقاومة معينة لمسببات مرضية أخرى. ويتم التقييم الأولي

obeikandl.com

عادة تحت ظروف البيت الزجاجي لأن تقييم النباتات قد يحتاج إلى عام أو عامين بسبب الطبيعة النباتية لنباتات الموالح وبطء دورة حياة نيماتودا الموالح.

تتكاثر نباتات الموالح وهجنها عادة بالبذرة، ولكن من الممكن أيضاً أن تتكاثر النباتات خضرياً عن طريق عملية الترقيد (Gottlieb *et al.*,1987)، ولو أنه ليس من السهل استخدام هذه العملية في جميع الأحوال ومع جميع النباتات. وفيما يتعلق بالأنواع عديدة الأجنة Polyembryonic species فمن الممكن أيضاً أن يتم تكاثرها خضرياً (Kaplan, 1990). تنبت البذور في مراقد البذور، وتشتل فردياً في أصص بعد ٢ – ٣ أشهر، وتترك لتنمو لمدة ستة أشهر قبل عدواها ببيض أو يرقات النيماتودا. ويجب أن تكون جميع النباتات متجانسة وممثلة للتركيب الوراثي الذي تتبعه بقدر الإمكان. ويجب أن تنمو نباتات الاختبار في ظروف صحية صارمة، وذلك لتجنب إصابتها بكائنات أخرى ممرضة من ممرضات الجذور. ويجب أيضاً أن تكون الأصص ذات أحجام مناسبة تتيح للنباتات فرصة النمو الجيد، كما يجب العمل على خفض التقلبات في درجة حرارة ورطوبة المجموع الجذري قدر الإمكان. وتستخدم الأصص المصنوعة من الطمي أو البلاستيك، أو الأكياس البلاستيكية السوداء في اختبارات تقييم الأصناف المقاومة للنيماتودا، ويقترح أن يكون حجم الأصيص حوالي ٣ ديسميتر^{٣}. وتساعد الأصص الطميية الكبيرة في تقليص درجات التلقب الحراري في التربة، كما تساعد أيضاً في حفظ التربة باردة، ولكن يعيبها ثقل الوزن وصعوبة التداول. وعلى عكس ذلك، نجد أن الأصص البلاستيكية خفيفة الوزن وسهلة التداول، كما يسهل رفع النباتات منها، ولكن يعيبها أن التغيرات في درجة الحرارة والرطوبة بداخلها تكون كبيرة. أما التربة التي يفضل استخدامها في اختبارات تقييم مقاومة أصناف الموالح لنيماتودا الموالح فهي التربة التي تحتوي على نسبة عالية من المادة العضوية حيث تشجع هذه التربة على زيادة كفاءة نيماتودا الموالح في اختراق جذور نباتات الموالح (O´Bannon *et al.*, 1966). وعموماً، من الممكن استخدام خليط تربة البيتموس (٥٠ – ٦٠٪) والرمل الناعم (٥٠ – ٤٠٪) مضافاً إليه سماد عناصر كبرى وصغرى. ويجب أن يكون تركيز أيون الهيدروجين pH للتربة حوالي ٦٫٥، ويمكن ضبط ذلك بإضافة كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ (Verdejo-Lucas *et al.*, 1970a). ويجب أيضاً أن تعقم التربة بالبخار بسبب محتواها العالي من المادة العضوية.

وإضافة إلى نباتات الاختبار، يجب أن يشمل الاختبار أيضاً أصولاً قياسية مقاومة وأخرى قابلة للإصابة لتأكيد القدرة الإمراضية لعزلة النيماتودا المختبرة، وأيضاً للتأكد من مناسبة ظروف الاختبار لتطور النيماتودا. ونظراً لاحتمالية وجود تغيرات في الكثافة العددية للنيماتودا من أصيص لآخر، يجب استخدام ستة إلى عشرة مكررات لكل تركيب وراثي. أما التصميم الإحصائي الأنسب لاختبارات تقييم مقاومة الأصناف للنيماتودا فهو التصميم العشوائي الكامل، كما يمكن أيضاً استخدام تصميم القطاعات العشوائية المنشقة Randomized split block design

التي تمتد مكرراتها من جانب في البيت الزجاجي إلى الجانب الآخر عند وجود تغير في الظروف البيئية المحيطة. ومن الناحية الاعتيادية، يجب أن يستمر الاختبار في البيت الزجاجي لمدة ستة أشهر عقب تلويث التربة بالنيماتودا. ويجب عند التخطيط للتجربة- مراعاة وقت الذروة في نشاط النيماتودا في المنطقة، فتتم الزراعة في الوقت المناسب لأن يكون وقت الحصاد واستخلاص النيماتودا متماشياً مع هذه الفترة. وبصفة عامة، توفر الاختبارات التي تجرى في فترة الربيع إلى الخريف ظروفاً مثلى لتطور النيماتودا مقارنة بالمواسم الأخرى، كما أن هذه الفترة (الربيع - الخريف) تكون مناسبة أيضاً لنمو وتطور نباتات الموالح.

يجب التحكم في درجات الحرارة دائماً خلال فترة التجربة حيث إن التقلبات في درجات الحرارة تؤثر معنوياً في الكثافة العددية للنيماتودا. وتتراوح درجات الحرارة المناسبة لتطور نيماتودا الموالح بين ١٩ و٣٢ °م، ويجب أيضاً استخدام مصدر مياه خال من النيماتودا لري نباتات الاختبار، التي يجب أيضاً تسميدها من فترة لأخرى. كما يجب المرور دورياً على نباتات الاختبار لاكتشاف أية إصابات حشرية أو مرضية تنتابها خلال مدة التجربة. ويجب الحذر أيضاً من استخدام أية مبيدات حشرية جهازية، حيث إنها تؤثر على تطور النيماتودا.

يجب أيضاً مراقبة الكثافة العددية للنيماتودا خلال مدة الاختبار، وذلك بجمع عينات من التربة والجذور على فترات منتظمة باستخدام أسطوانة جمع العينات (الأوجر) حتى انتهاء فترة الاختبار. وفي نهاية مدة الاختبار، تحرر النباتات من الأصص، وتنظف الجذور من حبيبات التربة، ثم تغطس الجذور بعد ذلك في أوعية تحتوي على الماء، وذلك لتجنب الغسيل اليدوي الذي قد يؤدي إلى فقد الكثير من كتل البيض النيماتودية. توزن الجذور الصغيرة الليفية Fibrous roots بعد أخذها مباشرة من الجذور الابتدائية Primary roots والثانوية Secondary roots، وتفحص مباشرة أو تخزن في ظروف تجميد على درجة حرارة -٢٠ °م (Verdejo-Lucas *et al.*, 1997b)، أو تحفظ في ٠,٥٪ فورمالين (Baines *et al.*, 1969) حتى يمكن استخدامها لاحقاً. يفيد وزن المجموع الجذري بأكمله في مقارنة قوة نمو الأصول في ظل إصابتها بالنيماتودا. تستخلص النيماتودا من جميع الجذور الليفية للنبات الواحد جيداً، وذلك لتقدير معدل التكاثر، ولكن يمكن إنجاز ذلك أيضاً بأخذ عينة عشوائية بحوالي ٣ - ٥ جم من تلك الجذور من كل نبات واستخلاص النيماتودا منها، ثم حساب معدل تكاثر النيماتودا بعد ذلك على كل نبات. وتستخلص النيماتودا من الجذور الليفية بتقطيع تلك الجذور إلى قطع صغيرة، ثم تحضينها في مرطبانات زجاجية سعة ٢٥٠ مل تحتوي على ١٠ مل ماء لمدة ٢ - ٥ أيام (Young, 1954). يمكن أيضاً تحضين الجذور في أكياس مغلقة من البولي إيثيلين ذات سعة ٥٠٠ مل تحتوي على فوق أوكسيد الهيدروجين ٣٪ وعلى درجة حرارة ٢١ °م لمدة يومين (Tarjan, 1972). ويمكن أيضاً اسـتخدام طريقة التمزيق بالخلاط (McSorley *et al.*, 1984) لاستخلاص النيماتودا من الجذور الليفية، ثم فصل النيماتودا من المعلق بواسطة طريقة الطرد المركزي والطفو باستخدام محلول ١ جزيئي من السكروز

وسلفات الماغنيسيوم 1 M sucrose, $MgSO_4.7H_2O$ على قوة جاذبية نوعية Specific gravity = ١,١ (Kaplan, 1990)، أو استخدام السيليكا الغروية على قوة جاذبية نوعية = ١,١٦ (Greco and D´Addabbo, 1990). ولتسهيل عملية عدّ النيماتودا، يمكن صبغ النيماتودا في المعلق باستخدام صبغة الفوكسين الحامضي (Baines *et al.*, 1969). وتعرض النتائج عادة في صورة عدد النيماتودا/جم من الجذور الطازجة. وفي حالة النيماتودا المستخلصة بطريقة التحضين، يمكن تجفيف الجذور في فرن على درجة حرارة ٧٦ ^{o}م لمدة ٢٤ ساعة، وتعرض النتائج في صورة عدد النيماتودا/جم من الجذور الجافة. ويمكن أيضاً عرض النتائج في صورة عدد النيماتودا/سم من الجذور (Baines *et al.*, 1960)، ولو أن هذا المقياس قد يتطلب الكثير من العمالة في حالة اختبار أعداد كبيرة من النباتات (Hutchinson and O´Bannon, 1972).

تم أيضاً استخدام أحد الاختبارات الفعالة السريعة في تقدير مقاومة النباتات للنيماتودا الحفارة *R. similis* Cobb (Kaplan, 1994)، وذلك في تقدير مقاومة النباتات أيضاً لنيماتودا الموالح *T. semipenetrans*. ويجرى هذا الاختبار في أنابيب اختبار معقمة في الأوتوكلاف ذات أبعاد ٢٤ × ١٥٠ مم مملوءة بحوالي ٥٥ سم^3 من الرمل الناعم المجفف بالهواء، والمزود بحوالي ١٥٪ بيتموس، على أن تكون درجة تركيز أيون الهيدروجين في هذه البيئة ٥,٨ (ويمكن ضبط ذلك باستخدام كربونات كالسيوم). تنزع قشور بذور الموالح، ثم تطهر البذور سطحياً باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم ٠,٢٪ لمدة ٢٠ دقيقة، ثم تشطف أربع مرات في ماء مقطر معقم. يرطب الرمل في كل أنبوبة بإضافة ٣ مل من الماء المقطر المعقم مباشرة قبل زراعته ببذرة واحدة توضع في حفرة على السطح. تغطى البذرة بعد ذلك بطبقة رقيقة من الرمل المعقم. تحضن الأنابيب على درجة حرارة ٢٥ ± ١,٥ ^{o}م، وتضبط درجة الرطوبة دائماً عند مستوى ٠,٣٪ حجم : حجم باستخدام ماء مقطر معقم. أما الإضاءة فتستمد من مصباح هاليد معدني ٤٠٠ وات (٣٥٠ ميكرومول/م^2/ثانية عند مستوى النباتات). تُلوث التربة في الأنابيب بعد ٤٥ يوماً من الزراعة بإضافة ١ مل من معلق مائي يحتوي على نيماتودا الموالح بواقع ٣٢٥ يرقة/مل من الماء المقطر المعقم. وتكرر عملية العدوى بعد سبعة أيام. وبعد ٩٠ يوماً من أول عملية عدوى، يؤخذ المجموع الجذري لكل نبات على حدة، وذلك باستخدام أنبوبة نحاسية ذات قطر ٦ مم من أعلى ويقل تدريجياً حتى ينتهي إلى ٣ مم عند قاعها، وتثبت هذه الأنبوبة على مصدر مائي. يضبط المصدر المائي ليعطى تياراً خفيفاً من الماء، وتدخل الأنبوبة النحاسية في أنبوبة الاختبار التي تحتوي على نبات الاختبار ليتم تحرير المجموع الجذري من التربة بلطف. يعاد المجموع الجذري إلى الأنبوبة بعد ذلك، وتغطى كل أنبوبة، ثم تحضن على درجة حرارة ٢٥ ^{o}م لمدة خمسة أيام. يضاف بعد ذلك ٢ مل ماء إلى الأنبوبة التي توضع في هزاز كهربي لمدة ٢٠ ثانية على سرعة ٢٥٠ دورة/دقيقة. ينقل المعلق الناتج في الأنبوبة بعد ذلك إلى طبق عدّ، ويتم عدّ البيض واليرقات في كل طبق. تعرض النتائج في صورة عدد النيماتودا/المجموع الجذري، أو في صورة عدد النيماتودا/جم من الجذور الطازجة.

obeikandi.com

تم تعريف صفة التحمل لنيماتودا الموالح *T. semipenetrans* بناءً على مستوى الضرر الذي تسببه النيماتودا للنبات (انظر الفصل الثاني)، كما تم تقدير هذه الصفة أيضاً في بعض الدراسات اعتماداً على وزن المجموعين الجذري والخضري الطازجين (Crozzoli and González, 1989 ؛ McCarty *et al.*, 1979 ؛ O´Bannon and Ford, 1977). وليس بالضرورة أن تكون الاختلافات في نمو المجموع الجذري مصاحبة دائماً للإصابة بنيماتودا الموالح. وفي العادة، تكون نباتات الموالح متحملة لأنواع نيماتودا الموالح التي تأقلمت مع عوائلها النباتية (Cohn *et al.*, 1965). ومن ثم، فإن تقييم صفة التحمل لنيماتودا الموالح في الأصص داخل البيوت الزجاجية قد تكون غير ذات معنى. وإضافة إلى ذلك، فإنه لا يمكن استخدام النمو الخضري لتقدير صفة التحمل في الأصول النباتية لنيماتودا الموالح في تجارب البيوت الزجاجية، حيث إن نمو المجموع الخضري يعتمد بشكل كبير على توفر الماء، فالعناية المتوفرة داخل البيوت الزجاجية تمكن الشجيرات الصغيرة من إنتاج مجموع خضري نضر ومجموع جذري صغير.

يعد التطور في درجة الإصابة (عدد الإناث/جم جذور) ومعدل تكاثر النيماتودا (عدد البيض واليرقات/جم جذور) مؤشرات لرد فعل الأصل النباتي المختبر. ويعطي عدد الإناث/جم جذور تقديراً لحجم العشيرة النيماتودية المتطفلة والموجودة في المجموع الجذري، بينما يعطي عدد البيض واليرقات معلومات حول تأثير النبات على معدل تكاثر النيماتودا. وحيث إن أشجار الموالح نباتات معمرة، فمن المفيد أن يكون لدينا مؤشر لجهد نمو العشيرة النيماتودية بخلاف عدد الإناث النيماتودية. و قد لا تضعف بعض النباتات تطور النيماتودا بداخلها، ولكنها قد تؤثر سلبياً على معدل تكاثرها (Kaplan, 1990). ولكي نحدد الحالة العوائلية للأصول المختبرة، يجب مقارنة أعداد إناث النيماتودا، ومعدل تكاثرها على تلك الأصول بمثيلاتها على الأصول القياسية القابلة للإصابة. ولتعريف الأصول النباتية المقاومة لنيماتودا الموالح *T. semipenetrans*، يجب مقارنة الحالة العوائلية للأصول المختبرة بالحالة العوائلية لأصول مقاومة قياسية. ويستخدم مقياس أو دليل تدرج صفة المقاومة عند اختبار عدد كبير من الأصول التي تختلف في مستويات مقاومتها وقابليتها للإصابة بالنيماتودا (Hutchinson and O´Bannon, 1972 ؛ Baines *et al.*, 1960 ؛ Reddy and Agarwal, 1987 ؛ O´Bannon and Ford, 1977). وأخيراً يجب تأكيد صفة المقاومة التي تظهر في اختبارات البيوت الزجاجية على المستوى الحقلي.

توارث صفة المقاومة

Genetics of Resistance

يبدو أن صفة المقاومة لنيماتودا الموالح *T. semipenetrans* هي صفة سائدة Dominant محكومة بعدد بسيط من الجينات Oligogenic (Hutchinson, 1985). ويدعم هذا القول نتائج تم الحصول عليها بواسطة لينج وآخرين Ling *et al.* (2000). وقد أوضحت الدراسات التشريحية المرضية أن صفة المقاومة تتميز برد فعل شديد الحساسية

Hypersensitive response تجاه محاولات النيماتودا للتغذية، وما يتبعها من تكوين لبريديرم الجروح (Van Gundy and Kirkpatrick, 1964 ؛ Kaplan, 1981 ؛ Kaplan and O'Bannon, 1981).

ويمكن للأصول النباتية المقاومة لنيماتودا الموالح أن تلعب دوراً هاماً في تقليص الفقد المحصولي الذي تحدثه نيماتودا الموالح، ولكن هذه الأصول يجب أيضاً أن تكون مقاومة لأمراض الموالح الأخرى الهامة. وقد تم تعريف الجينات التي تمنح صفة المقاومة لنيماتودا الموالح، ولكن ميكانيكية فعل هذه الجينات لا زالت تحتاج للدراسة (Kaplan, 1988). وقد يسرع الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية من عملية الاختيار لصفة المقاومة. وقد قام لينج وآخرون Ling *et al.* (2000) بتعريف ١١ دليلاً جزيئياً DNA (RAPD) مرتبطاً بموقع جيني يمنح صفة المقاومة لنيماتودا الموالح *T. semipenetrans*. وقد أوضح تحليل مواقع الصفات الكمية (QTL) أن ٥٤٪ من التغير في الشكل الظاهري للنباتات قد تم تفسيره بهذا الموقع.

شكر وتقدير

يشكر المؤلف الرئيسي لهذا الفصل الدعم المقدم من المعهد الوطني للأبحاث الزراعية (INIA) المشروع رقم SC94-037-C2-2 and Sc98-103-C2-2

المراجع

References

Baines, R.C., Bitters, W.P. and Clarke, O.F. (1960) Susceptibility of some species and varieties of some citrus and some other rutaceous plants to the citrus nematode. *Plant Disease Reporter* 44, 281-285.

Baines, R.C., Martin, J.P., De Wolfe, T.A., Boswell, S.B. and Garber, M.J. (1962) Effect of high doses of D-D on soil organisms and the growth and yield of lemon trees. *Phytopathology* 52, 723 (Abstract).

Baines, R.C., Miyakawa, T., Cameron, J.W. and Small, R.H. (1969) Infectivity of two biotypes of the citrus nematode on citrus and on some other hosts. *Journal of Nematology* 1, 150-159.

Baines, R.C., Cameron, J.W. and Soot, R.K. (1974) Four biotypes of *Tylenchulus semipenetrans* in California and their importance to the development of resistant citrus rootstocks. *Journal of Nematology* 6, 63-66.

Bello, A., Navas, A. and Belart, C. (1986) Nematodes of citrus groves in the Spanish Levante. Ecological study focused to their control. In: Cavalloro, R. and Di Martino, E. (eds) *Integrated Pest Control in Citrus Groves*. Balkema, A.A., Rotterdam, Boston, pp. 211-226.

Cameron, J.W., Baines, R.C. and Clarke, O.F. (1954) Resistance of hybrid seedlings of the trifoliate orange to infestation by the citrus nematode. *Phytopathology* 44, 456-458.

Chhabra, H.K. and Bindra, O.S. (1974) Screening of citrus rootstocks against the citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, 1913. *Indian Journal of Horticulture* 31, 194-195.

Cohn, E. (1965) On the feeding and histopathology of the citrus nematode. *Nematologica* 11, 47–54.

Cohn, E., Minz, G. and Monselise, S.P. (1965) The distribution, ecology and pathogenicity of the citrus nematode in Israel. *Israel Journal of Agricultural Research* 15, 187–200.

Crozzoli, R. and González, A. (1989) Reacción de once patrones de cítricos al nematodo *Tylenchulus semipenetrans*. *Agronomía Tropical* 39, 4-6.

Ducharme, E. (1948) Resistance of *Poncirus trifoliata* rootstock to nematode infestation in Argentina. *The Citrus Industry* 29, 9-15.

Duncan, L.W. and Cohn, E. (1990) Nematode diseases of citrus. In: Bridge, J., Luc, M. and Sikora, R. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, CAB International, Wallingford, UK, pp. 321-346.

Duncan, L.W. and Noling, J.W. (1987) The relationship between development of the citrus root system and infestation by *Tylenchulus semipenetrans*. *Revue de Nemâtologie* 10, 61-66.

Duncan, L.W., Inserra, R.N., O'Bannon, J.H. and El-Morshedy, M.M. (1994) Reproduction of a Florida population of *Tylenchulus semipenetrans* on resistant citrus rootstocks. *Plant Disease* 78, 1067–1071.

Feder, W.A. (1968) Differential susceptibility of selections of *Poncirus trifoliata* to attack by the citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*. *Israel Journal of Agricultural Research* 18, 175–179.

Garabedian, S., Van Gundy, S.D., Mankau, R. and Radewald, J.D. (1984) Nematodes. *Integrated Pest Management for Citrus*. Division of Agriculture and Natural Resources Publications. University of California, Berkeley, California, pp. 129–131.

Geraci, G., Lo Giudice, V. and Inserra, R.N. (1981) Response of *Citrus* spp. and hybrid rootstocks to *Tylenchulus semipenetrans*. *Rivista Ortoflorofrutticola Italiana* 65, 169-172.

Gottlieb, Y., Cohn, E. and Spiegel-Roy, P. (1986) Assessing resistance of citrus rootstocks to *Tylenchulus semipenetrans* with rooted leaves. *Revue de Nématologie* 10, 119-121.

Greco, N. and D'Addabbo, T. (1990) Efficient procedure for extracting *Tylenchulus semipenetrans* from citrus roots. *Journal of Nematology* 22, 590-593.

Heald, C.M. and O'Bannon, J.H. (1987) Citrus declines caused by nematodes. V. Slow decline. *Nematology Circular No. 143*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, 4 pp.

Hutchinson, D.J. (1985) Rootstock development, screening and selection for disease tolerance and horticultural characteristics. *Fruit Varieties Journal* 39, 21–25.

Hutchinson, D.J. and O'Bannon, J.H. (1972) Evaluating the reaction of the citrus selections to *Tylenchulus semipenetrans*. *Plant Disease Reporter* 56, 747-751.

Inserra, R.N., Vovlas, N. and O'Bannon, J.H. (1980) A classification of *Tylenchulus semipenetrans* biotypes. *Journal of Nematology* 12, 283–287.

Inserra, R.N., Esser, R.P. and O'Bannon, J.H. (1988) Identification of *Tylenchulus* species from Florida. *Nematology Circular No. 153*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, 4 pp.

Inserra, R.N., Duncan, L.W., O'Bannon, J.H. and Fuller, S.A. (1994) Citrus nematode biotypes and resistant citrus rootstocks in Florida. *Nematology Circular No. 205*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, 4 pp.

Kaplan, D.T. (1981) Characterization of the citrus rootstock responses to *Tylenchulus semipenetrans* (Cobb). *Journal of Nematology* 13, 492-498.

Kaplan, D.T. (1988) Future considerations for nematode management in citrus. In: Goren, R. and Mendel, K. (eds) *Proceedings of the Sixth International Citrus Congress,* Balaban Publishers, Tel Aviv, Israel, pp. 969-975.

Kaplan, D.T. (1990) Screening of resistance to *Tylenchulus semipenetrans* and *Rodopholus* species. In: Starr, J.L. (ed.) *Methods for Evaluating Plant Species for Resistance to Plant-parasitic Nematodes.* Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland, pp. 51-57.

Kaplan, D.T. (1994) Measuring burrowing nematode virulence to select rootstocks for Florida citrus groves. *Florida State Horticultural Society* 107, 84-89.

Kaplan, D.T. and O'Bannon, J.H. (1981) Evaluation and nature of citrus nematode resistance in Swingle citrumelo. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 94, 33–36.

Ling, P., Duncan, L.W., Zeng, Z., Dunn, D., Hu, S., Huang, S. and Gmitter, F.G. Jr. (2000) Inheritance of citrus nematode resistance and its linkage with molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics* 100, 1010–1017.

Lo Giudice, V. and Inserra, R, N. (1980) Reaction of citrus and noncitrus rootstocks to *Tylenchulus semipenetrans*. *Nematologia Mediterranea* 8, 103-105.

McCarty, C.D., Bitters, W.P. and Van Gundy, S.D. (1979) Susceptibility of 25 citrus rootstocks to the citrus nematode. *HortScience* 14, 54-55.

McSorley, R., Parrado, J.L. and Dankers, W.H. (1984) A comparative method for extraction of nematodes from roots. *Nematropica* 14, 72-84.

Niles, R.K., Freckman, D.W. and Roose, M.L. (1995) Use of trifoliate orange as a standard for assessing the resistance of citrus rootstocks to citrus nematode. *Plant Disease* 79, 813-818.

O'Bannon, J.H. (1968) The influence of an organic soil amendment on infectivity and reproduction of *Tylenchulus semipenetrans* on two citrus rootstocks. *Phytopathology* 58, 597–601.

O'Bannon, J.H. and Ford, H.W. (1977) Resistance in citrus rootstock to *Rodopholus similis* and *Tylenchulus semipenetrans* (Nematoda). *Proceedings International Society Citriculture* 2, 544-549.

O'Bannon, J.H., Reynolds, H.W. and Leathers, C.R. (1966) Effect of temperature on penetration, development and reproduction of *Tylenchulus semipenetrans*. *Nematologica* 12, 483–487.

Reddy, P.P. and Agarwal, P.K. (1987) Resistance in citrus rootstocks to the citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*. *Indian Journal of Horticulture* 44, 111-114.

Reddy, P.P., Khan, R.M. and Agarwal, P.K. (1987) Selection of citrus rootstocks and hybrids resistant to the citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*. *Pakistan Journal of Nematology* 5, 69-72.

Siddiqi, M.R. (1974) *Tylenchulus semipenetrans*. *C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes* Set 3, No. 34. CAB International, Wallingford, UK, 4 pp.

Spiegel-Roy, P., Vardi, A., Elhanati, A., Solel, Z. and Bar-Joseph, M. (1988) Rootstock selections from a poorman orange x *Poncirus trifoliata* cross. In: Goren, R. and Mendel, K. (eds) *Proceedings of the Sixth International Society of Citrus Congress,* Balaban Publishers, Tel Aviv, Israel, pp. 195-200.

Tarjan, A.C. (1972) Observations on extracting citrus nematodes, *Tylenchulus semipenetrans*, from citrus roots. *Plant Disease Reporter* 56, 186-188.

Tsai, B.Y. and Van Gundy, S.D. (1989) Tolerance of proto-anhydrobiotic citrus nematodes to adverse conditions. *Revue de Nématologie* 12, 107-112.

Van den Berg, E. and Spaull, V.W. (1982) Two new species of Tylenchuloidea (Nematoda) on sugar-cane in South Africa. *Phytophylactica* 14, 131-144.

Van Gundy, S.D. (1958) The life history of the citrus nematodes *Tylenchulus semipenetrans* Cobb. *Nematologica* 3, 283-294.

Van Gundy, S.D. and Kirkpatrick, J.D. (1964) Nature of resistance in certain citrus rootstocks to citrus nematodes. *Phytopathology* 54, 419–427.

Van Gundy, S.D. and Martin, J.P. (1961) Influence of *Tylenchulus semipenetrans* on the growth and chemical composition of sweet orange seedlings in soils of various exchangeable cation ratios. *Phytopathlogy* 51, 146–151.

Van Gundy, S.D. and Meagher, J.W. (1977) Citrus nematode (*Tylenchulus semipenetrans*) problems worldwide. *Proceedings of the International Society of Citriculture* 3, 823-826.

Van Gundy, S.D. and Tsao, P.H. (1963) Infesting citrus seedlings with the citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*. *Phytopathology* 53, 228-229.

Van Gundy, S.D., Martin, J.P. and Taso, P.H. (1964) Some soil factors influencing reproduction of the citrus nematode and growth reduction of sweet orange seedlings. *Phytopathology* 54, 294–299.

Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F.J., Pons, J., Forner, J.B. and Alcaide, A. (1997a) The mediterranean biotypes of *Tylenchulus semipenetrans* in Spanish citrus orchards. *Fundamental and Applied Nematology* 20, 399–404.

Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F.J., Forner, J.B. and Alcaide, A. (1997b) Screening hybrid citrus rootstocks for resistance to *Tylenchulus semipenetrans* Cobb. *Hortscience* 32, 1116-1119.

Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F.J., Forner, J.B. and Alcaide, A. (2000) Resistance of hybrid citrus rootstocks to a mediterranean biotype of *Tylenchulus semipenetrans* Cobb. *Hortscience* 35, 296-273.

Walter, D.E., Kaplan, D.T. and Davis, E.L. (1993) Colonization of greenhouse nematode cultures by nematophagous mites and fungi. *Journal of Nematology* 25 (4S), 789-794.

Young, T.W. (1954) An incubation method for collecting migratory endoparasitic nematodes. *Plant Disease Reporter* 38, 794–795.

Zhu, W.S., Chen, H., Lan, X.Y., Chen, Q.Y. and Chian, K.M. (1992) Observation of the population of citrus root nematode in the soil and the resistance of different rootstocks. *China-Citrus* 22, 17-18.

Obeikandl.com

الفصل العاشر

نيماتودا اليام

The Yam Nematode: *Scutellonema bradys*

C. Kwoseh*, R.A. Plowright and J. Bridge
CABI Bioscience UK Centre, Bakeham Lane,
Egham, Surry TW20 9TY, UK
**Present address: c/o Crop Science Department,*
University of Science and Technology, Kumasi, Ghana.

ربما يكون اليام *Dioscorea* spp. واحداً من أقدم محاصيل الأغذية الكربوهيدراتية التي عرفها الإنسان (Alexander and Coursey, 1969)، وهو يزرع للحصول على درنات تستخدم كغذاء. كما أنه أيضاً أحد أكثر محاصيل الجذور والدرنات الاستوائية التي تتحمل التخزين لفترات طويلة (٢ –٥ أشهر) بعد الحصاد، مما يجعله مناسباً للاستهلاك كمحصول كربوهيدراتي على مدار العام (IITA, 1985)، ومساهماً كبيراً في سياسة الأمن الغذائي. ومن أوائل أنواع اليام التي تم استزراعها في غرب ووسط إفريقيا كل من: *D. rotundata* Poir، و*D. cayenensis* Lam، و*D. dumetorum* (Knuth) Pax. أما في وسط شرق آسيا فيعد النوع *D. alata* L. هو أول الأنواع التي تم استزراعها (Orkwor, 1998). وتزرع محاصيل اليام كمحاصيل غذاء على نطاق واسع في كل من غرب إفريقيا، وبعض مناطق المحيط الهادي كاليابان، وجزر الكاريبي (Jatala and Bridge, 1990). ولليام أيضاً أهمية اقتصادية أيضاً في بعض مناطق شرق إفريقيا وأمريكا الاستوائية. ويعد النوعان *D. rotundata*، و*D. cayenensis* أكثر أنواع اليام التي يتم إنتاجها في قارة إفريقيا، بينما يسود النوع *D. alata* في آسيا (Ng, 1990) وقد انتشر النوع *D. alata* من جنوب شرق آسيا إلى الهند والمحيط الهادي منذ أكثر من ألفي عام (Coursey and Martin, 1970).

يصاب اليام بالعديد من أنواع النيماتودا المتطفلة على النباتات، ولكن أهمها، وخاصة في شرق إفريقيا، هي نيماتودا اليام *Scutellonema bradys* (Steiner and LeHew) Andrassy (Bridge, 1972؛ Jalata and Bridge, 1990)، وتسبب هذه النيماتودا مرض تعفن درنات اليام المعروف باسم مرض العفن الجاف في درنات اليام. وينتشر هذا المرض انتشاراً واسعاً في المناطق المدارية (الاستوائية)، وخاصة في المناطق التي تزرع اليام. كما سجل المرض أيضاً في بلدان غرب إفريقيا مثل: نيجيريا، وساحل العاج، والسنغال، وجامبيا، وغانا، وتوجو، والكاميرون، إضافة إلى

بعض دول أمريكا اللاتينية مثل: كوبا، وجامايكا، وجواتيمالا، وبورتوريكو، وجواديلوبي، وهاييتي، وجزر الماليف في البحر الكاريبي، والهند، وفنزويلا، والبرازيل (Jatala and Bridge, 1990 ؛ Crozzoli and Parra, 1991 ؛ Plowright and Kwoseh, 1998 ؛ Park *et al.*, 1998). وينتمي نوع نيماتودا اليام *S. bradys* إلى العائلة Hoplolaimidae، وكأفراد هذه العائلة، يتميز هذا النوع بكبر حجمه نسبياً وشكله الدودي، ويبلغ طوله حوالى ١ مم، ويمتلك رمحاً قوياً حسن التكوين. ويتم التكاثر في هذا النوع خلطياً Amphimectic، وتضع الإناث البيض في التربة والجذور والدرنات، وتتطور اليرقات إلى أطوار كاملة في غضون ٢١ يوماً. وتعد نيماتودا اليام من الأنواع داخلية التطفل المهاجرة التي تتغذى على أنسجة البشرة المحيطية الخارجية (البريديرم) Periderm وتحت البشرة المحيطية Subepiderm في درنات اليام مسببة مرض العفن الجاف (اللوحة الملونة رقم ١٠). وتعد جميع الأطوار النشطة لهذه النيماتودا أطواراً معدية تخترق درنات اليام الصغيرة النامية من خلال نقاط النمو على هذه الدرنات، وكذلك من مناطق خروج الجذور والسيقان، والشقوق والجروح التي تحدث في بشرة الدرنة (Bridge, 1972).

تتعرض درنات اليام المصابة للضرر الشديد أثناء التخزين نتيجة لاستمرار تكاثر النيماتودا عليها في المخزن، واستمرار تطور أعراض العفن الجاف عليها (Bridge, 1973 ؛ Jalata and Bridge, 1990 ؛ Kwoseh, 2000). يبدأ ظهور الأعراض على الدرنات المصابة بشكل اصفرار في طبقة الأنسجة الخارجية للدرنة، ولا يلبث هذا الاصفرار أن يتحول إلى اللون البني فالأسود بتقدم أعراض المرض، كما تظهر التشققات أيضاً على أسطح الدرنات المصابة (اللوحة الملونة رقم ١٠)، وفي حالات الإصابة الشديدة، قد تتعفن الدرنات بأكملها في المخزن. وينحصر الضرر الحادث في خلايا الدرنة نتيجة الإصابة بالنيماتودا على أنسجة البشرة المحيطية الخارجية، وتحت البشرة المحيطية، والأنسجة البرانشيمية الخارجية للدرنة حتى عمق ١ – ٢ سم، وفي بعض الأحيان إلى أعمق من ذلك. وقد تسبب الإصابة بنيماتودا اليام *S. bradys* خفضاً في وزن الدرنة يقدر بحوالي ٢٠ – ٣٠٪ عند الحصاد (Smit and Bridge, 1982). ولكن الفقد الكبير في وزن الدرنات يحدث في المخزن ويصل إلى حوالي ٢٥٪، وقد تصبح الدرنات غير صالحة للأكل، حيث إن الفقد في وزن الدرنات يكون غالباً تراكمياً تعاقبياً (Adesiyan and Odihirin, 1975 ؛ Adesiyan *et al.*, 1975).

وتعد أغلب محاصيل اليام الغذائية التابعة للجنس *Dioscorea* عوائل لنيماتودا اليام *S. bradys*، كما تعد جميعها قابلة للإصابة بمرض العفن الجاف. وهناك محاصيل أخرى عائلة لهذا النوع من النيماتودا، ولكنها كلها عوائل فقيرة مقارنة باليام عدا اللوبيا *Vigna unguiculata*، والسمسم (Beniseed أو Sesame) *Sesamum indicum*، والشمام (Adesiyan, 1976 ؛ Jalata and Bridge, 1990).

Obeikandi.com

لم توجد صفة المقاومة لنيماتودا اليام *S. bradys* حتى الآن في أي من السلالات المحلية أو التراكيب الوراثية التي تم اختبارها من نوعي اليام *D. alata* و*D. rotundata*. بينما وجدت هذه الصفة في صنف واحد من اليام الأصفر *D. cayenensis* وبعض التراكيب الوراثية لنوعين آخرين من يام الأكل (*D. esculenta* و*D. dumentorum*) (Bridge, 1982 ؛ Kwoseh, 2000). ويجب معرفة أن صفة المقاومة ليست صفة شائعة تجاه أنواع النيماتودا داخلية التطفل المتجولة مثل *S. bradys*، كما هو الحال بالنسبة لصفة المقاومة تجاه الأنواع داخلية التطفل الساكنة التي تكون مناطق تغذية متخصصة مثل أنواع نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne*، ونيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera*، ونيماتودا الحوصلات *Heterodera*، والنيماتودا الكلوية *Rotylenchulus*، ونيماتودا الموالح *Tylenchulus*. ومن الممكن مكافحة نيماتودا اليام *S. bradys* في اليام بمعاملة درنات التقاوي بالماء الساخن (Bridge, 1975)، على الرغم من أن هذه المعاملة نادرة الاستخدام والقبول لدى المزارعين في مناطق إنتاج اليام. ولذلك قد تكون المقاومة هي الوسيلة الأفضل في إدارة هذه النيماتودا.

التراكيب الوراثية ومصادر المقاومة
Germplasm and Sources of Resistance

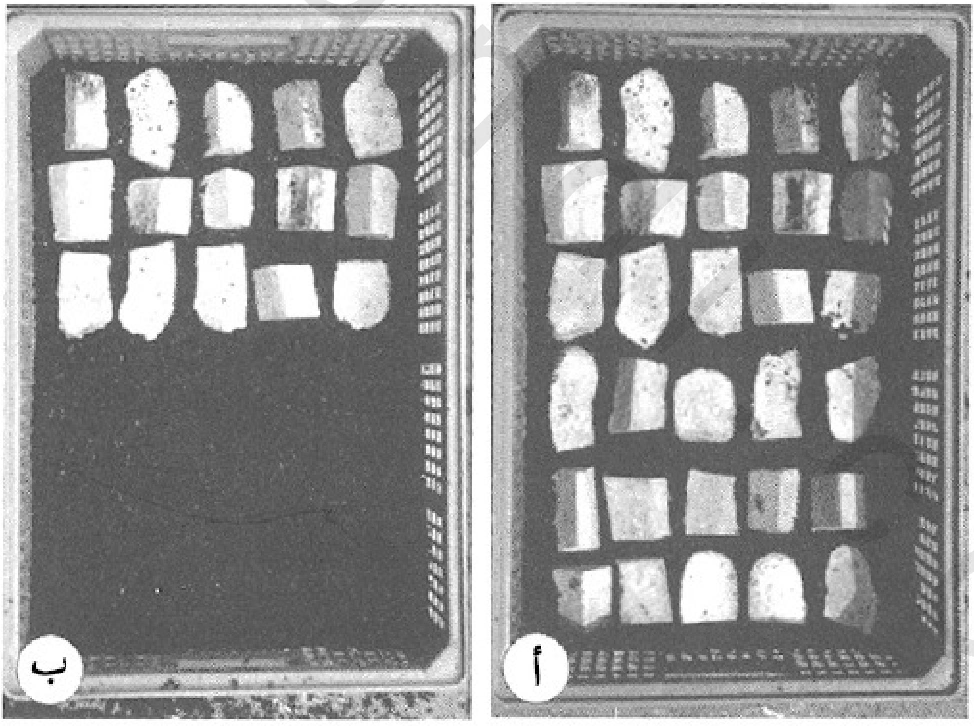
كسائر أنواع النيماتودا الأخرى، من الممكن العثور على مصادر للمقاومة تجاه نيماتودا العفن الجاف *S. bradys*، وحينئذ تكون هذه المصادر أفضل ما يمكن عمله في برامج التربية . ومن أفضل وأشهر تلك البرامج هو برنامج تربية اليام في المعهد الدولي للزراعات الاستوائية International Institute of Tropical Agriculture (IITA) في إبادان بنيجيريا.

وعند إجراء تجارب التقييم للمقاومة، يمكن استخدام تقاوي في شكل درنات كاملة او أجزاء منها، أو بذور، أو نباتات منتجة في مزارع الأنسجة، أو شرائح درنات (Otoo *et al*., 1987). ويفضل استخدام شرائح الدرنات لانخفاض تكاليفها. وتجرى هذه الطريقة بإزالة رأس الدرنة ثم تقطيعها إلى شرائح رقيقة بسمك ١ – ٢ سم. بعد ذلك، تقطع الأجزاء الخارجية لهذه الشرائح إلى مجموعات من القطع الصغيرة المسطحة بوزن ٤٠ – ٥٠ جم إذا كانت الزراعة تتم في الأصص، أو ١٠٠ جم للزراعة في الحقل. ويجب معاملة هذه المجموعات من القطع سطحياً بمبيد فطري بالملامسة مخلوطاً مع تراب الخشب، أو بالمبيد الفطري وحده، أو بتراب الخشب وحده. ويسمح للمجموعات المعاملة بالإنبات في وسط بيئي معقم مثل خشب جوز الهند المرطب، أو الرمل، أو قش الأرز، أو نشارة الخشب داخل صناديق في البيت الزجاجي. وتبلل هذه العينات بواسطة مبيد البنليت بمعدل ٢,٣ جم/لتر ماء، أو مبيد آخر. تنثر المجموعات المعاملة على سطح البيئة الرطبة (الشكل رقم ١٠,١). وتعطي هذه الطريقة نباتات

متماثلة، ودرنات ذات حجم ودرجة نضج جيدتين. وتكون الشتلات الناتجة بهذه الطريقة جاهزة للشتل بعد ٤–٥ أسابيع من زراعة المجموعات.

وسط الزراعة في الأصص والقطع الحقلية
Potting Medium and Field Plots

يمكن استخدام وسط زراعي في الأصص مكوناً من خليط (١ : ١، أو ١ : ٢) من خشب جوز الهند والتربة بعد تعقيمه بالحرارة. وعادة يتراوح حجم الأصص بين ٦٠٠ و١٠٠٠سم³، وتحتوي على ٥٠٠ – ٩٠٠ سم³ من الوسط الزراعي لكل أصيص. أما شتلات اليام المستخدمة للتقييم فيكون عمرها أربعة أشهر، وتترك لتنمو لمدة أسبوعين بعد الشتل داخل البيت الزجاجي، على درجة حرارة لاتقل عن ٢٥ °م. ويجب أن تكون كمية الماء المستخدم في ري جميع النباتات متساوية، وأن يكون الماء المستخدم في الري خالياً من النيماتودا. أما في التجارب الحقلية، فتزرع نباتات أو درنات اليام في خطوط على مسافة ١×١ متر.



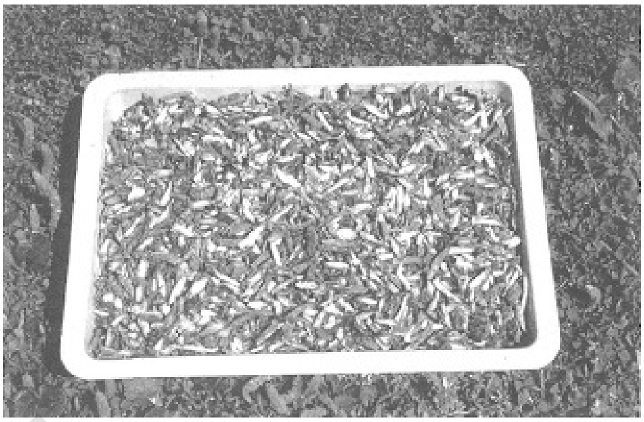
الشكل رقم (١٠,١). قطع صغيرة من اليام منماة على بيئة من بيتموس جوز الهند cocopeat في أوعية بلاستيكية: أ) قطع اليام على بيتموس جوز هند رطب، ب) قطع اليام مغطاة جزئياً ببيتموس جوز هند رطب.

اللقاح النيماتودي

Nematode Inoculum

يمكن الحصول على اللقاح النيماتودي المطلوب استخدامه في تقييم صفة المقاومة تجاه نيماتودا اليام من مزارع أحادية (وحيدة نوع النيماتودا) Monoxenic cultures لهذه النيماتودا على شـرائح كالس من درنات اليام منماة في أطبـاق بتري (Kwoseh, 2000 ؛ Kwoseh *et al.*, 1998). تُغسـل درنـات اليام *D. rotundata* الخالية من النيماتودا، وتُقشر، وتُقطع إلى شرائح صغيرة تُعامل بمبيد فطري مثل الكاربندازيم أو غيره، ويجب أن يكون المبيد الفطري غير سام للنيماتودا. ومن الأفضل لضمان ذلك أن يتم اختبار حساسية النيماتودا للمبيد الفطري الموجود أولاً. بعد ذلك تُوضع شرائح اليام في محلول المبيد الفطري لمدة ١٥ ق. تُجفف بعد ذلك شرائح اليام في الهواء، وتُنزع عنها بشرتها يدوياً، وتُعقم في محلول هيبوكلوريت الصوديوم (١٪ كلور حر) لمدة ١٥ ق). تُشطف شرائح اليام ست مرات بالماء المقطر المعقم، ثم تُنشر لتجف فوق سطح ورق ترشيح معقم. بعد ذلك، يُؤخذ منها شرائح صغيرة تزن كل منها ٣- ٦ جم، وتوضع كل شريحة فوق سطح بيئة آجار مائي ١٪ في طبق بتري، وتحفظ الأطباق لمدة ثلاثة أسابيع حتى ينمو الكالس (الذي يُستدل على نموه بابيضاض الأنسجة الخارجية لشريحة اليام). بعد ذلك، تُعقم النيماتودا سطحياً في محلول أخضر المالاكيت ٠,١٪ لمدة ٥ ق، ثم تُشطف عشر مرات بواسطة ماء مقطر معقم. يُلقح كل طبق من أطباق بتري بعد ذلك بحوالي ٢٠ – ٣٠ نيماتودا نشطة من نيماتودا اليام *S. bradys* تُلقّط واحدة تلو الأخرى من معلق يحتوي على هذه النيماتودا موضوع في زجاجة ساعة Watch glass. تُغلق أطباق بتري بعد تلقيحها بالنيماتودا بواسطة شرائط بارافيلم، وتحفظ على درجة حرارة ٢٥ °م في الظلام. وبعد خمسة أشهر من التلقيح، يمكن الحصول على إنتاج جيد من النيماتودا بهذه الطريقة، ويمكن استخلاص النيماتودا من شرائح اليام وبيئة الآجار (بعد تقطيعها) باستخدام طريقة طبق بيرمان على مدار فترة تبلغ عدة أيام.

يمكن أيضاً الحصول على نيماتودا اليام *S. bradys* مباشرة من درنات اليام المصابة بالحقل أو المخزن. وفي هذه الحالة، تؤخذ الدرنات التي تبدو عليها أعراض الإصابة بالعفن الجاف، وتُقشر، وتؤخذ القشور لتقطع إلى قطع صغيرة بطول ١ – ٢ سم وعرض ٣ – ٤ مم (الشكل رقم ١٠,٢). تُخلط القشور بعد ذلك خلطاً جيداً، وتؤخذ منها عينة بوزن ٥ – ١٠ جم لتستخلص منها النيماتودا بطريقة طبق بيرمان المحوّرة لمدة ٤٨ ساعة على الأقل، وبذلك، يمكن تقدير الكثافة العددية للنيماتودا بتلك القشور. بعد ذلك، تُستخدم القشور في عدوى نباتات الأصص أو الحقل.



الشكل رقم (١٠,٢). قطع قشور درنات اليام التي تستخدم في التلقيح.

طرق التلقيح
Inoculation Methods

لتحديد رد فعل نباتات اليام تجاه النيماتودا، يكون اللقاح النيماتودي المناسب في غاية الأهمية، وذلك لأن الأصناف القابلة للإصابة قد لاتصنف على النحو الصحيح إذا كانت مستويات اللقاح النيماتودي منخفضة جداً. ويتم التلقيح عن طريق وضع عدد معروف من النيماتودا في كمية صغيرة من الماء في حفرة صغيرة في التربة عند قاعدة ساق نبات اليام (ومن الممكن توزيع اللقاح النيماتودي على عدة حفر صغيرة تبعد مسافات متساوية من ساق النبات). ويتم مجانسة اللقاح النيماتودي بنفخ الهواء فيه من خلال ماصة، أو بواسطة مقلب مغناطيسي وذلك قبيل إجراء التلقيح، كما تزداد عملية التجانس أيضاً بعدوى تربة كل أصيص على مرتين (وليكن باستخدام ١ مل من معلق النيماتودا في كل مرة مثلاً)، على أن نبدأ بوضع ١ مل في الأصص من رقم ١ حتى الأخير، ثم العودة بوضع ١ مل آخر بدايةً من الأصيص الأخير وانتهاءً بالأصيص رقم واحد. ويجب عدّ النيماتودا بدقة دائماً في كل ١ مل من المعلق النيماتودي المستخدم في اللقاح. تترك النباتات لتنمو تسعة أسابيع بعد التلقيح ثم تحصد وتبدأ عملية التقييم.

يمكن تلقيح نباتات اليام في الأصص أيضاً بنيماتودا العفن الجاف *S. bradys* بتلويث تربة الأصص بواسطة قشور درنات اليام المصابة بتلك النيماتودا بعد تقطيعها إلى قطع صغيرة (الشكل رقم ١٠,٢). ويتم إجراء ذلك بإزالة جزء من التربة من حول النبات، حتى تظهر جذوره، ثم توضع قشور الدرنات المصابة بالنيماتودا، وتغطى مرة أخرى بالتربة. وتصلح تلك الطريقة لتلقيح نباتات اليام سواء في اختبارات الأصص أو الاختبارات الحقلية.

وقد وجد أن مستويات اللقاح تؤثر بشدة على رد فعل نباتات اليام لنيماتودا العفن الجاف في درنات اليام *S. bradys*. ويمكن استخدام كثافة ابتدائية من اللقاح النيماتودي تتراوح بين ١٢٠ و٢٨٠٠ فرد نشط من النيماتودا (أو ما يعادلها من قشور درنات اليام المصابة) لتلقيح نبات اليام النامي في أصيص بحجم ٦٠٠ – ١٠٠٠ سم٣

ويحتوي على ٥٠٠ — ٨٠٠ سم^{3} خليط معقم من التربة، وذلك لتحديد مقاومة أو قابلية هذا النبات للإصابة. يمكن أيضاً استخدام تربة ملوثة طبيعياً أو صناعياً في الحقل أو البيت الزجاجي تحتوي على ١ - ٢ نيماتودا/سم^{3} تربة في تحديد مقاومة أو قابلية نباتات اليام للإصابة بنيماتودا العفن الجاف *S. bradys*.

تصميم التجربة
Experimental Design

يُعد تصميم المربع اللاتيني Latin square أفضل التصميمات التي تستخدم في دراسات تقييم مقاومة النباتات تجاه النيماتودا في الحقل وذلك لفاعليته وبساطته. ومن التصميمات الجيدة أيضاً في ذلك تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD). كما تعطي التربة الملوثة طبيعياً بالنيماتودا نتائج ثابتة، وتعد أفضل الطرق لمثل تلك الدراسات في الحقل. وتساعد الزراعة المستمرة لليام في قطعة أرض زراعية معينة في بناء عشائر نيماتودا العفن الجاف *S. bradys*. يمكن أيضاً استخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة في اختبارات الأصص. ولضمان الدقة عند تقدير الاختلافات الكمية في قابلية نباتات اليام للإصابة بنيماتودا العفن الجاف *S. bradys*، يكون من الأفضل استخدام ٥- ١٠ مكررات في كل صنف. ويجب وضع تكاليف التجربة من حيث مساحة الأرض، والزمن، والعمالة، وتوفر اللقاح في الحسبان.

جمع البيانات
Data Collection

لا يتناسب معدل تكاثر نيماتودا العفن الجاف *S. bradys* في جذور اليام مع مثيله في الدرنات. وبصفة عامة، يكون عدد النيماتودا في الجرام الواحد من الجذور أكبر منه في الجرام الواحد من الدرنات. وقد يعود ذلك إلى الاختلافات الفسيولوجية بين كل من الجذور والدرنات، ووظيفة كل منها، واختلاف ميكانيكيات الإصابة أيضاً في كل منها. ونتيجة لتلك الاختلافات، فإن البرتوكول الجذري -وهو الأسهل في إجرائه- لا يمكن استخدامه لتحديد صفة المقاومة أو القابلية للإصابة في اليام تجاه نيماتودا العفن الجاف *S. bradys*. وذلك لأن صنفاً ما من اليام قد تكون جذوره قابلة للإصابة، ولكن درناته مقاومة، مما يؤدي إلى سوء التقدير. وبناءً عليه، يجب استخدام الدرنات، وهي الجزء الأهم اقتصادياً في نبات اليام، في جميع اختبارات المقاومة تجاه نيماتودا العفن الجاف *S. bradys*.

وتعتمد درجة الدقة في تقدير شدة الإصابة بنيماتودا العفن الجاف في نباتات الأصص أو درنات اليام المخزن على طريقة أخذ العينة. ومن الناحية العملية، تتضرر كل النباتات والدرنات بشدة أثناء ذلك. ويتم حصاد النباتات تبعاً للمكررات، ثم تفصل الجذور والدرنات عن كل نبات وتوضع على منخل وتغسل بالماء الجاري ثم تجفف

بنسيج ورقي. تفحص الدرنات لتسجل أعراض الإصابة والضرر بالنيماتودا على مقياس صفر – ٣ (الجدول رقم ١٠,١)، كما يسجل الوزن الرطب للدرنات أيضاً، مع مراعاة تسجيل نمط الإصابة والوزن لكل درنة على حدة. أما في الحقل، فيسجل الوزن الرطب لدرنات اليام عند الحصاد، وكذلك بعد أربعة أسابيع على الأقل من التخزين، وتسجل أعراض الضرر تبعاً لنفس المقياس السابق.

الجدول رقم (١٠,١). وصف لأنواع الإصابة وتسجيل أعراض الضرر النيماتودية على درنات اليام.

دليل الإصابة	النسبة المئوية للأنسجة الطرية	العفن الطري أو الجاف	تشقق سطح الدرنة
صفر	صفر	لا يوجد	لا يوجد
١	أقل من ٢٥	خفيف	خفيف
٢	٢٦ – ٥٠	متوسط	متوسط
٣	أكثر من ٥٠	شديد	شديد

وبعد تسجيل الأعراض الظاهرية للإصابة، تسجل أعراض العفن الداخلية في الدرنات، وكذلك أعداد النيماتودا في كل درنة. تؤخذ ثلاثة طبقات من القشور من كل درنة في صورة شريط عرضه ١,٥ – ٢ سم وسمكه ٣– ٥ مم يبدأ من أحد طرفي الدرنة وينتهي عند الطرف الآخر على أن تكون المسافات بين الأشرطة متساوية. وإلى جانب ذلك، تؤخذ أيضاً عينات عشوائية صغيرة من القشور من مختلف جوانب الدرنة. كما تسجل أعراض العفن الجاف على أنسجة الدرنات. وبعد تسجيل الأضرار النيماتودية على الدرنة، تقطع القشور وأنسجة الدرنات إلى قطع صغيرة وتخلط سوياً باليد، ثم تؤخذ عينات بوزن ٣– ٥ جم من القشور المقطعة بطريق عشوائية، وذلك لاستخلاص النيماتودا منها باستخدام طريقة قمع بيرمان المحورة على درجة حرارة ٢٥ °م ولمدة يومين على الأقل.

تتم مجانسة المعلق النيماتودي بنفخ الهواء خلاله بواسطة ماصة، أو تقليبه باستخدام مقلب مغناطيسي، ثم يؤخذ منه تحت عينة تساوي ١ – ٢ مل لعدّ النيماتودا. ولضمان الدقة، تؤخذ تحت عينتين أو ثلاث تحت عينات كل على حدة من كل عينة ويتم عدّ النيماتودا في كل منها، ثم يؤخذ متوسط القراءات.

وهناك علاقة خطية قوية بين أعراض العفن والكثافة العددية لنيماتودا العفن الجاف *S. bradys* في درنات اليام. ومن ثم، يمكن استخدام شدة أعراض العفن الجاف بفاعلية لتحديد مقاومة أو قابلية درنات اليام للإصابة عند الحصاد وبعد فترة من التخزين. وباستخدام تلك البروتوكولات، يمكن تقييم عدد لابأس به من التراكيب الوراثية لليام، واستبعاد القابل للإصابة منها في فترة قصيرة من الوقت.

تحدث أعراض العفن الجاف في اليام أيضاً بواسطة عدد من أنواع النيماتودا الأخرى مثل نيماتودا تقرح البن *Pratylenchus coffeae*، وذلك في عدة مناطق مختلفة من العالم مثل دول حوض المحيط الباسيفيكي وجزر الكاريبي. ويمكن استخدام نفس البروتوكولات المستخدمة في تقييم مقاومة أصناف اليام تجاه النيماتودا *S. bradys* للتقييم ضد النيماتودا *P. coffeae*.

المراجع
References

Adesiyan, S.O. (1976) Host range studies of the yam nematode, *Scutellonema bradys*. *Nematropica* 6, 60-63.

Adesiyan, S.O. and Odihirin, R.A. (1975) Plant parasitic nematodes associated with yam tubers in Mid-West State, Nigeria. *Nigerian Journal of Plant Protection* 3, 171-179.

Adesiyan, S.O., Odihirin, R.A. and Adeniji, M.O. (1975) Economic losses caused by the yam nematode *Scutellonema bradys* in Nigeria. *Plant Disease Reporter* 59, 477-480.

Alexander, J. and Coursey, D.G. (1969) The origin of yam cultivation. In: Ucko, P.J. and Dimpleby, G.W. (eds) *The Domestication and Exploitation of Plants and Animals*. Gerald Duckworth Press, London, pp. 405-425.

Bridge, J. (1972) Nematode problems with yam (*Dioscorea* spp.) in Nigeria. *PANS* 18, 89-91.

Bridge, J. (1973) Nematodes as pests of yams in Nigeria. *Mededelingen Fakulteit Ladbouwetenschappen Universitat Gent* 38, 841-852.

Bridge, J. (1975) Hot water treatment to control plant parasitic nematodes of tropical crops. *Mededelingen Fakulteit Ladbouwetenschappen Universitat Gent* 40, 249-259.

Bridge, J. (1982) Nematodes of yams. In: Miege, J. and Lyonga, S.N. (eds) *Yams. Igname*. Clarendon Press, Oxford, pp. 253-264.

Coursey, D.G. and Martin, R.W. (1970) The past and future of yams as crop plants. In: *Proceedings of the Second Symposium of Tropical Roots Crops*, Hawaii, pp. 87-90, 99-101.

Crozzoli, P.R. and Parra, M.D.M. (1991) Detection of the nematode *Scutellonema bradys* causing dry rot of yams in Venezuela. *Fitopatologia, Venezolana* 4, 26.

International Institute of Tropical Agriculture (IITA) (1985) *Research Highlights and Annual Report for 1984*. Ibadan, Nigeria.

Jatala, P. and Bridge, J. (1990) Nematode parasites of root and tuber crops. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International. Wallingford, UK, pp. 137-180.

Kwoseh, C.K. (2000) Identification of resistance to major nematode pests of yams (*Dioscorea* spp.) in West Africa. Ph. D. Thesis, Department of Agriculture, Reading University, 175 pp.

Kwoseh, C.K., Plowright, R.A., Stanfield, J. and Asiedu, R. (1998) Culturing *Scutellonema bradys* on yam tuber slices. *Proceeding of the 7th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops-Africa Branch, Cotonou, Benin*, 11-17 October 1998. Poster abstract.

Ng, S.Y.C. (1990) *In vitro* tuberisation in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir). *IITA Research Highlight* 1990, pp. 11-13.

Orkwor, G.C. (1998) The importance of yams. In: Orkwor, G.C., Asiedu, R. and Ekanayake, I.J. (eds) *Food Yams. Advances in Research*. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) and National Root Crops Research Institute, Nigeria, p. 249.

Otoo, J.A., Osiru, D.S.O., Ng, S.Y.C. and Hahn, S.K. (1987) *Improved Technology for Seed Yam Production*. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 56 pp.

Park, S.D., Khan, Z., Kim, S., Kim, K., Min, K., Kim, S.J., Kim, K.J. and Min, K.K. (1998) Occurrence and distribution of plant parasitic nematodes in yam (*Dioscorea batatas*) field in Korea. *International Journal of Nematology* 8, 141-144.

Plowright, R.A. and Kwoseh, C.K. (1998) Farmers perceptions of nematode disease in yams in Ghana and prevalence of endoparasitic nematodes in stored tubers. *Nematologica* 44, 558-559 (Abstract).

obeikandl.com

الفصل الحادي عشر

النيماتودا خارجية التطفل

Ectoparasitic Nematodes

J.L. Starr and I.F. Bendezu
Department of Plant Pathology and Micribiology,
Texas A&M University, College station, TX 77843-2132, USA

تشمل هذه المجموعة من النيماتودا المتطفلة على النباتات التي تتطفل خارجياً على عوائلها عدداً كبيراً ومتنوعاً من الأجناس التي تتطفل على أغلب المحاصيل الزراعية ذات الأهمية الاقتصادية (الجدول رقم ١١.١). وقد تكون عملية الفصل بوضوح بين النيماتودا خارجية التطفل المتجولة والنيماتودا داخلية التطفل المتجولة مسألة غير سهلة دائماً، فالنيماتودا التاجية *Hoplolaimus* والحلزونية *Helicotylenchus* قد تمثلان كلا المجموعتين في آن واحد. وبالرغم من التسليم بأن نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا الحوصلات هما المسؤولتان أساساً عما يحدث من فقد في المحاصيل الزراعية بسبب النيماتودا، فإن هناك عدة أنواع من النيماتودا خارجية التطفل (الجدول رقم ١١.١) التي تعد من الممرضات الهامة لمحصول معين في منطقة معينة (على سبيل المثال، النيماتودا الحلقية *Cricomemella xenoplax* على الخوخ في جنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية). وفي معظم الأحوال، وخاصة في المحاصيل ذات القيمة الاقتصادية المنخفضة، لم يتم بذل المجهودات الكافية لإثبات الفقد المحصولي في المحاصيل الزراعية نتيجة لتطفل النيماتودا خارجية التطفل عليها. وفي بعض دراسات الحصر المحدودة للنيماتودا المصاحبة لمحصول الذرة الرفيعة في بتسوانا وزيمبابوي، وجد أن ظاهرة ضعف النمو في هذا المحصول تكون مصحوبة دائماً بوجود كثافة عددية عالية من كل من: النيماتودا الإبرية *Longidorus*، ونيماتودا التقزم *Tylenchorhynchus*، والنيماتودا الخنجرية *Xiphinema* (Starr, unpublished data)، ولكن ليس هناك دليل واضح على أيهم المسبب لتلك العلاقة المرضية. وكمجموعة، نجد أن النيماتودا خارجية التطفل بصفة عامة لا تصنف بين الممرضات النباتية الشرسة، ولا بد من وجود أعداد كبيرة منها لكي تسبب أضراراً واضحة في النباتات المصابة. ويستثنى من بين ذلك النيماتودا اللاسعة *Belonolaimus longicaudatus* التي تسبب أضراراً شديدة لكل من القطن، والذرة، وفول الصويا، حتى لو وجدت بأعداد قليلة جداً تقترب بالكاد من المستوى الذي يمكن الكشف عنه Detection level.

الجدول رقم (١١,١). النيماتودا خارجية التطفل المترافقة مع أضرار الفقد الاقتصادي في المحاصيل النباتية (Luc *et al.*, 1990؛ Evans *et al.*, 1993).

النيماتودا	المحصول
Aphelenchus	طماطم، فطر المشروم.
Belonolaimus longicaudatus	ذرة، قطن، بطاطس، فول سوداني، قصب سكر، فاصوليا، فلفل، كرفس، نجيل، فراولة، فول صويا، ذرة رفيعة، برسيم، جوز.
Cacopaurus	جوز.
Criconemella	خوخ، برقوق، جوز، عنب، فول سوداني، تبغ.
Dolichodorus heterocephalus	ذرة حلوة، فاصوليا، كرفس.
Helicotylenchus dihystera	قصب سكر.
Hemicriconemoides kanayaensis	شاي.
Hemicycliophora arenaria	موالح.
Hemicycliophora nudata	ذرة، فاصوليا، قصب سكر، جزر.
Hoplolaimus	ذرة، قطن، قصب سكر، موز، صنوبر، نجيل.
Longidorus elongatus	قصب سكر، بنجر سكر، بطاطس، طماطم، خس، توت القصب، فراولة، خوخ، كريز، نعناع، مخروطيات، برسيم، نجيل.
Paratylenchus	كرفس، برقوق، أناناس، توت القصب، برسيم.
Scutellonema siamense	فلفل أسود.
S. brachyurus	كاكاو، قصب سكر.
Trichodorus/Paratrichodorus	بنجر، بطاطس، بازلاء، بصل، ذرة، طماطم، فلفل، قطن، تبغ، موالح، عنب، قصب سكر، برسيم حجازي، برسيم، نجيل.
Tylenchus	كرنب الرؤوس.
Xiphinema	عنب، لوز، الفواكه ذات النواة الحجرية، تفاح، كمثرى، حشيشة الدينار، فراولة، توت، فاصوليا، طماطم، تبغ، ذرة رفيعة، قصب سكر، نجيل، برسيم، موالح، مخروطيات.

العلاقات بين العائل والطفيل
Host-Parasite Relations

تعد النيماتودا خارجية التطفل من الأنواع التي تقيم علاقات محدودة غير متعمقة مع عوائلها، كما تتميز بميكانيكية بدائية في التطفل ينتج عنها غالباً موت خلايا العائل (Wyss, 1981). وحتى عندما يكون التفاعل بين رمح

obeikandl.com

النيماتودا وخلية العائل قصيراً في مدته مقارنة بما يحدث في حالة النيماتودا الساكنة (Hussey *et al*., 1992)، فإن النشاط الغذائي لهذه المجموعة من النيماتودا إذا لم يؤد إلى موت الخلية (Wyss, 1987)، فإنه يؤدي إلى إحداث عقد جذرية (كما في حالة النيماتودا الخنجرية على العنب، والنيماتودا الإبرية على الفراولة أو الشيلم)، كما تؤدي بعض الأنواع الأخرى من هذه النيماتودا إلى تحورات خلوية في نسيج العائل (Bleve-Zacheo *et al*., 1987 ؛ Hussey *et al*., 1992). وقد يحدث موت الخلايا نتيجة لتطفل هذه النيماتودا بسبب الأعداد الكبيرة منها التي تتغذى على منطقة واحدة من نسيج النبات العائل في نفس الوقت (Streu *et al*., 1961 ؛ Klinger, 1975). وتتكون العقد الجذرية على جذور النباتات المصابة بالنيماتودا الخنجرية بسبب الانقسامات الميتوزية المتكررة التي تحدث في خلايا النسيج المصاب دون أن يتبع ذلك انقسامات سيتوبلازمية Cytokinesis (Rumpenhost and Weischer, 1978 ؛ Wyss *et al*., 1980)، بينما تتسبب العقد الجذرية في جذور النباتات المصابة بالنيماتودا الإبرية عن التضخم الذي يحدث في مجموعة من الخلايا الفارغة المحاطة بخلايا وحيدة الأنوية متحورة (Griffiths and Robertson, 1984). ويبدو أن الإفرازات التي تفرزها النيماتودا من الغدة الظهرية للمريء أمراً ضرورياً لعملية تحلل الجدر الخلوية في النبات العائل، ثم بعد ذلك تحلل سيتوبلازم الخلايا المجاورة (Robertson *et al*., 1984). وقد تم ثبوت إنتاج (Smant *et al*., 1998) وإفراز (Wang *et al*., 1999) إنزيمات السليوليز Cellulase enzymes بواسطة النيماتودا داخلية التطفل الساكنة. وفي حالة النيماتودا الحلقية *Cricomemella xenoplax*، تتحور الروابط (الخيوط) السيتوبلازمية Plasmodesmata بين الخلية المغذية والخلايا المجاورة بطريقة تسهل عملية انتقال العناصر الغذائية الذائبة إلى الخلية المغذية (Hussey *et al*., 1992). ويتلخص التحور الحادث في هذه الروابط السيتوبلازمية في اتساع أقطارها، وفقدها للأنيبيبات الدقيقة Desmotubules، واستطالتها عن طريق ترسبات شبه كالوزية. وتؤدي تغذية النيماتودا الغمدية *Hemicycliophora typica* على أطراف جذيرات نباتات الأرز إلى حدوث فجوات في تلك الجذيرات تحاط بخلايا ذات جدر خلوية متحللة جزئياً مشابهة لخلايا المدمج الخلوي Cyncytia (Bleve-Zacheo *et al*., 1987). وإضافة إلى ذلك أيضاً، ربما تقوم إفرازات الغدد المريئية الظهرية بإسالة السيتوبلازم الخلوي لتسهيل عملية بلعه بواسطة النيماتودا.

وقد ينتهي النشاط الغذائي للنيماتودا على خلية مغذية معينة في بضع دقائق كما في حالة النيماتودا الخنجرية *X. index*، أوحتى في ساعات كما في نيماتودا التقزم *Tylenchorhynchus dubius* (Wyss, 1987)، وقد يمتد إلى ثمانية أيام كما في النيماتودا الحلقية *C. xenoplax* (Hussey *et al*., 1992). وتتغذى معظم أنواع النيماتودا خارجية التطفل على مجموعة من الخلايا لعدة ساعات، وتتوقف عندما تصعب عملية انتقال السيتوبلازم الخلوي بسبب موت الخلايا، أو عندما تكون النيماتودا قد ابتلعت ما يكفيها من السيتوبلازم. وخلال عملية التغذية، تقوم النيماتودا الحلقية *C. xenoplax* بتكوين أنبوب تغذية Feeding tube، ويصبح مظهر السيتوبلازم والعضيات الخلوية بالقرب من

Obeikandl.com

أنبوب التغذية مختلفاً عن مثيله البعيد عن أنبوب التغذية ورمح النيماتودا (Hussey *et al.*, 1992). وقد وجد أن النشاط الغذائي للنيماتودا خارجية التطفل يؤثر على التعبير الجيني Gene expression في خلايا العائل، حيث أوضح Barthels *et al* (1997) انخفاضاً في التعبير الجيني لجين التبليغ (GUS) Reporter gene للخلايا المغذية عديدة الأنوية التي كونتها النيماتودا الخنجرية *X. diversicaudatum*.

وبالرغم من أنه من الثابت أن التحورات في خلايا العائل التي تحدثها النيماتودا خارجية التطفل غير معروفة تفصيلياً كما هو الحال بالنسبة للنيماتودا داخلية التطفل، إلا أن هذه التحورات قد تكون معقدة بالدرجة التي تكفي لاستخلاص أن عدم حدوث هذه التحورات قد ينتج عنه عدم قابلية النبات للإصابة بتلك النيماتودا. وبالمثل، يؤدي التغير في استجابة النبات للنشاط الغذائي للنيماتودا الذي ينتج عنه تقليصاً للمدة الزمنية للتغذية في مكان واحد في النبات إلى انخفاض قابلية النبات للإصابة بهذه النيماتودا. وتقترح كل الأدلة المعروفة أن العلاقة بين النيماتودا خارجية التطفل وعوائلها هي علاقة معقدة.

المقاومة تجاه النيماتودا خارجية التطفل
Resistance to Ectoparasitic Nematodes

أدى ضعف الاهتمام بالنيماتودا خارجية التطفل، وخاصة إذا ما قورنت بالنيماتودا داخلية التطفل الساكنة أو المهاجرة، إلى نقص شديد في المحاولات التي بذلت لتعريف مصادر للمقاومة أو التحمل أو حتى تطوير أصناف مقاومة أو متحملة للإصابة بهذه النيماتودا. ويلخص الجدول رقم (١١،٢) بعض النيماتودا.المجهودات الحالية لتعريف المقاومة أو التحمل في مجموعة من الأصناف. وقد كان هناك محصولان اثنان فقط (الفول السوداني والخوخ) وهما اللذان حظيا باختبار أعداد كبيرة من التراكيب الوراثية من كل منهما. وبرغم هذه المجهودات المحدودة، فقد وجدت صفتا المقاومة والتحمل في أغلب المحاصيل التي تم اختبارها. وتقترح هذ النتائج أنه ربما يمكن العثور على المزيد من مصادر المقاومة والتحمل للإصابة بتلك الأنواع من النيماتودا إذا ما بذلت مجهودات أكبر في اختبار التراكيب الوراثية المتاحة من النباتات.

وبسبب أهمية النيماتودا كإحدى مكونات صور المعقد المرضي في بعض المحاصيل، فقد تم توجيه قدر كبير من المجهودات نحو الاهتمام بصفتي المقاومة والتحمل للإصابة كصور مرضية مقارنة بالمجهودات التي وجهت للنيماتودا ذاتها. وفي حالة ظاهرة قصر أعمار الخوخ، وعلى الرغم من عدم العثور على أصناف مقاومة للنيماتود الحلقية *C. xenoplax* (Westcott and Zehr, 1991 ؛ Westcott *et al.*, 1994)، فقد تم تعريف بعض التراكيب الوراثية من الخوخ ذات مقاومة محسنة تجاه هذه الظاهرة، مما أدى إلى زيادة عمر أشجار الخوخ المزروعة في حقول ملوثة بالنيماتودا وبعض الكائنات الممرضة الأخرى التي تشارك في هذا المعقد المرضي (Beckman *et al.*, 1997).

obeikandl.com

الجدول رقم (١١,٢). تقييم رد الفعل المقاوم أو المتحمل في النباتات للإصابة بأنواع النيماتودا خارجية التطفل.

النبات	النيماتودا	عدد النباتات المختبرة	المقاومة	التحمل	المصدر
نجيل برمودا	*Belonolaimus longicaudatus*	٤١	نعم	نعم	Giblin-Davis *et al.* (1992)
قرنبيط	*Tylenchorhynchus brassicae*	١٠	نعم	-	Pasha and Tiyagi (1997)
قطن	*Hoplolaimus columbus*	٨٤	-	نعم	Bowman and Shmitt (1994)
عنب	*Xiphinema index*	١٢	نعم	-	Coiro *et al.* (1990)
فول سوداني	*T. brevilineatus*	١٥٩٩	نعم[١]	-	Mehan *et al.* (1993)
فول سوداني	*T. brevilineatus*	٤٨	نعم[١]	-	Siva Rao *et al.* (1986)
ذرة	*Mesocriconema* spp.	٤	لا	-	McSorley and Gallaher (1997)
ذرة	*Helicotylenchus pseudodigonicus*	٨	نعم	-	Ismail *et al.* (1994)
تبغ *Nicotiana* spp.	*T. vulgaris*	١٧	نعم	نعم	Patel and Patel (1995)
خوخ *Prunus* spp.	*Criconemella xenoplax*	٣٦٩	لا	-	Westcott and Zehr (1991)
خوخ *Prunus* spp.	*Criconemella xenoplax*	٤١٠	لا	-	Westcott *et al.* (1994)
أرز	*Paralongidorus australis*	١٤	-	لا	Stirling *et al.* (1989)
نجيل سانت أوجستين	*B. longicaudatus*	٨	نعم	-	Busey *et al.* (1993)
نجيل سانت أوجستين	*Hoplolaimus galeatus*	٧	لا	لا	Henn and Dunn (1989)
دوار الشمس	*X. basiri*	٦	لا	نعم	Eldin and Siddiqui (1995)
عنب *Vitis* spp.	*X. index*	٣٧	نعم	-	Harris (1983)

[١] بني تقييم صفة المقاومة على أساس شدة الأعراض على القرون، وليس على أساس معدل تكاثر.

وفي أغلب التقارير التي أُوجزت في الجدول رقم (١١,٢)، تم قياس صفة المقاومة اعتماداً على معدل تكاثر النيماتودا. وقد كانت هناك بعض الاستثناءات كذلك في التقارير التي أوردت صفة المقاومة في الفول السوداني تجاه نيماتودا التقزم *T. bervilineatus* (Mehan *et al.*, 1993 ؛ Siva Rao *et al.*, 1986). وبسبب التقرحات الواضحة التي تتكون على قرون الفول السوداني نتيجة لتطفل النيماتودا، فقد قيست صفة المقاومة في تلك الحالة باستخدام دليل وصفي لشدة هذه التقرحات على مقياس صفر – ٥، بناءً على النسبة المئوية للمساحة السطحية المغطاة بالتقرحات في القرون. وقد استخدم هاريس Harris (1983) كلاً من معدل تكاثر النيماتودا والأعراض على الجذور لتحديد وتعريف صفة المقاومة في العنب .*Vitis* spp تجاه النيماتودا الخنجرية *X. index*، وذلك باستخدام دليل للضرر الجذري على مقياس صفر – ٣ يقيس معدل انتفاخ أطراف الجذور المصابة بالنيماتودا. وبناءً عليه كانت قيمة دليل الضرر الجذري في أحد أصناف العنب *V. vinifera* القابل للإصابة مساوياً للرقم ٢، وكان معدل تكاثر النيماتودا (Pf/Pi) مساوياً للرقم ٩,٩، بينما كانت قيمة دليل الضرر الجذري على بعض أصناف العنب .*Vitis* spp المقاومة مساوياً للرقم صفر، وكان معدل تكاثر النيماتودا على هذه الأصناف أقل من الرقم ١.

حاول ويستكوت وزيهر Westcott and Zehr (1991) تمييز الخصوبة Fecundity عن تأثيرات قدرة الحمل Carrying capacity عند اختبار مقاومة أصناف الخوخ .*Prunus* spp للنيماتودا الحلقية *C. xenoplax* في الأصص حيث يكون نمو الجذور محدوداً. وقد استخدما لذلك المعادلة الآتية:

$$Pf/Pi = 1 + A\,(2^{[d-\gamma]/\beta} - 1)$$

حيث: d= درجة الحرارة اليومية وقاعدتها ٩ °م،

γ = معامل تصحيح مبني على حجم الأصيص عند استخدام أصص صغيرة ذات قيمة مساوية للصفر.

β= عدد درجات الحرارة اليومية اللازمة لوصول العشيرة النيماتودية إلى ضعف عددها.

A= الزيادة النسبية المتضاعفة.

وتستخدم قيم β لمقارنة أصناف الخوخ تحت افتراض أن المقاومة لتكاثر النيماتودا الحلقية *C. xenoplax* سوف تزيد هذه القيمة. وعلى عكس الخصوبة، تعرف قدرة الحمل (C) بأنها حاصل قسمة معدل تكاثر النيماتودا (Pf/Pi) على وزن الجذور (w) (Wescott and Zeh, 1991) أي أن:

$$C = (Pf/Pi)/W$$

وقد قرر ويستكوت وزيهر Wescott and Zehr (1991) أن القيمتان β وC لا يتعلق كل منهما بالآخر، كما أن القيمة β لا تتعلق أيضاً بحياة الأشجار (كمقياس للتحمل) في الحقول الملوثة بالنيماتودا. ولأنه لم يتم تعريف أصناف مقاومة للنيماتودا الحلقية *C. xenoplax* في تلك الدراسة فإن هذا الهدف (تحديد وتعريف المقاومة) يتطلب المزيد من الاختبارات ضمن نظام يقوم باختبار التراكيب الوراثية المراد اختبارها مع أصناف مقارنة قابلة للإصابة.

obeikandi.com

ليس هناك الكثير من المعلومات حول توارث صفة المقاومة في النباتات تجاه النيماتودا خارجية التطفل. وفي هذا الصدد، قام ميرديث وآخرون Meredith *et al.* (1982) باختبار نسب الانعزال لصفة المقاومة (التي كانت تسمى تحملاً، ولكن مصطلح مقاومة هو المصطلح الأنسب) تجاه النيماتودا الخنجرية *X. index* في نسل ٣٣ هجيناً فيما بين سبعة أصناف من العنب *Vitis* spp. وقد استخدموا في ذلك دليل ضرر (على المقياس ١ – ٤) مبني على معدل انتفاخ أطراف الجذور أكثر منه على معدل تكاثر النيماتودا، وذلك للتمييز بين النباتات المقاومة والقابلة للإصابة. وقد تم تصنيف النباتات التي كان معدل تضررها الجذري أقل من (١) كنباتات مقاومة، بينما تلك النباتات التي كان معدل تضررها الجذري يساوي أو يزيد عن (٢)، فقد صنفت كنباتات قابلة للإصابة. وبالرغم من وجود عدد قليل من نباتات الجيل الثاني F2 في كل هجين (٢ – ٨٤ نباتاً)، فقد أوضح تحليل مربع كاي أنه في جميع الهجن (عدا اثنين) كانت نسبة الانعزال تشير إلى جين واحد أو اثنين للتحكم في هذه الصفة.

التحمل للنيماتودا خارجية التطفل
Tolerance to Ectoparasitic Nematodes

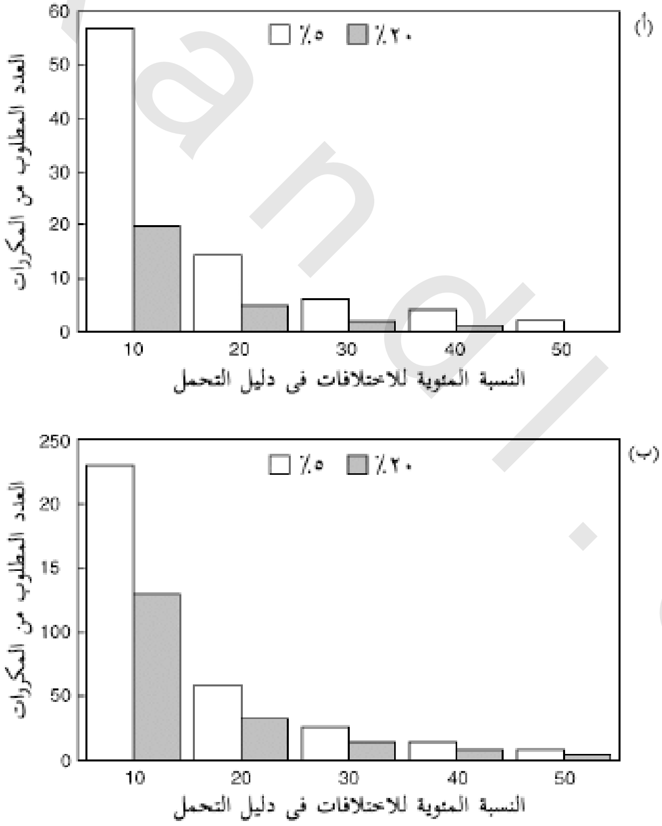
قد تكون صفة التحمل كما عرفها روبرتز Roberts وآخرون في الفصل الثاني من هذا الكتاب صفة مفيدة وبنفس كفاءة صفة المقاومة في الحد من الفقد المحصولي الناجم عن تطفل النيماتودا خارجية التطفل. بل ومن الممكن أن يكون لصفة التحمل استخدامات أوسع، اعتماداً على الميكانيكيات المتاحة، مقارنة بصفة المقاومة. ولأن صفة التحمل في حد ذاتها عبارة عن قدرة النبات على تحمل الإصابة والنمو والإنتاج تحت ظروف الإجهاد، إذاً فلو كان الإجهاد الواقع على النبات بسبب أنواع مختلفة من النيماتودا خارجية التطفل متساوياً، فإن رد فعل النبات (وتحمله لأنواع مختلفة من النيماتودا) قد يكون متساوياً أيضاً. وهذه نظرية فرضية تحتاج إلى اختبارات تأكيدية صارمة.

وقد يكون اختبار صفة التحمل في النباتات أصعب من اختبار صفة المقاومة، وذلك لأنها (أي صفة التحمل) محكومة بجين واحد، ومن هنا فإن التغاير في رد فعل النبات قد يكون كبيراً. وقد استخدم بومان وشميت Bowman and Shmitt (1994) تحليل التباين المعروف باسم تباين الخطأ التجريبي التجميعي Pooled error variance لتحديد أقل عدد من التكرارات يمكن استخدامه لقياس الاختلافات الخاصة في صفة التحمل في نباتات القطن للنيماتودا التاجية *Hoplolaimus columbus*. وفي تلك الدراسات التي أجريت في البيت الزجاجي، كان العدد المطلوب من التكرارات لكل صنف قطن هو ٢٣١ تكراراً، وذلك لتمييز ١٠٪ فقط من الاختلافات في صفة التحمل عند مستوى احتمال خطأ تجريبي ٥٪، بينما كان عدد التكرارات المطلوبة لقياس ٥٠٪ من الاختلافات عند مستوى احتمال خطأ تجريبي ٢٠٪ هو خمسة مكررات فقط (الشكل رقم ١١,١). وفي تجارب القطع الحقلية، كان عدد التكرارات المطلوبة لقياس ١٠٪ من الاختلافات عند مستوى احتمال خطأ تجريبي ٥٪ هو ٥٧ تكراراً، ولقياس ٣٠٪ من الاختلافات عند مستوى احتمال خطأ تجريبي ٢٠٪ هو تكراران فقط. وبالرغم من قابلية هذه القيم للتغير الشديد

Obeikandi.com

مع التغير في كل من نوع المحصول، ونوع النيماتودا وكذلك الظروف البيئية، فإنها قد تفيد في توضيح كيفية تعريف صفة التحمل. ومن الواضح أيضاً، أنه عند اختبار مقاومة عدد كبير من التراكيب الوراثية، فإنه يجب استخدام مستوى احتمال خطأ تجريبي أكبر من المستوى المعتاد وهو ٥٪، وأن يُجرى الاختبار كذلك لعدد أكبر نسبياً من الاختلافات. ومن الممكن أيضاً استخدام اختبارات قياسية أكثر صرامة لتأكيد الاختبارات الأولية.

هناك سؤال آخر يجب وضعه في الاعتبار عند إجراء اختبارات صفة التحمل، وهو: ما قيمة الاختبارات التي تجري في أصص صغيرة في البيت الزجاجي أو البيئات الأخرى المشابهة مقارنةً بالاختبارات الحقلية؟. فمن الواضح أن نمو النباتات ورد فعلها للعدوى بالنيماتودا قد يختلف كثيراً في المساحات المحدودة عما قد يكون عليه تحت الظروف الحقلية. وبخلاف ذلك، فإنه في القطع الحقلية قد يكون من الصعب أيضاً الحصول على توزيع متجانس لكثافة النيماتودا في التربة في كل قطعة، وهذه الاختلافات في الكثافة العددية للنيماتودا قد تؤدي إلى مزيد من التباين في ردود أفعال النباتات المختبرة.



الشكل رقم (١١,١). تقدير عدد المكررات المطلوبة في اختبارات التمييز بين تراكيب القطن الوراثية المختلفة في درجة تحملها للنيماتودا التاجية *Hoplolaimus columbus*، بناءً على أكبر معدل اختلافات عند مستوى احتمال خطأ تجريبي ٥٪ ، و٢٠٪: أ) نتائج اختبارات حقلية، ب) نتائج اختبارات بيوت زجاجية.

(عن: Bowman and Schmitt, 1994)

obeikandl.com

وتعد القطع الحقلية الصغيرة Field microplots التي وصفها باركر وآخرون Barker *et al.* (1979) نموذجاً وسطياً يكون فيه نمو النباتات مماثلاً للنمو الطبيعي في القطع الحقلية Field plots مع درجة أكبر من التحكم في الكثافة العددية للنيماتودا في التربة. وقد تعوض التكاليف التي تنفق في إنشاء هذه القطع الحقلية الصغيرة بإمكانية استخدامها في العديد من الاختبارات وتقييم صفة التحمل في العديد من الأصناف.

تعريف النوع وإنتاج اللقاح واعتبارات أخرى
Species Identification, Inoculum Production and Other Considerations

كما هو الحال في جميع الأبحاث حول صفة المقاومة تجاه النيماتودا المتطفلة على النباتات، من الضروري أن يكون لدينا عشيرة نيماتودية معرّفة تعريفاً جيداً. وبسبب الانتشار المحدود لصفة المقاومة في النباتات تجاه النيماتودا خارجية التطفل، لا توجد حتى الآن أية تقارير عن وجود سلالات داخل الأنواع النيماتودية يمكن بناؤها على الاختلافات في الشراسة الإمراضية لتلك الأنواع على التراكيب الوراثية المقاومة. أيضاً لا تتوفر الكثير من المعلومات حول خصوصية العلاقة بين التركيب الوراثي للنيماتودا والتركيب الوراثي للنبات فيما يخص صفة التحمل، وقد تكون هذه الخصوصية مفقودة بين التراكيب الوراثية النباتية المتحملة. وكما تمت مناقشته سابقاً، نجد أن تحمل النبات للإجهاد المفروض عليه بواسطة النشاط التطفلي لنوع واحد من النيماتودا قد ينتج عنه أيضاً تحمل هذا النبات لأنواع أخرى من النيماتودا لها نفس النشاط التطفلي. وفي صدد آخر، أجريت الكثير من الدراسات المكثفة حول تصنيف العديد من أجناس النيماتودا خارجية التطفل في السنوات القليلة الماضية. وفي حالة النيماتودا الخنجرية *Xiphinema*، نجد أنه قد تم تعريف الكثير من الأنواع التي لم تكن معروفة من حوالي ٢٠ سنة تقريباً، ويمكن للأشخاص الذين يفتقدون الخبرة المتخصصة في تصنيف النيماتودا أن يستعينوا بالأشخاص ذوي الخبرة في تأكيد تعريفاتهم التي قاموا بها لما لديهم من عشائر نيماتودية.

يعد الحفاظ على المزارع النيماتودية المعدة للحصول على اللقاح أمراً صعباً في حالة الكثير من أنواع النيماتودا خارجية التطفل، إذا ما قورن ذلك بنيماتودا تعقد الجذور أو نيماتودا الحوصلات، وذلك لأن النيماتودا خارجية التطفل عادةً تكون أقل خصوبة، وذات دورة حياة أطول. فدورة حياة النيماتودا الإبرية *Longidorus* والنيماتودا الخنجرية *Xiphinema* spp. تزيد عادة عن العام، مقارنة بأربعة أسابيع فقط هي دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. وقد تنتج أنثى واحدة من نيماتودا تعقد الجذور على عائل جيد ما يقرب من ألفي بيضة، بينما تنتج الأنثى الواحدة من النيماتودا خارجية التطفل ما لا يزيد عن ١٠٠ بيضة وقد يزيد معدل تكاثر نيماتودا تعقد الجذور (Pf/Pi) على عائل حولي قابل للإصابة عن الألف مرة، بينما وجد ميريديث وآخرون Meredith *et al.* (1982) أنه بعد ثمانية أشهر من التحضين، لم يزد معدل تكاثر النيماتودا الخنجرية عن ٩,٩، وذلك على صنف العنب *Vitis* spp.

القابل للإصابة. وبالإضافة إلى ذلك، قد يكون من الصعب استخلاص خليط من مختلف أطوار النيماتودا خارجية التطفل من التربة لاستخدامه في عملية التلقيح، مقارنة بسهولة الحصول على حوصلات نيماتودا الحوصلات *Globodera* أو *Heterodera*، أو بيض نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* من الجذور النباتية المصابة. وفي العديد من الدراسات التي تمت الإشارة إليها في الجدول رقم (١١،٢)، استخدم الباحثون تربة ملوثة بالنيماتودا كمصدر للقاح؛ وقد تم الحصول على هذه التربة من مزارع بيوت زجاجية أو من حقول ملوثة. وقد يكون استخدام التربة الملوثة التي تم جمعها من الحقل محدوداً، وذلك لاحتمال تلوث هذه التربة أيضاً بأنواع أخرى من النيماتودا أو الممرضات البكتيرية أو الفطرية.

ولضمان نجاح اختبارات البحث عن صفة المقاومة أو التحمل للإصابة، فإنه من الضروري الحصول على معلومات شاملة وفهم دقيق لبيولوجية النيماتودا المقصودة. وقد نتساءل، هل هناك اعتبارات معينة تجاه درجة الحرارة، أو نوع التربة، أو نسبة الرطوبة بها؟ الإجابة نعم، فالنيماتودا اللاسعة *Belonolaimus longicaudatus* تتطلب تربة خشنة القوام تحتوي على ٨٠٪ رمل، وذلك لكي تحيا وتتكاثر. كما قد تكون بعض الأنواع النيماتودية حساسة نسبياً للتذبذب في درجة حرارة ورطوبة التربة. وقد استخدم لونسبيري وآخرون Lownsbery *et al.* (1978) صناديق تسع ١٢ لتراً من التربة توضع داخل أوعية تحتوي على رقائق أو نشارة الخشب، وذلك للتغلب على مثل هذه التذبذبات خلال فترة دراسة القدرة الإمراضية للنيماتودا الحلقية *C. xenoplax* على أشجار الجوز.

الملخص
Summary

أسفرت الجهودات المحدودة السابقة حول تعريف وتطوير صفة المقاومة تجاه النيماتودا خارجية التطفل عن نجاح ملحوظ يدعو إلى بذل المزيد من الجهود في هذا الصدد. وقد تم اختبار عدد محدود جداً من التراكيب الوراثية النباتية لبيان مقاومتها أو تحملها للإصابة ببعض الأنواع من النيماتودا. وبالرغم من أن الفقد المحصولي بسبب الإصابة بالنيماتودا خارجية التطفل يكون عادةً محدوداً نسبياً، إذا ما قورن بالفقد الذي تحدثه النيماتودا داخلية التطفل الساكنة، فإن هناك العديد من أنواع النيماتودا خارجية التطفل التي تمثل أهمية اقتصادية في بعض المناطق وإن كانت محدودة، وتحتاج هذه الأنواع النيماتودية إلى بذل المزيد من الجهود لإنتاج أصناف مقاومة.

المراجع
References

Barker, K.R., Daughtry, B.I. and Corbett, D.W. (1979) Equipment and techniques for establishing field microplots for the study of soil borne pathogens. *Journal of Nematology* 11, 106-108.

obeikandl.com

Barthels, N., van der Lee, F.M., Klap, J., Goddijn, O.J.M., Karimi, M., Puzio, P., Grundler, F.M.W., Ohl, S.A., Lindsey, K., Robertson, L., Robertson, W.M., Montagu, M.V., Gheysen, G. and Sijmons, P.C. (1997) Regulatory sequences of *Arabidopsis* drive reporter gene expression in nematode feeding structures. *Plant Cell* 9, 2119-2134.

Beckman, T.G., Reighard, G.L., Okie, W.R., Nyczepir, A.P., Zehr, E.I. and Newall, W.C. (1997) History, current status, and future potential of Guardian™ (By520-9) peach rootstock. *Acta Horticulturae* 451, 251-258.

Beleve-Zacheo, T., Lamberti, F. and Chinappen, M. (1987) Root cell response in rice attacked by *Hemicycliophora typica*. *Nematologia Mediterranea* 5, 129-138.

Bowman, D.T. and Schmitt, D.P. (1994) Screening cotton for tolerance to *Hoplolaimus columbus*. *Plant Disease* 78, 695-697.

Busey, P., Giblin-Davis, R.M. and Center, B.J. (1993) Resistance in *Stenotaphrum* to the sting nematode. *Crop Science* 33, 1066-1070.

Coiro, M.I., Taylor, C.E., Borgo, M. and Lamberti, F. (1990) Resistance of grape rootstocks to *Xiphinema index*. *Nematologia Mediterranea* 18, 119-121.

Eldin, E.M. and Siddiqui, M.A. (1995) Plant-parasitic nematodes associated with sunflower at Abu-Naama, Sudan and observations on host suitability of sunflower cultivars to *Xiphinema basiri*. *Afro-Asian Journal of Nematology* 5, 148-150

Evans, K., Trudgill, D.L. and Webster, J.M. (eds) (1993) *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, 648 pp.

Giblin-Davis, R.M., Cisar, J. L., Bilz, F.G. and Williams, K.E. (1992) Host status of different bermudagrasses (*Cynodon* spp.) for the sting nematode, *Belonolaimus longicaudatus*. *Supplement to Journal of Nematology* 24, 749-756.

Griffith, B.S. and Robertson, W.M. (1984) Morphological and histochemical changes occurring during the lifespan of root-tip galls on *Lolium perenne* induced by *Longidorus elongates*. *Journal of Nematology* 16, 223-229.

Harris, A.R. (1983) Resistance of some *Vitis* rootstocks to *Xiphinema index*. *Journal of Nematology* 15, 405-409.

Henn, R.A. and Dunn, R.A. (1989) Reproduction of *Hoplolaimus galeatus* and growth of seven St Augustine grass (*Stenotaphrum secundatana*) cultivars. *Nematropica* 19, 81-87.

Hussey, R.S., Mims, C.W. and Westcott, S.W., III. (1992) Ultrastructure of root cortical cell parasitized by the ring nematode *Criconemella xenoplax*. *Protoplasma* 167, 55-65.

Ismail, A.E., Hasabo, S.A. and Abdel-Massih, M.I. (1994) Reaction of some corn cultivars to the infection of *Helicotylenchus pseudodigonicus*. *Afro-Asian Journal of Nematology* 4, 161-164.

Klinger, J. (1975) Beobachtungen uber die parasitiche Aktivitat des nematoden *Macroposthonia xenoplax* an Rebenwurzeln. *Zeitschrift fuer Pflanzenkrankheiten Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz* 82, 722-728.

Lownsbery, B.F., Moody, E.H., Moretto, A., Noel, G.R. and Burlando, T.M. (1978) Pathogenicity of *Macroposthonia xenoplax* to walnut. *Journal of Nematology* 10, 232-236.

Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (1990) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, 629 pp.

McSorley, R. and Gallaher, R.N. (1997) Effect of compost and maize cultivars on plant-parasitic nematodes. *Supplement to Journal of Nematology* 29, 731-736.

Mehan, V.K., Reddy, D.D.R. and McDonald, D. (1993) Resistance in groundnut genotypes to Kalahasti malady caused by the stunt nematode, *Tylenchorhynchus brevilineatus*. *International Journal of Pest Management* 39, 201-203.

Meredith, C.P., Lider, L.A., Raski, D.J. and Ferrari, N.L. (1982) Inheritance of tolerance to *Xiphinema index* in *Vitis* species. *American Journal of Enology and Viticulture* 33, 154-158.

Pasha, M.J. and Tiyagi, S.T. (1997) Response of cauliflower cultivars/accessions to stunt nematode *Tylenchorhynchus brassicae*. *Tests of Agrochemicals and Cultivars* 13, 92-93.

Patel, S. and Patel, H.R. (1995) Screening of *Nicotiana* spp. against stunt nematode. *Tobacco Research* 21, 86-87.

Robertson, W.M., Trudgill, D.L. and Griffiths, B.S. (1984) Feeding of *Longidorus elongatus* and *L. leptocephalus* on root-tip galls perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Nematologica* 30, 222-229.

Rumpenhost, H.J. and Weischer, B. (1978) Histopathological and histochemical studies on grapevine roots damaged by *Xiphinema index*. *Revue de Nématologie* 1, 217-225.

Siva Rao, D.V., Srinivasan, S. and Raja Reddy, C. (1986) Reaction of selected groundnut cultivars to nematode infection (*Tylenchorhynchus brevilineatus*) under field conditions. *Tropical Pest Management* 32, 168-169.

Smant, G., Stokkermans, J.P.W.G., Yan, Y., de Boer, J.M., Baum, T.J., Wang, X., Hussey, R.S., Gommers, F.J., Henrissat, B., Davis, E.L., Helder, J., Schjots, A. and Bakker, J. (1998) Endogenous cellulases in animals: Isolation of β-1, 4-endogluconase genes from two species of plant parasitic nematodes. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 95, 4906-4911.

Stirling, G.R., Vawdrey, L.L. and Shannon, E.L. (1989) Options for controlling needle nematode (*Paralongidorus australis*) and preventing damage to rice in northern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 29, 223-232.

Streu, H.T., Jenkins, W.R. and Hutchinson, M.T. (1961) Nematodes associated with carnations, *Dianthus caryophyllus*, L. with special reference to the parasitism and biology of *Criconemoides curvatum* Raski. *New Jersey Agricultural Experimental Station Bulletin* 800.

Wang, X., Meyers, D., Yan, T., Baum, T.J., Smant, G., Hussey, R.S. and Davis, E.L. (1999) In planta localization of a beta-1,4-endogluconase selected by *Heterodera glycines*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 12, 64-67.

Westcott, S.W., III and Zehr, E.I. (1991) Evaluation of host suitability in *Prunus* for *Criconemella xenoplax*. *Journal of Nematology* 23, 393-401.

Westcott, S.W., III, Zehr, E.I., Newhall, W.C., Jr and Cain, D.W. (1994) Suitability of *Prunus* selections for the ring nematode (*Criconemella xenoplax*). *American Society for Horticultural Science* 119, 920-924.

Wyss, U. (1981) Ectoparasitic root nematodes: feeding behavior and plant cell responses. In: Zuckerman, B.M. and Rohde, R.A. (eds) *Plant Parasitic Nematodes*, Vol. III. Academic Press, New York, pp. 325-351.

Wyss, U. (1987) Video assessment of root responses to Dorylaimid and Tylenchid nematodes. In: Veech, J.A. and Dickson, D.W. (eds) *Vista on Nematology: A Commemoration to the Twenty-fifth Anniversary of the Society of Nematologists*. Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland, pp. 211-220.

Wyss, U. (1997) Root parasitic nematodes: an overview. In: Fenoll, C., Grundler, F.M.W. and Ohl, S.A. (eds) *Cellular and Molecular Aspects of Plant-Nematode Interactions*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 5-22.

Wyss, U., Lehmann, H. and Jank-Ladwig, R. (1980) Ultrastructure of modified root-tip cells in *Ficus carica*, induced by the ectoparasitic nematode *Xiphinema index*. *Journal of Cell Science* 41, 193-208.

obeikandl.com

الفصل الثاني عشر

الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا

Marker-Assisted Selection For Soybean Cyst Nematode Resistance

N. D. Young and J. Mudge
Department of Plant pathology and plant Biology, University of Minnesota, St paul, MN 55108, USA.

نظراً لأن نيماتودا حوصلات فول الصويا (SCN) *Heterodera glycines* تعد كائناً ممرضاً مدمراً، فقد أولى الباحثون اهتماماً هائلاً لتطوير أصناف مقاومة لهذه النيماتودا. ومن الناحية التقليدية، كان الانتخاب يتم عادةً بناءً على اختبارات تقييم تجرى داخل البيوت الزجاجية، وفيها يتم تقييم رد فعل نباتات النسل الناتج عن التهجين بين سلالات مقاومة وأصناف قابلة للإصابة – ولكنها تمتلك مقومات إنتاجية عالية – للعدوى بنيماتودا حوصلات فول الصويا (Thomas *et al.*, 1975 ؛ Concibido *et al.*, 1994). ولسوء الحظ، فإن نظم التقييم داخل البيوت الزجاجية عادة ما تكون مستهلكة للوقت، حيث تستغرق حوالي ٣٥ – ٤٥ يوماً حتى تؤخذ نتائجها. وإضافة إلى ذلك، تتأثر ردود أفعال النباتات تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا بشدة تبعاً لظروف التجارب، وخاصة درجات الحرارة، والرطوبة، والإضاءة (Anand *et al.*, 1983). وليس غريباً أن نجد اختلافات معنوية بين نتائج التقييم داخل البيوت الزجاجية، مما يجعل لزاماً علينا أن نبذل مجهودات ضخمة لتثبيت الظروف البيئية ووضعها في شكل قياسي Standard.

وفي الوقت الحالي، تمكن العلماء من تطوير تقنية للانتخاب باستخدام دلائل جزيئية معلّمة اعتماداً على تتابع معين معروف من الحامض النووي DNA. وتفيد دلائل الحامض النووي DNA في مجالات تربية النباتات بسبب إمكانية استخدامها لمتابعة توريث جينات معينة هامة من الناحية الاقتصادية (Tanksley *et al.*, 1989). وفي خلال العشرة أعوام الماضية، أمكن عمل خرائط وراثية لحوالي مائة موقع جيني خاص بمقاومة الأمراض النباتية

باستخدام دلائل الحامض النووي DNA، وتشمل هذه المواقع بعض المواقع الخاصة بالمقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا (Concibido *et al.*, 1994 ؛ Concibido *et al.*, 1996a ؛ Concibido *et al.*, 1996b ؛ Concibido *et al.*, 1997 ؛ Mahalingham and Skorupska, 1995 ؛ Webb *et al.*, 1995 ؛ Vierling *et al.*, 1996 ؛ Chang *et al.*, 1997 ؛ Qiu *et al.*, 1997). وباستخدام هذه الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA، يصبح من الممكن إجراء انتخاب سريع للسلالات المقاومة لنيماتودا حوصلات فول الصويا اعتماداً على التركيب الوراثي وليس الشكل الظاهري للنباتات. ولأن التركيب الوراثي للنبات لا يتأثر بالظروف البيئية فإن الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية يتغلب على المشاكل الناجمة عن التغير في تلك الظروف. كما يعني ذلك أيضاً أنه بالإمكان الاكتفاء بعينة واحدة من كل سلالة للتقييم (بافتراض أن التقييم يتم على مواد وراثية متقدمة)، وليس على عدة مكررات أو عينات كما هو الحال في حالة تجارب التقييم في البيوت الزجاجية. وأخيراً، يمكن إكمال نتائج تحليل الحامض النووي DNA في غضون بضعة أيام، وهو أمر فائق السرعة قياساً إلى الطرق الأخرى.

مقدمة حول الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA

Introduction to DNA Markers

بظهور التقنيات الجزيئية الحديثة، بما فيها من طريقة التفريد الكهربي باستخدام الجل Gel electrophoresis، والتهجين بين أجزاء الحامض النووي DNA (DNA-DNA hybridization) (Southern, 1975) واختبار تفاعل البلمرة المتسلسل Polymerase chain Reaction (PCR) (Saiki *et al.*, 1988)، أصبح من السهل عزل وتحليل قطع معينة معروفة من الحامض النووي DNA النباتي. وعندما يختلف تركيبان وراثيان ما من فول الصويا في تتابع معين من الحامض النووي DNA، فإنه يمكن باستخدام التقنيات الجزيئية الكشف عن هذه الاختلافات. وفي الحقيقة، فإنه بتقدم التقنيات الجزيئية، أصبح من الممكن دراسة المئات بل الآلاف من حالات تباين الحامض النووي DNA فيما بين الأفراد، وذلك باستخدام الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA. ويعني ذلك أن الخرائط الوراثية عالية التعقيد التي لا تتباعد دلائلها الجزيئية بأكثر من سنتيمورجان CM واحد يمكن الآن إنجازها بسهولة (Keim *et al.*, 1997 ؛ Cregan *et al.*, 1999a).

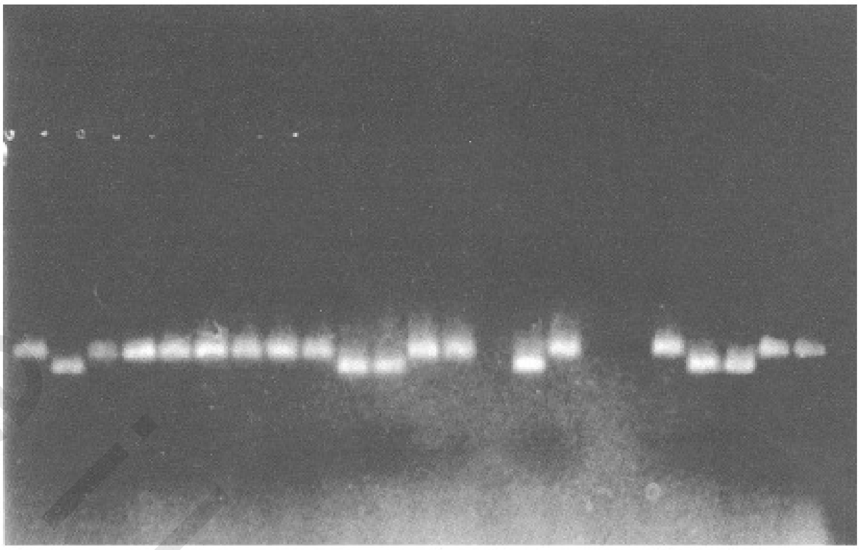
هناك أربعة أنواع أولية من تقنيات الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA هي: تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد Restriction Fragment Length polymorphism (RFLP) (Botestein *et al.*, 1980)، وتقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال random amplified polymorphic DNAs (RAPDs) (Williams *et al.*, 1990)، وتقنية تضاعف قطع الحامض النووي DNA متباينة

الأطوال Amplified fragment length polymorphism (AFLPs) (Vos *et al.*, 1995)، وتقنية التتابعات البسيطة المتكررة Simple sequence repeats (SSR or microsatellites) (Weber and May, 1989 ؛ Tautz, 1989) (الشكل رقم ١٢،١).

وقد أضيفت إلى هذه القائمة في الوقت الحالي تقنية أخرى قوية من تقنيات الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA، وهي تقنية تباين القاعدة النيوكليوتيدية المفردة Single nucleotide polymorphism (SNP) (Cho *et al.*, 1999). ولكن هذه التقنية لم يتم ضبطها حتى الآن في عمليات الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA Marker-assisted selection (MAS)، ولذلك فلن ترد مناقشتها هنا. وقد كانت تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد Restriction Fragment Length polymorphism (RFLP) هي أول نوع من تقنيات الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA التي استخدمت في هذا المجال، ولازالت هذه التقنيات على وجه الخصوص من التقنيات المفيدة في الدراسات المقارنة للتراكيب الوراثية ذات القرابة والصلة (Boutin *et al.*, 1995). وتعتمد تقنيات RFLPs على التهجين بين أجزاء الحامض النووي DNA والقواعد النووية المشعة، وهي اختبارات مستهلكة للوقت ومملة. ولذلك، لا يفضل استخدام هذه الاختبارات بوجه عام في عمليات الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية (MAS).

وتسمح تقنيتي التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال random amplified polymorphic DNAs (RAPDs)، وتقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد Restriction Fragment Length polymorphism (RFLP) بالحصول على نتائج سريعة وذات كفاءة عالية للتعرف على المواقع الجينية المتعددة. فاختبارات النوع الأول (RAPD) تعتمد على بادئ Primer عشوائي محدد النيوكليوتيدات في مضاعفة عدد صغير من المواقع الجينية الموجودة في تركيب وراثي معين (Williams *et al.*, 1990). ولأنها طريقة بسيطة، فإنه من الممكن إنجاز عدة اختبارات من هذا النوع في فترة قصيرة. ولكن لسوء الحظ، فإن الدلائل المستخدمة في هذه الطريقة تكون أيضاً مضللة حيث قد تقوم بإنتاج بعض النواتج غير الحقيقية Artefactual products. وهذا يجعل تلك الاختبارات غير مناسبة لعمليات الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية. وعلى خلاف ذلك، نجد أن نظم الدلائل الجزيئية المشتقة من تقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال random amplified polymorphic DNAs (RAPDs) مثل تقنية التوصيف التتابعي لقطع الحامض النووي DNA المكبرة Sequence characterized amplified regions (SCARs) (Paran and Michelmore, 1993) من الممكن أن تكون اختبارات عملية ومناسبة جداً لبرامج التربية المعتمدة على الطرق الجزيئية.

obeikandl.com



الشكل رقم (١٢,١). نواتج تضاعف الدليل BARC-Satt309 لنسل انتخابي $F_{4:5}$ ناتج عن التهجين بين التركيبين الوراثيين؛ "Lambert"، و"M92-1631". علماً بأن التركيب الوراثي M92-1631 يحمل صفة المقاومة المشتقة من التركيب الوراثي PI209.332. تم إجراء التفريد الكهربي لنواتج الحامض النووي DNA على 3% Agarose SFR®gel system (Amresco, Solonm Ohio)، وصُبغت بصبغة بروميد الإيثيديوم. المسار ١: "Lambert"، المسار ٢: M92-1631، المسارات ٣ – ٢٣: النسل $F_{4:5}$. (المجموعة الفوتوغرافية للباحث Eric Boehlke).

أما تقنيات تضاعف قطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (AFLPs) فهي اختبارات أكثر سفسطائية حيث تتطلب حدوث توليفة من الهضم المقيد Restriction digestion، والارتباط بين بادئات ذات نيوكليوتيدات صغيرة خاصة وتتابع معين وبين نهايات قطع الحامض النووي DNA، وذلك باستخدام تقنيات مختارة من اختبارات تفاعل البلمرة المتسلسل PCR (Vos *et al.*, 1995). وعلى خلاف التقنيات المعقدة نسبياً، يظل اختبار القطع المتضاعفة متباينة الأطوال AFLPs اختباراً عالي الكفاءة والشمولية حيث يمكن بواسطته اختبار العديد من المواقع الجينية المتباينة في عملية واحدة. وحتى في فول الصويا (حيث القطع المتباينة المتحصل عليها منخفضة) نجد أنه يمكن تحليل عشر مواقع معلوماتية جينية أو أكثر في عملية واحدة. وبالفعل تم إنجاز خريطة جينية تتكون من ٦٠٠ اختبار من اختبارات القطع المتضاعفة متباينة الأطوال AFLPs في فول الصويا في أقل من عام (Keim *et al.*, 1997).

وتعد تقنيات التتابعات البسيطة المتكررة SSRs هي التقنيات المثلى من اختبارات التقنية الجزيئية، التي يمكن استخدامها في عمليات الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية وخاصة لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا. وتميل دلائل هذه التقنيات إلى التباين الشديد (Tautz, 1989 ؛ Weber and May, 1989)، وأيضاً يمكن تكرارها بسهولة. كما يمكن لهذه الاختبارات أيضاً أن تقوم – بصفة عامة – بتحديد مواقع فريدة في التركيب الوراثي (Cregan *et al.*, 1994). وقد أمكن تحديد الخريطة الجزيئية لأهم المواقع التي تتحكم في صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا (Concibido *et al.*, 1994 ؛ Concibido *et al.*, 1996a ؛ Concibido *et al.*, 1996b ؛

obeikandl.com

Qiu *et al.*, ؛ Chang *et al.*, 1997 ؛ Vierling *et al.*, 1996 ؛ Webb *et al.*, 1995 ؛ Mahaligham and Skorupska, 1995 1997)، كما أن جميع التتابعات البسيطة المتكررة القريبة من هذه المواقع قد أصبحت معروفة (Mudge *et al.*, 1997 ؛ Lightfoot, Personal communications ؛ Cregan *et al.*, 1999c ؛ Cregan *et al.*, 1999b). وبسبب تلك الخواص التي تم وصفها فإن إستراتيجيات الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا التي سنتعرض لها لاحقاً في هذا الفصل قد بنيت على أساس الدلائل الجزيئية لتقنيات التتابعات البسيطة المتكررة SSRs.

إستراتيجيات التربية المبنية على الدلائل الجزيئية Marker-assisted Breeding Strategies

يتميز استخدام الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA في برامج تربية النباتات بميزات عديدة تفوق ميزات برامج التربية التقليدية. فالظروف البيئية لها تأثيرات ضئيلة، أو حتى لا تكاد تذكر أحياناً، على عمليات عزل الحامض النووي DNA. وبالإمكان أيضاً أخذ العينات حتى من النباتات الصغيرة جداً كالبادرات. وإضافة إلى ذلك، يمكن اختبار الدلائل الجزيئية بناءً على القطع المرغوبة فقط في التركيب الوراثي، بينما نجد أن الانتخاب المتتالي قد يضم أيضاً بعض القطع الكروموسومية التي تحتوي على مناطق جينية غير مرغوبة (Tanksley *et al.*, 1989 ؛ Young and Tanksley, 1989). وقد يكون ذلك مناسباً بصفة خاصة في حالة التربية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا، حيث أوردت بعض التقارير ارتباط هذه الصفة فيما مضى بموقع جيني مسؤول عن انخفاض إنتاجية المحصول (Mudge *et al.*, 1996).

وإلى الآن لا يعد الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية هو الوسيلة المثلى أو المفضلة بالنسبة لجميع برامج التربية والانتخاب. وقد يتكلف تحليل الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA حوالي ١ – ٢ دولاراً أمريكياً لكل نقطة من البيانات (Lange *et al.*, 1998 ؛ Denny *et al.*, 1996).وتعد تقنيات الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA دائماً أكثر تعقيداً من طرق التقييم الحيوى للشكل الظاهري للنباتات. وأخيراً، فإن هذه التقنيات قد تستغرق عدة أيام فقط، بينما تستغرق طرق التقييم الحيوي فترة أكثر من ذلك، وهي الفترة التي تكفي للفحص والتقييم العيني وما يستغرقه من وقت.

وفي حالة برامج التربية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا، لا توضع هذه الاعتبارات محل التطبيق (Young, 1999). حيث إن الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لم يعد مكلفاً مادياً أو معقداً بدرجة أكثر من اختبارات البيت المحمي، كما أن الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA أسرع كثيراً، مقارنةً باختبارات البيت المحمي التي قد تستغرق فترة تصل إلى سبعة أسابيع حتى تكتمل. وإذا ما نظرنا إلى أن الاختبارات الجزيئية تتطلب عينة واحدة فقط من كل سلالة (متماثلة الزيجوت)، وأنه لا تأثير للظروف البيئية عليها، فإن الانتخاب المبني على

الدلائل الجزيئية يصبح حينئذ هو الاختبار الأكثر جاذبية بالنسبة لبرامج تربية فول الصويا المهتمة بالبحث عن صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا، وتطوير أصناف مقاومة لهذا النوع من النيماتودا.

عمل الخرائط الجزيئية لمواقع جينات المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا

DNA Marker Mapping of SCN Resistance Loci

تشير الدراسات الجينية الكلاسيكية إلى أن صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا هي صفة معقدة، ويحكمها عدة جينات وليس جيناً واحداً، والبعض من هذه الجينات قد يشارك في أكثر من مصدر للمقاومة (Caldwell *et al.*, 1960 ؛ Matson and Williams, 1965 ؛ Thomas *et al.*, 1975 ؛ Hartwig, 1985 ؛ Hancok *et al.*, 1987 ؛ Anand and Rao-Arelli, 1989 ؛ Rao-Arelli *et al.*, 1989 ؛ Rao-Arelli *et al.*, 1992 ؛ Myers and Anand, 1991 ؛ Mansur *et al.*, 1993 ؛ Rao-Arelli, 1994). وبالرغم من أنه قد تم معرفة الكثير مما يتعلق بصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا من خلال الدراسات الوراثية الكلاسيكية، إلا أن نسب الانعزالات كانت معقدة بسبب ظاهرة تباين الزيجوت Heterogeneity في كل من النبات العائل والكائن الممرض، وأيضاً بسبب التغيرات في الظروف البيئية، والتأثيرات المكنة للارتباط بين الجينات (Luedders, 1989). وفي الوقت الحالي ساهمت الدراسات الجزيئية مساهمة عظيمة في زيادة معلوماتنا وفهمنا لكيفية التحكم الوراثي في صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا.

هناك موقع جيني واحد رئيسي يتحكم في صفة المقاومة الجزيئية هو الموقع *rhg1* ويوجد في معظم مصادر فول الصويا المقاومة التي تم اختبارها حتى الآن والتي تشمل الأصناف؛ "Pecking" (Concibido *et al.*, 1996b ؛ Concibido *et al.*, 1997 ؛ Chang *et al.*, 1997)، و"PI209.332"، و"PI88.788"، و"PI90.763" (Concibido *et al.*, 1994 ؛ Concibido *et al.*, 1996a ؛ Concibido *et al.*, 1996b ؛ Concibido *et al.*, 1997)، و"PI437.654" (Webb *et al.*, 1995). وهذا الموقع يقع على مجموعة جزيئية مرتبطة Molecular linkage group (MLG) تسمى المجموعة "G" (Shoemaker and Olson, 1993)، وتشرح هذه المجموعة أكثر من ٥٠٪ من التغيرات في صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا، وهي مجموعة فعالة تجاه عدة سلالات من هذه النيماتودا، وهي السلالات؛ ١، و٣، و٦ (Concibido *et al.*, 1997). ومن المثير حقاً أن كلاً من فيرلنج وآخرين Vireling *et al.* (1996) الذين عملوا على عشيرة استمدت مقاومتها من الصنفين؛ "PI437.654"، و"Pecking"، وكي وآخرين Qiu *et al* (1997) الذين عملوا على عشيرة استمدت مقاومتها من الصنف "Pecking" لم يتمكنوا من اكتشاف الموقع *rhg1* في تلك العشائر. ولكن فيرلنج وآخرون Vierling *et al.* (1996) قد وجدوا موقعاً جينياً سائداً خاصاً بالمقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا ومرتبطاً بالتضاعف العشوائي لأطوال قطع الحامض النووي DNA (RFLP, A006) الذي يعتقد أنه يقع على المجموعة الجزيئية المرتبطة B (MLG-B). ولكن أسس هذه التعارضات لازالت غير معروفة حتى الآن.

هناك موقع جيني آخر خاص بصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا وهو الموقع *Rhg4* قد تم اكتشافه في عدة هجن مقاومة لتلك النيماتودا (Concibido *et al*., 1994 ؛ Concibido *et al*., 1996a ؛ Concibido *et al*., 1996b ؛ Concibido *et al*., 1997 ؛ Webb *et al*., 1995 ؛ Chang *et al*., 1997 ؛ Qiu *et al*., 1997)، وقد تم اكتشاف هذا الموقع أساساً في بعض الدراسات الكلاسيكية، ووجد أنه يرتبط بالموقع *I* المسؤول عن التحكم في لون قصرة البذرة (Matson and Williams, 1965 ؛ Wiess, 1970). وقد تم وضع كلا الموقعين *Rhg4* و*I* على المجموعة المرتبطة A (-MLG A) (Keim *et al*.,1990). وفي هجين بين الصنفين "PI437.654" و"BSR101"، وجد ويب وآخرون Webb *et al*. (1995) أن موقعي المجموعة المرتبطة G (MLG-G)، والمجموعة المرتبطة A (MLG-G) معاً يمنحان مقاومة كاملة للسلالة رقم ٣ من نيماتودا حوصلات فول الصويا، ولكن موقع أحد المجموعتين منفرداً يمنح فقط مقاومة متوسطة. وإضافة إلى هذين الموقعين، تم تسجيل عدة مواقع أصغر تتحكم في صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا (Concibido *et al*., 1994 ؛ Concibido *et al*., 1996a ؛ Concibido *et al*., 1996b ؛ Concibido *et al*., 1997 ؛ Mahalingham and Skorupska, 1995 ؛ Webb *et al*., 1995 ؛ Vierling *et al*., 1996 ؛ Qiu *et al*., 1997).

طرق الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا

Methods for Marker-assisted Selection for SCN Resistance

ركزت معظم طرق الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا على الجين *rhg1* وذلك بسبب تأثيره الكبير الثابت على سلالات نيماتودا حوصلات فول الصويا وكذلك مصادر المقاومة (Concibido *et al*., 1997). وتعد تقنيات التتابعات البسيطة المتكررة SSR هي التقنيات الأمثل للانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية للجين *rhg1*، وقد تم تشبيع المنطقة المحيطة بموقع هذا الجين بتقنية دلائل التتابع البسيط المتكرر SSR سواء بطريقة عشوائية أو موجهة (Mudge *et al*., 1997 ؛ Cregan *et al*., 1999b ؛ Cregan *et al*., 1999c). ويوجد حالياً ١٦ دليلاً جزيئياً لهذه الطريقة داخل قطعة مطاطية طولها ٢٠ سنتيمورجاناً cM تحيط بالموقع الجيني *rhg1* على مجموعة الارتباط G (MLG-G)، وقد تم معرفة أغلبها (Cregan, Pers. Comm.). ولأن تقنيات التتابعات البسيطة المتكررة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالموقع الجيني *rhg1*، فإن الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية للجين *rhg1* من المتوقع أن يتم بقليل من المخاطرة التي قد تنتج عن التهجين، وسوف يقلل ذلك أيضاً من الحاجة إلى تقييم دلائل جزيئية أخرى مما يقلل من التكاليف والعمالة. وقد تم وضع دلائل التتابعات البسيطة المتكررة على كلا جانبي الموقع الجيني، ومن ثم فإن عملية الانتخاب التي تقلل من ظاهرة الارتباط يكون من الممكن إنجازها باستخدام الدلائل الأقرب (Tanksley *et al*., 1989 ؛ Young and Tanksley, 1989). وهذا الأمر قد يكون هاماً بصفة خاصة في ظل وجود موقع جيني مرتبط ينتج عنه تدهور ما (Mudge *et al*., 1996). وتتوفر الآن دلائل التتابعات البسيطة المتكررة التي يمكنها تمييز أليلات المقاومة عن مثيلتها في التركيب الوراثي القابل للإصابة (Cregan *et al*., 1999b).

تم استخدام عدة دلائل للتتابعات البسيطة المتكررة في الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية للجين *rhg1*. وقد وجد أن أغلب الدلائل وثيقة الارتباط التي تستخدم دائماً تقع على الجانب البعيد من الموقع الجيني *rhg1*، وتشمل الدليل BARC-Satt038 (Mudge *et al.*, 1997)، والدليل BARC-Satt309 (الشكل رقم ١٢,١)، والدليل BARC-Satt168 (Cregan *et al.*, 1999b). وفيما بين الدليلين؛ BARC-Satt309 وBARC-Satt168، وهي مسافة تبعد بمقدارسنتيمورجان cM واحد عن الموقع الجيني *rhg1*، نجد أن جميع مصادر المقاومة التي تستخدم في برامج التربية يمكن تمييزها عن أغلب التراكيب الوراثية القابلة للإصابة (Cregan *et al.*, 1999b). وفي العديد من الهجن، نجد أن دلائل التتابع البسيط المتكرر SSRs يمكن تقييمها على بيئة الأجاروز بشكل أفضل من تقييمها على البولي أكريلاميد (الجدول رقم ١٢,١ والشكل رقم ١٢,١). وتتطلب عملية التفريد الكهربي باستخدام جل الأجاروز Agarose gel electrophoresis عمالة أقل، كما أنها لا تحتاج إلى العمل بمواد كيماوية ضارة مثل: البولي أكريلاميد، والفورمالدهيد والمواد المشعة. مع العلم بأن طريقة جل البولي أكريلاميد تعطي فصلاً أفضل للحامض النووي DNA، وأيضاً تتطلب مواداً أقل. ولكن تظل طريقة جل الأجاروز هي الاختبار الذي يمكن استخدامه في طرق الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية.

وقد أوضحت تقنيات التتابع البسيط المتكرر SSRs الثلاثة التي تم ذكرها دقة بنسبة تزيد عن ٩٥٪ في الكشف عن مصادر المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا وعمل الخرائط الوراثية المبنية على التسجيلات الوصفية (Cregan *et al.*, 1999b ؛ Mudge *et al.*, 1997). وفي هذه الدراسات، تم تصنيف السلالات التي يظهر على جذورها عدد من الحوصلات يساوي ٣٠٪ من عدد الحوصلات التي تظهر على الصنف القابل للإصابة القياسي على أنها سلالات قابلة للإصابة، والسلالات التي يظهر على جذورها أقل من ٣٠٪ على أنها سلالات مقاومة. ويبدو أن طرق الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية باستخدام الدليل BARC-Satt309 كانت أقل فاعلية (Mudge *et al.*, , Pers. Comm). وفي هذه الحالة تم استخدام الدليل BARC-Satt309 بفاعلية تجاه السلالات غير المقاومة، اعتماداً على مقياس الثلاثين بالمائة السابق وصفه، ولكن هذا المقياس كان أقل فاعلية في انتخاب السلالات المقاومة. وقد يرجع ذلك إلى حقيقة أن الموقع الجيني *rhg1* بمفرده لم يكن كافياً لإظهار صفة المقاومة. وحتى في ظل هذه المحددات، لم يزل الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية ذا قيمة عالية في تقليص حجم العشيرة؛ ولذلك يجب أن نستمر في اختبارات مقاومة السلالات في برامج التربية اعتماداً على الشكل الظاهري أيضاً. كما لوحظ أيضاً أنه يمكن تقليص عدد السلالات التي تحمل أليلات المقاومة الأبوية باستخدام دليل يقع بالقرب من الموقع الجيني *rhg1* (Lightfoot *et al.*, 1998). ومن الممكن أن يفيد استخدام طرق الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا مبكراً وقبل إجراء مزيد من عمليات الانتخاب في التغلب على مشكلة اختفاء العديد من السلالات المقاومة في الأجيال المبكرة.

الجدول رقم (١٢،١). نموذج لبروتوكول إجراء عملية الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لصفة المقاومة في نيماتودا حوصلات فول الصويا. وقد تم إجراء هذا النموذج باستخلاص الحامض النووي DNA بطريقة Disc extraction، واتباع تقنية التتابعات البسيطة المتكررة باستخدام الدليل BARC-Satt309، وإجراء التفريد الكهربي باستخدام جل الأجاروز بالطريقة التي أوصى بها كل من: لانج وآخرون Lange *et al.* (1998)، وكريجان وآخرون Cregan *et al.* (1999b).

استخلاص الحامض النووي DNA DNA disc extraction	١- تُجهز الأوراق النباتية الطازجة. (يبدو أن عمر الأوراق قد يؤدي إلى بعض الاختلافات البسيطة). ٢- تقطع الأوراق إلى الحجم المطلوب (١ – ٢ سم^{2}). بالنسبة للقطع الكبيرة من الأوراق، يمكن وضع بضع عينات على كل بطاقة Card، ولكن يمكن الحصول على عدد أكبر من الأقراص من كل عينة. ٣- توضع قطعة من قماش ميرا Miracloth (Cal Biochem, La Jolla, California) على سطح العينات الموضوعة فوق بطاقة استخلاص الحامض النووي DNA (Gentra Systems, Minneapolis, Minnesota)، ثم ترتب العينات الورقية على قماش ميرا وتغطى بغطاء بلاستيكي شفاف. ٤- تفرك أو تطحن الأوراق النباتية باستخدام يد هاون مناسبة، ثم يتم التخلص من القماش وبقايا الأوراق النباتية، والبلاستيك. ٥- توضع مستخلصات الأوراق في حفرات (كل في حفرة) طبق ذو ٩٦ حفرة 96-well microtitre، كل حفرة ثمن بوصة. ٦- يُضاف ١٠٠ ميكروليتر من محلول تنقية الحامض النووي DNA (Gentra Systems) في كل حفرة. ثم يتم التخلص من المحلول بعد ١٥ دقيقة. ولكي يتم التخلص من أكبر كمية ممكنة من المحلول، يفضل أن يطرد المحلول مركزياً من خلال ثقب صغير في قاع الحفرة. ويجمع السائل في غطاء الطبق ذي الست وتسعين حفرة الموضوع حينئذ تحت الطبق. أو، يتم التخلص من السائل باستخدام الشفط Vacuum أو الماصة. وتكرر هذه العملية ثلاث مرات. ٧- يضاف ١٠٠ ميكروليتر إيثانول لكل حفرة، ويتم التخلص منه بعد دقيقة واحدة. ٨- تجفف الأقراص على درجة حرارة ٦٠ °م لمدة ٣٠ دقيقة، أو على درجة حرارة الغرفة طوال الليل. ٩- إذا كانت حفرات الطبق تحتوي في قيعانها على ثقوب للطرد، يجب نقل الأقراص إلى طبق جديد أو أنابيب جهاز التتابعات البسيطة المتكررة. ويمكن عمل ذلك إما مرة واحدة باستخدام الملقط، أو بوضع الطبق الجديد أو الأنابيب الجديدة مقلوبة على الطبق الآخر، ثم يُقلب الطبق الأخير، وتُنصب الأقراص في الحفر الجديدة برفق.
التضاعف بتقنية التتابعات البسيطة المتكررة SSR	١- يُجهز خليط من المواد الآتية: كلوريد ماغنيسيوم (١ ملليمول)، و١٠٠ ميكرومول من كل نوع من أنواع النيوكليوتيدات ثلاثية الفوسفور منزوعة الأوكسيجين dNTP، و٠،٢ ميكرومول من كل بادئ أمامي وعكسي لتتابعات الدليل BARC-Satt309 (انظر Cregan *et al.*, 1999b)، منظم 1X، و٠،١ وحدة/ميكروليتر من تفاعل التاج Taq. ٢- يضاف ٢١ ميكروليتراً من المخلوط لكل قرص. ٣- توضع العينات في حمام مائي لتخضع إلى ٣٢ دورة كل منها كما يأتي: ٩٤ °م لمدة ٢٥ ثانية، و٤٧ °م لمدة ٢٥ ثانية، و٦٨ °م لمدة ٢٥ ثانية.
التفريد الكهربي بجل الأجاروز Agarose gel electrophoresis	١- يتم التفريد الكهربي على جل الأجاروز ٣٪ Agarose gel 3٪ في TBE (انظر Sambrook *et al.*, 1989) باتباع التعليمات الموضحة بواسطة الشركة المصنعة. ويجب أن يتم عمل الجل من أجاروز عالي الوضوح مثل Metaphor® (FMC, Rockland, Maine) أو Agarose SFR® (Amersco, Solon, Ohio). ٢- يتم الصبغ بواسطة صبغة بروميد الإيثيديوم ethidium bromide، ويوضح الشكل رقم (١٢،١) مثالاً للتفريد الكهربي للدليل BARC-Satt309 على جل الأجاروز.

obeikandl.com

تم أيضاً وصف الدلائل وثيقة الارتباط بالموقع الجيني *rhg1* على مجموعة الارتباط MLG-G) A)، واستخدمت هذه الدلائل في طرق الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية ضمن توافيق مع الموقع *rhg1*. وقد قام ويب وآخرون .Webb *et al* (1995) باختبار فاعلية طرق الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية باستخدام دلائل مرتبطة مع كل من الموقعين *rhg1* و*rhg4* لاختبار سلالات ضمن عشائر تحتوي على صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا مستمدة من الصنف "PI437.654". وقد كانت جميع السلالات التي تحمل أليل المقاومة على كلا الموقعين مقاومة، على الرغم من فقد عدد صغير من السلالات المقاومة بهذه الطريقة (Webb *et al*., 1995). وقد اكتشف وايزمان وآخرون ,.Weisemann *et al* (1992) دلائل جزيئية مرتبطة بالموقع *rhg4* بعدما اكتشفوا الدلائل المرتبطة بالموقع *I*، وقد استخدموا ذلك فيما بعد في طرق الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية (Lightfoot et al., 1998).

هناك مناطق أخرى في التركيب الوراثي يعتقد أنها تحتوي على مواقع تؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا قد يمكن استخدامها في عمليات الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية كذلك. ولأن تأثير هذه المواقع يعد ضئيلاً، فإن تقنيات مثل Perkin-Elmer Taqman أو قطع الحامض النووي DNA (DNA chips) التي يمكنها تقييم عدة مواقع جينية سريعاً سوف تكون ضرورية لإكمال هذا العمل.

وفي أي من برامج الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية، من الضروري إجراء اختبار تقييم لعدد كبير من السلالات. وقد تكون عملية استخلاص الحامض النووي DNA من العمليات التي تتطلب وقتاً وعمالة. وتتطلب طرق الاستخلاص التقليدية عدداً كبيراً من النباتات، وخاصة في حالة استخدام دلائل كتلك المستخدمة في طريقة تباين أطوال القطع المقيدة RFLPs. وبذلك فإن استخلاص الحامض النووي DNA من آلاف سلالات فول الصويا في برامج التربية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا يُعد أمراً في غاية الصعوبة. وهناك عدد من الطرق التي تم تطويرها في الوقت الحالي بواسطة بعض الباحثين الذين يعملون في مجال المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا بهدف الإسراع من عمليات استخلاص الحامض النووي DNA، وباستخدام أقل عدد ممكن من النباتات (Lightfoot *et al*., 1998 ؛ Lange *et al*., 1998). وتسمح هذه الطريقة للباحثين بجمع العينات لاستخلاص الحامض النووي DNA من البادرات. وبذلك، يمكن تقييم السلالات باستخدام الدلائل الجزيئية، واتخاذ القرارات بشأنها وهي مازالت في طور النمو في القطع التجريبية الحقلية، ومن ثم يمكن خفض عدد القطع التجريبية الواجب حصادها.

ومن أهم طرق الاستخلاص هذه تلك الطريقة التي وصفها لانج وآخرون .Lange *et al* (1998) (الجدول رقم ١٢.١). وفي هذه الطريقة، تُفرك قطع الأوراق النباتية في ورق ترشيح (Gentra Systems Minneapolis, Minnesota)، وتُرقم أو تُعطى كوداً معيناً. ومن الممكن تخزين تلك الأوراق لمدة عام على الأقل على درجة حرارة ٤ °م أو ٢٠ °م.

ويمكن الحصول على الحامض النووي DNA من نباتات المشاتل أو محطات التجارب بسهولة، حيث يمكن طحن الأوراق النباتية في نفس المكان دون الحاجة إلى أية مواد أو كيماويات أو أجهزة مخبرية، ثم ترسل أوراق الترشيح التي تحتوي على العينات إلى المختبرات محفوظة على درجة حرارة تساوي درجة حرارة الغرفة. ولتنقية الحامض النووي DNA، تؤخذ أقراص صغيرة (ذات قطر أقل من ٦ مم) من الأوراق، وتغسل ثلاث مرات، كل منها لمدة ١٥ ق بواسطة محلول استخلاص (Genta System) ثم بالإيثانول في مسطح ذي ٩٦ حفرة 96-ell plate. يمكن أيضا استخدام الأقراص الجافة مباشرة في تفاعل البلمرة المتسلسل، أو تخزن على درجة حرارة الغرفة حتى يحين موعد استخدامها. وقد يكون العائق أو العيب الرئيسي في هذه الطريقة هو عدم القدرة على الاستخدام الجماعي للعينات، بل تفصل كل عينة على حدة. ولكن تظل هذه الطريقة هي المفضلة كبديل للطرق التقليدية لاستخلاص الحامض النووي DNA لسهولتها وسرعتها، وكذلك لسهولة تخزين العينات.

هناك طريقة أخرى أيضاً تم استخدامها لاستخلاص الحامض النووي DNA في برامج الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية لصفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا. فقد استخدم لايتفوت وآخرون Lightfoot *et al.* (1998) طريقة يمكن بواسطتها الحصول على الحامض النووي DNA في شكله السائل التقليدي. وتبدأ هذه الطريقة باستخدام مسطح ذي ٩٦ حفرة يمكن بواسطته الاستخلاص من ٩٦ عينة (طازجة أو مجمدة) في آن واحد، وذلك بعد طحن هذه العينات في محلول هيدروكسيد الصوديوم في خلاط Matrix Mill. وتسمح هذه الطريقة بتجميع جزء كبير من الحامض النووي DNA الذي يمكن تخزينه في أنابيب على شكله السائل. وقد تكون هذه الطريقة أكثر كلفة من طريقة الأقراص بسبب تكلفة الخلاط Matrix Mill، على الرغم من أن التكلفة لكل عينة على حدة تكون فيها أقل. وفي الوقت الحالي، هناك تطوير لطرق الاستخلاص من البذور بحيث لا يؤثر ذلك في قدرتها على الإنبات (Lightfoot *et al.*, 1998).

نظريات الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية
Perspectives on Marker-Assisted Selection

من المنتظر أن يصبح الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية أكثر فاعلية وقوة في المستقبل. فهناك مفتاحي تقدم منتظرين في هذا المجال وهما: ١) تطوير الخرائط الوراثية المتعلقة بالمواقع الجينية التي تتحكم في صفة المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا باستخدام الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA، و٢) تطوير تقنيات الدلائل الجزيئية للحامض النووي DNA. وتولى الأهمية بصفة خاصة إلى تقنيات الدلائل الجزيئية التي لا تتطلب إجراء التفريد الكهربي باستخدام الجل Gel electrophoresis، ومنها التقنية المعروفة باسم (Perkin-Elmer) (Taqmam)® (Livak *et al.*, 1995 ؛ Lee *et al.*, 1993). وباستخدام هذه التقنية، يكون الباحثون قد بدأوا في الاستثمار الأفضل

لاكتشاف دلائل النيوكليوتيدات المفردة متباينة الأشكال Single nucleotide polymorphism (SNPs) والدلائل الأخرى التي تعتمد عليها طريقة تفاعل البلمرة المتسلسل PCR. وفي هذه التقنية، يمكن مضاعفة قطعة من الحامض النووي DNA تحيط بالنيوكليوتيدات المفردة متباينة الأشكال SNPs، وذلك باستخدام طريقة تفاعل البلمرة المتسلسل. ويشترك في هذا التفاعل مجسان probes يعكسان اختلاف النيوكليوتيدات. وكل من هذين المجسين له صبغة تقريرية خاصة مميزة Reporter dye إضافة إلى صبغة أخرى مطفئة quencher dye تطفئ الوميض fluorescence الناتج من الصبغة التقريرية. فإذا وجد تتابع أحد المجسين في الناتج الذي تمت مضاعفته بطريقة تفاعل البلمرة المتسلسل، فإن هذا المجس يتم تهجينه، وتزال الصبغة المطفئة من طرفه رقم ٣ بواسطة إنزيم ثان، تاركة الصبغة التقريرية تومض بدون تداخل. ويمكن قراءة نتائج اختبار التضاعف بواسطة جهاز حاسب آلي ونظام كشف عن المواد أو الوميض الفلورسنتي، ومن ثم نتجنب العمل الممل لعمليات التفريد الكهربي بالجل. وفي الوقت الحالي هناك طلب كبير على دلائل النيوكليوتيدات المفردة متباينة الأشكال المرتبطة بجينات المقاومة الرئيسية تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا (Grimm *et al.*, 1998). وبالفعل، لن يمر وقت طويل، حتى يكون لدينا اختبارات قادرة على استخدام قطع الحامض النووي DNA في تعريف التركيب الوراثي لنبات ما في خطوة واحدة. وقد تم بالفعل وصف استخدام قطع الحامض النووي DNA التي يمكنها معرفة التركيب الوراثي لفطر الخميرة (Winzeler *et al.*, 1998).

شكر وتقدير
Acknowledgement

نتقدم بوافر الشكر إلى الدكتور بيري كريجان Perry Cregan (USDA-ARS) بمدينة بلتسفيل في ولاية ميريلاند الأمريكية، والدكتور جيمس أورف James Orf، والسيد/ إيريك بولكي Eric Boehlke الذين أمدونا بالنتائج غير المنشورة التي أشرنا إليها في هذا الفصل، وقد تم نشر هذه النتائج كمساهمات في محطة مينيسوتا الزراعية مدعومة بمشروع G.A.R.

المراجع
References

Anand, S., Brar, G. and Gallo, K. (1983) Screening for cyst nematode resistance in soybean breeding *Heterodera glycines*. *Soybean Genetics Newsletter* 10, 63-66.

Anand, S.C. and Rao-Arelli, A.P. (1989) Genetic analyses of soybean genotypes resistant to soybean cyst nematode race 5. *Crop Science* 29, 1181-1184.

Botstein, D., White, R.L., Skolnick, M.H. and Davis, R.W. (1980) Construction of a genetic map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American Journal of Human Genetics* 32, 314-331.

Boutin, S.R., Young, N.D., Olson, T., Yu, Z.H, Shoemaker, R. and Vallejos, C. (1995) Genome conservation among three legume genera detected with DNA markers. *Genome*, 38, 928-937.

Caldwell, B.E., Brim, C.A. and Ross, J.P. (1960) Inheritance of resistance of soybeans to cyst nematode, *Heterodera glycines*. *Agronomy Journal* 52, 635-636.

Chang, S., Doubler, T., Kilo, V., Abuthredeih, J., Prabhu, R., Freire, V., Suttner, R., Klein, J., Schmidt, M., Gibson, P. and Lightfoot, D. (1997) Association of loci underlying field resistance to soybean sudden death syndrome (SDS) and cyst nematode (SCN) race 3. *Crop Science* 37, 965-971.

Cho, R.J., Mindrinose, M., Richards, D.R., Sapolsky, R.J., Anderson, M., Drenkard, E., Dewdeney, L., Reuber, T.L., Stammers, M., Federspiel, N., Theologis, A., Yang, W.H., Hubbell, E., Au, M., Chung, E.Y., Lashkari, D., Lemieux, B., Dean, C., Lipshutz, R.J., Ausubel, F.M., Davis, R.W. and Oefner, P.J. (1999) Genome-wide mapping with biallelic markers in *Arabidopsis thaliana*. *Nature Genetics* 23, 203-207.

Concibido, V.C., Denny, R.L., Boutin, S.R., Hautea, R., Orf, J.H. and Young, N.D. (1994) DNA marker analysis of loci underlying resistance to soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe). *Crop Science* 34, 240-246.

Concibido, V., Denny, R., Lang, D., Orf, J. and Young, N.D. (1996a) RFLP mapping and marker-assisted selection of soybean cyst nematode resistance in PI 209332. *Crop Science* 36, 1643-1650.

Concibido, V., Young, N., Lang, D., Denny, R., Danesh, D. and Orf, J. (1996b) Targeted comparative genome analysis and qualitative mapping of a major partial-resistance gene to the soybean cyst nematode resistance. *Theoretical and Applied Genetics* 93, 234-241.

Concibido, V., Lang, D., Denny, R., Orf, J. and Young, N.D. (1997) Genome mapping of soybean cyst nematode resistance genes in Peking, PI 90763 and PI 88788 using DNA markers. *Crop Science* 37, 258-264.

Cregan, P.B., Bhagwat, A.A., Akkaya, M.S. and Rongwen, J. (1994) Microsatellite fingerprinting and mapping of soybean. *Methods in Molecular and Cellular Biology* 5, 49-61.

Cregan, P., Jarvik, T., Bush, A., Shoemeker, R., Lark, K., Kahler, A., Kaya, N., VanToai, T., Lohnes, D., Chung, J. and Specht, J. (1999a) An integrated genetic linkage map of the soybean genome. *Crop Science* 39, 1464-1490.

Cregan, P.B., Mudge, J., Fickus, E.W., Danesh, D., Denny, R. and Young, N.D. (1999b) Two simple sequences repeat markers to select for soybean cyst nematode resistance conditioned by the *rhg1* locus. *Theoretical and Applied Genetics* 99, 811-818.

Cregan, P.B., Mudge, J., Fickus, E.W., Marek, L.F., Danesh, D., Denny, R.L., Shoemaker, R.C., Matthews, B.F., Jarvik, T. and Young, N.D. (1999c) Targeted isolation of simple sequence repeat markers through the use of bacterial artificial chromosomes. *Theoretical and Applied Genetics* 98, 919-928.

Denny, R.L., Lange, D.L., Penuela, S., Mudge, J., Orf, J.H. and Young, N.D. (1996) Marker-assisted selection for soybean cyst nematode resistance. *Soybean Genetics Newsletter* 23, 179-182.

Grimm, D.R., Danesh, D., Mudge, J., Young, N.D. and Cregan, P.B. (1998) Assessment of single nucleotide polymorphisms (SNP_s) in soybean. (Abstract) *7th Biennial Conference on the Molecular and Cellular Biology of the Soybean*, 26-29 July, 1998. Knoxville, Tennessee.

Hancock, J.A., Hancock, F.G., Gaviness, C.E. and Riggs, R.D. (1987) Genetics of resistance in soybean to 'race X' of soybean cyst nematode. *Crop Science* 27, 704-707.

Hartwig, E.E. (1985) Breeding productive soybean with resistance to soybean cyst nematode. In: Shibles, R.A. (ed.) *World Soybean Research Conference III*. Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 394-399.

Keim, P., Diers, B.W., Olson, T.C. and Shoemaker, R.C. (1990) RFLP mapping soybean association between marker loci and variation in quantitive traits. *Genetics* 126, 735-742.

Keim, P., Schupp, J., Travis, S., Clayton, K., Zhu, T., Shi, L., Ferreira, A. and Webb, D. (1997) A high-density soybean genetic map based on AFLP markers. *Crop Science* 37, 537-543.

Lang, D., Penuela, S., Denny, R., Mudge, J., Concibido, V., Orf, J. and Young, N.D. (1998) A plant DNA isolation protocol suitable for polymerase chain reaction based marker-assisted breeding. *Crop Science* 38, 217-220.

Lee, L., Connell, C., and Bloch, W. (1993) Allelic discrimination by nick-translation PCR with fluorogenic probes. *Nucleic Acids Research* 21, 3761-3766.

Lightfoot, D.A., Meksem, K., Garvey, G. and Bell-Johnson, B. (1998) *Workshop on Biotechnology Approaches to Improve Resistance to SCN*. United Soybean Board, St. Louis, Missouri.

Livak, K., Flood, S.J.A., Marmaro, J., Giusti, W. and Deetz, K. (1995) Oligonucleotides with fluorescent dyes at opposite ends provide a quenched probe system useful for detecting PCR product and nucleic acid hybridization. *PCR Methods and Applications* 4, 357-362.

Luedders, V. (1989) Inheritance of genes for resistance to soybean cyst nematode applications. *Crop Science* 29, 667-671.

Mahalingham, R. and Skorupska, H. (1995) DNA markers for resistance to *Heterodera glycines* Race 3 in soybean cultivar Peking. *Breeding Science* 45, 435-443.

Mansur, L.M., Carriquiry, A.L. and Rao-Arelli, A.P. (1993) Generation mean analysis of resistance to Race 3 of soybean cyst nematode. *Crop Science* 33, 1249-1253.

Matson, A.L. and Williams, L.F. (1965) Evidence of a fourth gene for resistance to soybean cyst nematode. *Crop Science* 5, 477.

Mudge, J., Concibido, V.C., Denny, R.L., Young, N.D. and Orf, J.H. (1996) Genetic mapping of a yield depression locus near a major gene for soybean cyst nematode resistance. *Soybean Genetics Newsletter* 23, 173-178.

Mudge, J., Cregan, P.B., Kenworthy, J.P., Kenworthy, W.J., Orf, J.H. and Young, N.D. (1997) Two microsatellite markers that flank the major soybean cyst nematode resistance. *Crop Science* 37, 1611-1615.

Myers, G. and Anand, S. (1991) Inheritance of resistance and genetic relationships among soybean plant introductions to races of soybean cyst nematode resistance. *Euphytica* 55, 197-201.

Paran, I. and Michelmore, R. (1993) Development of reliable PCR based markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce. *Theoretical and Applied Genetics* 85, 985-993.

Qiu, B., Sleper, D. and Arelli, A. (1997) Genetic and molecular characterization of resistance to *Heterodera glycines* race isolates 1, 3 and 5 in Peking. *Euphytica* 96, 225-231.

Rao-Arelli, A. (1994) Inheritance of resistance to *Heterodera glycines* race 3 in soybean accessions. *Plant Disease* 78, 898-900.

Rao-Arelli, A.P., Anand, S.C. and Myers, G.O. (1989) Partial dominance of susceptibility in soybean to soybean cyst nematode races 3, 4 and 5. *Crop Science* 29, 1562-1564.

Rao-Arelli, A.P., Anand, S.C. and Wrather, J.A., (1992) Soybean resistance to soybean cyst nematode races 3 is conditioned by an additional dominant gene. *Crop Science* 32, 862-864.

Saiki, R., Gelfand, D., Stoffel, S., Scharf, S., Higuchi, R., Horn, G., Mullis, K. and Erlich, H. (1988) Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science* 239, 487-491.

Sambrook, J., Fritsch, E.F. and Maniatis, T. (1989) *Molecular Cloning, a Laboratory Mannul*, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York, p. 6.12.

Shoemaker, R.C. and Olson, T.C. (1993) Molecular linkage map of soybean (*Glycine max* L. Merr). In: O'Brien, S.J. (ed.) *Genetic Maps: Locus Maps of Complex Genomes*. Cold Spring Harbor Press, Cold Spring Harbor, New York, pp. 6.131-6.138.

Southern, E. (1975). Detection of specific sequences among DNA fragments separated by gel electrophoresis. *Journal of Molecular Biology* 98, 503-517.

Obeikandl.com

Tanksley, S.D., Young, N.D., Patterson, A.H. and Bonierbale, M.W. (1989) RFLP mapping in plant breeding: new tools for an old science. *Biotechnology* 7, 257-264.

Tautz, D. (1989) Hypervariability of simple sequences as general for polymorphic DNA markers. *Nucleic Acids Research* 17, 6463-6472.

Thomas, J.D., Caviness, C.E., Riggs, R.D. and Hartwig, E.E. (1975) Inheritance of reaction to a race 4 of soybean cyst nematode resistance gene, *Rhg4*. *Crop Science* 15, 208-210.

Vierling, R., Faghihi, J., Ferris, V. and Ferris, J. (1996) Association of RFLP markers with loci conferring broad-based resistance to soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*). *Theoretical and Applied Genetics* 92, 83-86

Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., van de Lee, T., Hornes, M., Frijters, A., Pot, J., Peleman, J., Kuiper, M. and Zabeau, M. (1995) AFLP, a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research* 23, 4407-4414.

Webb, D.M., Baltazar, B.M., Rao-Arelli, A.P., Schupp, J., Clayton, K., Keim, P. and Beavis, W.D. (1995) Genetic mapping of soybean cyst nematode race-3 resistance loci in the soybean PI 437.654. *Theoretical and Applied Genetics* 91, 574-581.

Weber, J. and May, P. (1989) Abundant class of human DNA polymorphisms which can be typed using the polymerase chain reaction. *American Journal of Human Genetics* 44, 388-396.

Weisemann, J.M., Matthews, B.F. and Devine, T.E. (1992) Molecular markers located proximal to the soybean cyst nematode resistance gene, *Rhg4*. *Theoretical and Applied Genetics* 85, 136-138.

Weiss, M.G. (1970) Genetic linkage in soybeans, linkage group VII. *Crop Science* 10, 627-629.

Williams, J.G.K., Kubelik, A.R., Livak, K.J., Rafalski, J.A. and Tingey, S.V. (1990) DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research* 18, 7213-7218.

Winzeler, E.A., Richards, D.R., Conway, A.R., Goldstein, A.L., Kalman, S., McCullough, M.J., McCusker, J.H., Stevens, D.A., Wodicka, L., Lockhart, D.J. and Davis, R.W. (1998) Direct allelic variation scanning of the yeast genome. *Science* 281, 1194-1197.

Young, N.D. (1999) A cautiously optimistic vision for marker-assisted breeding. *Molecular Breeding* 5, 505-510.

Young, N.D. and Tanksley, S.D. (1989) RFLP analysis of the size of chromosomal segments retained around the *Tm-2* locus of the tomato during backcross breeding. *Theoretical and Applied Genetics* 77, 353-359.

obeikandl.com

obeikandl.com

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي– إنجليزي

أ

ابتلاع / امتصاص	Ingest
أثري (صغير جدا)	Rudimentary
إجباري التطفل	Biotrophic
أجسام نباتية مضادة	Plantibodies
إجهاد	Stress
أحداث وتطورات المرض (عملية الإمراض)	Pathogenesis
أحيائي (حيوي)	Biotic
اختبار / فحص / غربلة	Screening
اختراق	Penetration
اختلاف (مثل قدرة الكائن على تغيير صفاته)	Variability
اختياري التطفل / المعيشة	Facultative
إخصاب خلطي	Amphimixis
إخصاب ذاتي	Self fertilization
إخصاب كاذب	Pseudogamy
أذينة (في النبات)	Stipule
ارتباط جيني	Gene linkage
أرضي	Terrestrial
أرضي (له علاقة بالتربة)	Edaphic

obeikandl.com

استنساخ	Cloning
استنساخ الجين	Gene cloning
اسم النوع (الجزء الثاني من التسمية الثنائية)	Epithet
اسم بديل/ مرادف/ أو ملغي	Synonym
أسنان دقيقة	Denticles
إصبعي الشكل	Digitate
اصفرار / شحوب	Chlorosis
أصول جذرية	Rootstocks
أصول وراثية (مجموعة من التراكيب الوراثية لنبات أو كائن معين)	Germplasm
أعراض تشريحية	Histological symptoms
أعور (كما في النهاية العمياء للمريء في النيماتودا)	Caecum
آفة	Pest
أفراد الجيل الأول (الهجين)	F1
إفرازات	Diffusates, Secretions
أفيلينكويد (شكل المريء)	Aphelenchoid
أقرب	Proximate
أكياس بلاستيكية تنبت وتنمو فيها البادرات النباتية	Pouches
أليلات القدرة التكاثرية (في الكائن الممرض) على النباتات المقاومة	Ror alleles
امتداد الرمح	Odontophore, Stylet extension
امتصاص	Sorption
أمعاء (في النيماتودا)	Mesenetron, Mesentron
أمفيد (عضو حسي في الرأس)	Amphid
إنبات	Germination
أنبوب تغذية	Feeding tube

openkandle.com

أنبوبة مرشدة للرمح	Guiding tube (of stylet)
انتخاب	Selection
الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية	Marker assisted selection (MAS)
انتشار المرض في الحقل	Disease prevalence
انتشار جغرافي	Dissemination
انتفاخ	Swelling
انتفاخات صغيرة	Spikkels
انتفاخات قاعدة الرمح في بعض أنواع نيماتودا دوريلايميدا	Basal flanges, Flanges, Stylet flanges
انتقال وراثي	Gene flow
أنثى ممتلئة بالبيض / قادرة على وضع البيض	Gravid female
انسلاخ	Molt, Moult
انسلاخ الكيوتيكل القديم	Ecdysis
انفصال الكيوتيكل القديم عن الجديد	Apolysis
انقسام سيتوبلازمي	Cytokinesis
انقسام غير مباشر (ميتوزي)	Mitosis
انقسام مباشر (ميوزي)	Meiosis
انقسام نووي	Karyokinesis
أنواع متشابهة جداً داخل جنس معين	Species aggregate
أنيبيات دقيقة في تركيب الروابط البلازمية تصل الخلايا المتجاورة ببعضها البعض	Desmotubules
أوتار (حبال) جانبية	Lateral chords
أوكسين (منظم نمو)	Auxin

ب

بادرة	Seedling
باديء جزيئي	Primer

opeikandl.com

بالكامل	*In toto*
برانشيمة (أنسجة نباتية)	Parenchyma
برزخ / مضيق المريء	Isthmus
بروز دقيق في نهاية الذيل	Mucron
بروز للخلف أو للأسفل	Retrose
بشرة خارجية	Exodermis
بشرة خارجية / علوية	Epidermis
بشرة داخلية	Endodermis
بشرة محيطية	Periderm
بصلة المريء الخلفية	Posterior bulb
بصلة المريء القاعدية	Basal bulb, Cardiac bulb, End bulb
بصلة المريء الوسطى	Esophageal bulb, Median bulb, Metacorpus, Middle bulb
بصلي الشكل	Bulbiform, Bulboid
بطن جانبي	Ventrolateral
بقايا / آثار المهبل (في القمع الفرجي للحوصلات)	Vaginal remnants
بقع متناثرة	Patches
بقع ورقية (على أوراق النبات)	Leaf spots
بقعة عينية (بقعة لونية في بعض أنواع النيماتودا)	Ocellus (pl. Ocelli)
بلكتويدي (ميزات الجنس *Plectus*)	Plectoid
بناء جيني (تجميع جينات مرغوبة في فرد واحد)	Gene pyramiding
بيئات التجذير	Rooting media
بيضة (الجمع بيض، بيوض)	Ovum (pl. Ova)
بيضة أولية	Oogonium
بيضي الشكل	Oval
بين خلوي	Intercellular
بيولوجيا جزيئية	Molecular biology

opeikandl.com

بيولي (أجسام داكنة داخل القمع الفرجي للجنس *Heterodera*)	Bullae

ت

تأثيرات مضيفة	Additive effects
تباين / تغير داخل النوع	Intraspecific variation
تباين الزيجوت	Heterogenity = Heterozygosity
تباين جنسي (اختلاف الشكل بين الجنسين)	Sexual dimorphism
تباين/تنوع وراثي	Genetic polymorphism = Genetic variation
تباين/تنوع وراثي	Genetic variation = Genetic polymorphism
تبوير التربة	Fallow
تتابع القواعد النيوكليوتيدية للحامض النووي DNA	DNA sequences
تتابع جيني	Gene sequence
تتغذى على الكائنات الدقيقة	Microphagous
تتغذى على النيماتودا	Nematophagous
تثألل ورقي	Leafy gall
تجعد	Wrinkle
تجفيف	Desiccation
تجنحات جانبية	Lateral alae
تجنحات ذيلية	Caudal alae
تجنحات ذيلية (تتقابل بعد نهاية الذيل)	Peloderan
تجنحات ذيلية (لا تصل إلى نهاية الذيل)	Leptoderan
تجويف الجسم	Body cavity
تجويف الفم	Buccal cavity, Oral cavity, Stoma
تجويف جسم حقيقي	Coelom
تجويف جسمي كاذب	Pseudocoel, Pseudocoelom
تجويف صمام المريء (يعمل كمضخة)	Haustrulum

obeikandl.com

تحت البشرة المحيطية	Subperiderm
تحت القنطرة (تركيب في القمع الفرجي للحوصلة)	Underbridge
تحت بطني	Subventral
تحت جانبي (متعامد على محور الجسم)	Sublateral
تحت ظهري	Subdorsal
تحت عينة (عينة من عينة)	Sub sample
تحضين	Incubation
تحطم لا هوائي	Puterfaction
تحفيز ، تعاون	Synergism
تحلل	Decay, Lysis
تحمل الإصابة	Tolerance
تحول (إنقلاب) الجنس	Sexual reversal
تخصر/ انقباض	Constriction
تخصص عوائلي	Host specific
تخطيط / خطوط الكيوتيكل	Striations
تخلص من أجزاء النبات المصاب	Phytosanitation
تدخين	Fumigation
تدخين التربة	Soil fumigation
تدريج (على مقياس شدة الإصابة)	Indexing
تراكيب رأسية	Probolae
تربة لإنبات البذور	Germination soil
تركيب (هيكل) رأسي في النيماتودا	Framework
تركيب نووي	Karyotype
تركيب وراثي كامل لكائن ما	Genome
تركيب/طراز/نمط وراثي	Genotype
تركيبات خارجية للكيوتكل	External cuticular structures

opeikandi.com

ترويق (طريقة لاستخلاص النيماتودا بالغسيل)	Elutriation
تزاوج / سفاد	Copulation
تشتية (بيات شتوي)	Overwintering
تشخيص	Diagnosis
تشوه	Distortion, Malformation
تصنيف / تقسيم	Classification
تصييف (بيات صيفي)	Oversummering
تضاد	Antagonism
تضخم في حجم الخلايا	Hypertrophy
تطبيق	Application
تطور ما بعد الجنيني	Postembryonic development
تعبير جيني	Gene expression
تعدد المجموعة الكروموسومية	Ploidy
تعفن الجذور	Root rot
تغطية التربة / ملش	Mulching
تغير بين الأنواع	Interspecific variation
تفاعل البلمرة المتسلسل	Polymerase chain reaction (PCR)
تفريد كهربي	Electrophoresis
تفريد كهربي أوتوماتيكي (موجه)	Automated electrophersis system
تفريد كهربي باستخدام الجل	Gel electrophoresis
تفريد كهربي باستخدام جل الأجاروز	Agarose gel electrophoresis
تفريد كهربي باستخدام جل البولي أكريلاميد	Polyacrylamide gel electropheresis
تقاطع الخطوط العرضية مع الحقل الجانبي	Areolation
تقرح	Lesion
تقزم	Crimp, Dwarfing
تقصف الجذور	Stubby root

Obeikandl.com

Simple sequence repeats (SSR)	تقنية التتابعات البسيطة المتكررة
Random amplified polymorphic DNA (RAPD)	تقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال
Sequence characterized amplified region (SCAR)	تقنية التوصيف التتابعي لقطع الحامض النووي DNA المكبرة
Restriction digestion	تقنية الهضم المقيد
Single nucleotide polymorphism (SNP)	تقنية تباين القواعد النيوكليوتيدية المفردة
Amplified ribosomal sequence	تقنية تتابع الريبوسومات المتضاعفة
Amplified fragement length polymorphism (AFLP)	تقنية تضاعف قطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال
Restriction fragment length polymorphism (RFLP)	تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد
Bioassay	تقييم (اختبار) حيوي
Apomixis, Automixis, Parthenogenesis	تكاثر بكري
Apogamy	تكاثر بكري (جنين من بيضة غير مخصبة)
Sexual reproduction	تكاثر جنسي
Monogenic reproduction	تكاثر عن طريق إنتاج جنس واحد
Asexual reproduction	تكاثر لاجنسي
Inoculation	تلقيح / إلقاح
Infestation	تلويث التربة (بمسبب مرضي)
Homogenity = Homozygosity	تماثل الزيجوت
Differentiation	تمايز أو تشكل
Relaxation	تمدد / إراحة
Maceration - sieving	التمزيق – المناخل (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Maceration - Bearmann funnel	التمزيق – قمع بيرمان (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Overseasoning	تموسم (تمضية فترة الموسم)
Bilateral symmetry	تناظر جانبي

opeikandi.com

تناظر شعاعي ثلاثي	Triradiate
تنخيل / غربلة (طريقة المناخل لاستخلاص النيماتودا)	Sieving
تنقيط	Punctuations, Striation
تهجين بين الأنواع	Interspecific hybridization
تهجين خلطي	Outcrossing
تهجين داخل النوع	Intraspecific hybridization
تهجين رجعي	Back cross
توارث	Inheritance
توافيق وراثية	Genetic recombinations
توجيه (النيماتودا باتجاه العائل)	Orientation
توزيع (جغرافي)	Distribution
توقف / إيقاف عن الحركة	Immobilized
توقف استطالة الجذور	Root devitalization
تيلوستوم (صمام يربط بين تجويف الفم ومقدمة المريء)	Telostom
تيلينكويد (شكل المريء)	Tylenchoid

ث

ثؤلول (ثآليل)، عقدة (عقد) بذرية	Seed gall(s)
ثابت	Sessile
ثابت عند درجات الحرارة المرتفعة	Heat stable
ثقب	Pore
ثقوب (فتحات) جانبية	Lateral pores
ثقوب جسمية صغيرة جداً على أجسام بعض أنواع النيماتودا	Body pores
ثلاثي الأجزاء	Tripartite
ثلاثي الشعب	Trifurcate

openkandil.com

ثلاثي الفصوص	Trilobed
ثنائي (متمايز) الشكل	Dimorphic
ثنائي الجنس أو المسكن	Bisexual
ثنائي الخصية	Diorchic
ثنائي المبيض	Didelphic
ثنائي المجموعة الكروموسومية	Diploid
ثنائي المسكن (يتميز إلى ذكور وإناث)	Dioecious

ج

جاذبية نوعية	Specific gravity
جاسترولة (طور جنيني مجوف)	Gastrula
جاميط / مشيج	Gamete
جاميط ذكري / مشيج ذكري	Spermatozoon (pl. = Spermatozoa)
جدار الجسم	Body wall
جدر	Ridges
جدر طولية	Longitudinal ridges
جذر ابتدائي	Primary root
جذر شعري	Hairy root
جذر عار قتلت النيماتودا كل جذوره الجانبية	Coarse root
جذور ثانوية	Secondary roots
جذور ليفية	Fibrous roots
جذور مخزنة	Storage roots
جراب تناسلي (غشاء السفاد الكيوتكلي)	Bursa
جزء أمامي في القناة الهضمية	Stomodeum
جزء غدي (يحتوي الغدد) من المريء	Ventriculus
جسدي	Corporeal
جسم المريء (الجزء الأمامي الأسطواني)	Corpus

openkandl.com

obeikandl.com

جسم أمامي للمريء	Procorpus
جسم مرشد لشوكتي السفاد	Gubernaculum
جسمي / جسدي	Somatic
جنب بطني	Lateroventral
جنب ظهري	Laterodorsal
جنس (مرتبة تصنيفية)	Genus
جنين	Embryo
جهاز إخراجي	Excretory system
جهاز تناسلي	Reproductive system
جهاز جلوتويد (صمام عند قاعدة تجويف الفم في النيماتودا الحرة)	Glottoid apparatus
جهازي	Systemic
جيب حسي	Sensilla pouch
جين (مورث)	Gene
جين التبليغ	Reporter gene
جين يتوارث رباعيا (ذو ١ - ٤ أليلات)	Tetrasomically
جينات التطفل	Genes of parasitism
جينات التطفل	Parasitism genes
جينات القدرة التكاثرية (في الكائن الممرض) على النباتات المقاومة	Ror genes
جينات المقاومة	R-genes
جينات ثانوية	Minor genes
جينات رئيسية	Major genes
جينات شراسة إمراضية متنحية	Recessive v-genes
جينات عدم الشراسة الإمراضية	Avirulence (Avr) genes
جينات مقاومة سائدة	Dominant R-genes

ح

الحامض النووي DNA	Deoxyribonucleic acid (DNA)
الحامض النووي DNA الريبوسومي	Ribosomal DNA = r DNA
الحامض النووي RNA	Ribonucleic acid (RNA)
حامل للفيروس	Viruliferous
حبل	Cord, Chord
حد التحمل	Tolerance limit
حد الضرر	Damage threshold
حد الضرر الاقتصادي	Economic threshold
حدة المرض	Disease intensity
حرارة مميتة (قاتلة)	Lethal temperature
حرشفي (مغطى بحراشيف)	Squamose, Squamous
حركة	Locomotion
حركة الدفع التموجية (الحركة الثعبانية)	Undulatory propulsion
حساسية	Sensitivity
حشد	Swarm
حصر/ مسح	Survey
حقل جانبي	Lateral field
حلزوني	Spiral
حلقات (تحلق عرضي على الكيوتيكل)	Annulation
حلقة (حلقات)	Segment(s)
حلقة عصبية	Nerve ring
حلقة عصبية مركزية	Circumesophageal commissure
حلقة مرشدة للرمح	Guiding ring; guide ring
حلمات حسية تناسلية	Genital papillae
حلمات حسية ذيلية	Caudal papillae

obeikandi.com

حلمة (الجمع حلمات)	Papilla (pl. Papillae)
حوصلة	Cyst
حوصلة منوية	Seminal vesicle
حيوان منوي	Sperm

خ

خارج الجسم	Extracorporeal
خصوبة جنسية	Fecundity
خصية	Testis
خط (الجمع خطوط)	Stria (pl. Striae)
خطوط الحقل الجانبي	Incisures, Lateral lines
خطوط طولية	Longitudinal striations
خطوط عرضية	Transverse striae
خلايا عملاقة	Giant cells
خلايا في التجويف الجسمي الكاذب	Pseudocoelomocytes
خلايا مغذية	Nurse cells
خلية الغدة الإخراجية	Renette cell
خلية أمية للخلايا الجرثومية المنوية	Spermatogonium
خلية بيضية (خلية البيضة)	Oocyte
خلية جرثومية منوية	Spermatocyte
خلية ناقلة	Transfer cell
خنثى	Syngonic female
خنثى (تحتوي على الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية)	Hermaphrodite
خنثى (تنتج الخلايا الذكرية والأنثوية)	Digonic hermaphordite
خنوثة (مبيض ينتج حيوانات منوية ويختزنها ليخصب بها بويضاته)	Protandry

opeikandi.com

خيط (تستخدم للدلالة على النيماتودا)	Nema
خيطي الشكل	Filiform
خيوط (روابط سيتوبلازمية)	Plasmodesmata

د

داخل الخلايا	Intracellular
دالة الضرر	Damage function
دايفيرتكيولم (الجيب المحيط بغدد المريء)	Diverticulum
درز — حز	Suture
دلائل الحامض النووي DNA	DNA markers
دلائل جزيئية	Molecular markers
دلائل جزيئية ظاهرية	Morphological markers
دليل التكاثر	Reproduction index
دليل تعقد الجذور	Gall idex = Galling index
دودة	Eelworm, Worm, Helminth
دورة	Rotation
دورة المرض	Disease cycle
دورة حياة غير مباشرة (حيث يتطور البيض الناتج من أنثى متطفلة إلى نيماتودا حرة وهي بدورها تنتج بيضاً يتطور إلى نيماتودا متطفلة)	Heterogonic cycle
دورة حياة مباشرة (حيث تضع الأنثى المتطفلة بيضاً يفقس إلى يرقات حرة وهذه تتطور مباشرة إلى نيماتودا متطفلة)	Homogonic cycle
ديدان أسطوانية	Round worms
ديدان خيطية	Nemathelminthes
ديريد (عضو حسي)	Deirid

obeikandl.com

ذ

ذرية الكائن الحي	Progeny
ذو بروز دقيق في نهاية الذيل	Mucronate
ذو تجويف جسمي حقيقي	Coelomate
ذو ثلاث طبقات جنينية	Triploblastic
ذو ضغط انتشاري عالٍ	Hypertonic
ذو ضغط انتشاري منخفض	Hypotonic
ذو نافذة/ نوافذ (في القمع الفرجي للحوصلة)	Fenestrate
ذو نهاية مستوية (مقطوع)	Truncate
ذيل	Tail
ذيل مفروق	Furcate tail
ذيلي الموقع	Caudal

ر

رائق	Supernatant
رابديون (صفيحة الكيوتيكل المغلفة لتجويف الفم)	Rhabdion
رأس بارز (لا يستمر مع كونتور الجسم)	Offset (head)
رأسي الموقع (يقع على أو بالقرب من الرأس)	Cephalic
رافدة — دعامة	Rib
رتبة (مرتبة تصنيفية)	Order
رحم	Uterus
رحمي (له علاقة بالرحم)	Uterine
رش قمعي مزدوج (طريقة لاستخلاص النيماتودا)	Double funnel spray method
رقبة	Neck
رمح	Spear, Stylet
رمح سني (ينشأ من إحدى خلايا جدر المريء)	Onchiostyle, Onchiostylet, Odontostyle, Odontostylet
رمح مسماري (ينشأ من التحام جدار الفم)	Stomatostyle, Stomatostylet

obeikandi.com

رمي التغذية	Saprotroph
رمي المعيشة	Saprophagous
ريشة (في النبات)	Coleoptile

ز

زخرفة	Ornamentation
زراعة وحيدة المحصول (زراعة مستمرة لمحصول واحد في الأرض)	Monoculture
زوائد طولية (خارج الحقل الجانبي)	Longitudinal alae
زيادة التفرع الجذري	Root proliferation
زيادة انقسام الخلايا (عن المعدل الطبيعي)	Hyperplasia

س

سائد	Dominant
سائل التجويف الجسمي الكاذب (سائل الجسم)	Pseudocoelomic fluid
سائل ليمفاوي	Haemolymph
ساكن (غير متجول)	Sedentary
سام	Toxic
سام للنبات	Phytotoxic
سطح البذرة	Spermoplane
سطح الجذر	Rhizoplane
سطح ورقة النبات، والكائنات الموجودة عليها	Phylloplane
سكون	Dormancy
سكون / توقف	Diapause
سكون بيولوجي	Quiescence
سكون بيولوجي (نتيجة الجفاف)	Anabiosis
سكون بيولوجي (نتيجة الجفاف)	Anhydrobiosis
سكون تام	Cryptobiosis

سكون ناتج عن ارتفاع في الضغط الأسموزي	Osmobiosis
سكون ناتج عن انخفاض في درجة الحرارة	Cryobiosis
سكون ناتج عن نقص الأوكسيجين	Anoxybiosis
سكيوتيلّم (فازميد كبيرة في بعض أجناس النيماتودا)	Scutellum
سلالات داخلية التربية	Inbreds
سلالات متماثلة	Isogenic lines
سلالة	Cotype, Race, Strain
السلالة العملاقة (من نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci*)	Giant race (of *Ditylenchus dipsaci*)
سلالة حيوية	Biological race
سلالة فسيولوجية	Physiological race
سلالة متخصصة عوائلياً	Host race
سلالة نقية	Pure line
سم / توكسين (إفراز سام من كائن حي)	Toxin
سمية	Toxicity
سن جداري في جدار المريء	Mural tooth
سن شفوية	Odontium
سنبلي ، إبري	Spicate (Speciform)
سويقة جنينية سفلى	Hypocotyl
سويقة جنينية عليا	Epicotyl

ش

شبكي	Reticulate, Reticular
شبه / شبيه	Eidos
شبه كروي (متطاول قليلاً)	Subspherical
شبه كروي أو شبه مستدير	Subglobal
شبه مغزلي الشكل	Fusoid

obeikandl.com

شد للأمام	Protract
شدة الحساسية	Hypersensitivity
شدة المرض	Disease severity
شراسة إمراضية	Virulence
شعبة النيماتودا (الديدان الخيطية)	Nematoda
شفاف / عديم اللون	Hyaline
شفاف إلى حد ما	Translucent
شفة (الجمع شفاه)	Labium (pl. Labia), Lip(s)
شفوي الموقع	Labial
شق / حز	Fissure
شق الفتحة التناسلية الأنثوية	Vulva slit
شكل / نمط ظاهري	Phenotype
شوكة (أشواك) حسية	Bristle(s), Seta (pl. Seate), Spine(s)
شوكة السفاد	Spicule
شوكي	Spinate
شيخوخة	Senescence

ص

صبغة تقريرية	Reporter dye
صبغة مطفئة	Quencher dye
صفة محكومة وراثياً بجين واحد مفرد	Monogenic
صفة محكومة وراثياً بعدد قليل من الجينات	Oligogenic
صفة محكومة وراثياً بعدد كبير من الجينات	Polygenic
صفة مضيفة	Additive
صفيحة (طبقة) رقيقة	Lamella
صمام	Valve
صمام مريئي معوي	Cardia, Esophageal intestinal valve

openkandl.com

صمام معوي مستقيمي — Intestino rectal valve

صوف نيماتودي (الكتلة الجافة من نيماتودا السيقان والأبصال) — Nematode wool

صولجاني — Clavate

صولجاني الشكل — Club shaped

صيانة (تجديد) المزرعة — Culture maintainence

ض

ضرر — Injury

ضغط انتخابي — Selection pressure

ط

طائفة / صف — Class

طارد البيض (جهاز عضلي في المهبل) — Ovejector, Ovijector

طبق بيرمان (طريقة لاستخلاص النيماتودا) — Bearmann tray (plate)

طبق وايتهيد (طريقة لاستخلاص النيماتودا) — Whitehead tray

طبقة القشرة في الكيوتيكل — Cortex

طبقة الكيوتيكل الخارجية — Exocuticle

طبقة الكيوتيكل الخارجية (العلوية) — Epicuticle

طبقة النخاع في الكيوتيكل، المادة الجيلاتينية لكيس البيض — Matrix

طبقة الهيبوديرمس — Hypodermis

طبقة تحت البشرة (الهيبودرمس في النيماتودا) — Subcuticle, Subcuticular layer

طبقة جرثومية داخلية — Endoderm

طبقة شمعية شفافة (تغطي سطح الحوصلة في بعض أنواع الجنس *Heterodera*) — Subcrystalline layer

طراز أحيائي (حيوي) — Biotype

طراز إمراضي — Pathotype

obeikandl.com

الطرد المركزي والطفو (طريقة لاستخلاص النيماتودا)	Centrifugal floatation
طرف الجذر = قمة الجذر	Root tip
طرفي	Distal
طريقة سينهورست للاستخلاص بالرش (طريقة لاستخلاص النيماتودا)	Seinhorst's spray method
طفح	Erumpent
طفو (طريقة لاستخلاص النيماتودا)	Floatation
طفيل	Parasite
طفيل أو كائن دخيل على البيئة	Exotic
طفيل جرحي (يدخل من خلال الجروح فقط)	Wound parasite
طفيل خارجي	Ectoparasite
طفيل داخلي	Endoparasite
طفيل داخلي ساكن	Sedentary endoparasite
طور ساكن جاف	Anhydrobiotic stage
طور سكون (بقاء)	Survival stage
طور كامل	Adult
طور ما قبل البلوغ	Preadult
طور معدٍ	Infective stage
طولي	Longitudinal
طية أو انثناء	Ruga (pl. = Rugae)

ظ

ظاهرة / طيف مرضي (يشير إلى كامل التأثير المرضي)	Syndrome
ظاهري / شكلي	Morphology
ظهر بطني	Dorsoventral
ظهر جانبي	Dorsolateral
ظهر وسطي	Dorsomesal

opeikandi.com

ظهري Dorsal

ع

عائل Host
عائل (عوائل) مفرق (مفرقة) Differential host(s) = host differential
عائل / قابل للإصابة Suscept
عائل جيد (يدعم تكاثر النيماتودا) Good host
عائل فقير (لا يدعم تكاثر النيماتودا) Poor host
عالمي الانتشار (التوزيع) Cosmopolitan
عامل التكاثر Reproduction factor (Rf)
عامل الفقس Hatching factor
عجان / شرج Perineum
عدم التوافق Incompatibility
عدم تحمل الإصابة Intolerance
عدوانية إمراضية Aggressiveness
عدوى النبات Infection
عدوى كامنة Masked infection
عرض Symptom
عرض (أعراض) المرض Disease symptom (s)
عريض (مُدّور) Blunt
عزلة / يعزل Isolate
عضلات جسمية / جسدية Somatic musculature
عضلة دائرية عاصرة (تفتح أو تغلق فتحة أو قناة طبيعية معينة) Sphincter
عضو الجماع (السفاد) Copulatory apparatus
عضو حسي Sensillum, Sensory organ
عضي Organelle

obeikandl.com

عقد	Nodules
عقد جذرية	Root galls
عقدة	Gall, Knot
عقدة (عقد) الرمح القاعدية	Basal knob(s), Stylet knob(s)
عقدة عصبية	Ganglion
علامة (علامات) المرض	Disease sign (s)
علم الأمراض	Pathology
علم التصنيف	Taxonomy
علم الديدان	Helminthology
علم النيماتودا	Nematology
علم النيماتودا النباتية	Plant nematology
علم أمراض النبات	Phytopathology, Plant Pathology
على أو في جانب واحد فقط	Unilateral
عينة أصلية (ممثلة للنوع أو السلالة)	Holotype
عينة بديلة (بدلاً من الأصلية لنفس الباحث)	Paratype
عيّنة بديلة (عن عينة النوع الأصلي)	Neotype
عينة ممثلة	Type specimen
عينة ممثلة (أخذت من المنطقة الاصلية)	Topotype

غ

غدة	Gland
غدة تناسلية	Gonad
غدد إضافية (في الذكور)	Supplementary glands
غدد القناة القاذفة	Ejaculatory glands
غدد المريء	Esophageal glands
غدد المريء الظهرية	Dorsal esophageal glands
غدد المستقيم	Rectal glands

openkanal.com

غدد الهيبوديرمس — Hypodermal glands

غدد ذيلية — Caudal glands

غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي — Laminar flow hood

غرفة الرذاذ (الضباب) لاستخلاص النيماتودا — Mist extraction chamber

غزو / اجتياح — Invasion

غشاء (على شوكتي السفاد) — Velum

غشاء (يغطي السطح أو الفجوة) — Epithelium

غشاء محي — Vitelline membrane

غشاء مخاطي — Mucosa

غلاف البذرة (القصرة) — Testa

غلاف مهبلي — Vaginal sheath

غمد أو غلاف — Sheath

غمر / نشع — Drench

غمر بالماء — Flooding

غير عائل — Non-host

غير قادر على إحداث المرض — Non pathogenic

غير متحمل للإصابة — Intolerant

غير متناظر — Asymmetrical

غير ممرض (غير قادر على إحداث المرض) — Avirulent

غير ناضج — Immature

ف

فائق الحساسية للإصابة — Hypersusceptible

فازميد (عضو حسي يقع عادة في الجزء الخلفي للنيماتودا) — Phasmid

فتحة — Orifice

فتحة (أضعف منطقة في غلاف البيضة تخرج منها اليرقة) — Operculum (pl. Opercula)

obeikandl.com

فتحة / شق	Aperture
فتحة الإخراج	Excretory pore
فتحة الأمفيد	Amphidial pore
فتحة الشرج	Anus
فتحة الغدة الذيلية	Spinneret
فتحة الفم	Buccal aperture, Oral aperture, Oral opening, Oral orifice
فتحة تناسلية	Genital aperture
فتحة تناسلية (في الأنثى أو الذكر)	Gonopore
فتحة تناسلية أنثوية	Vulva
فتحة قناة غدة المريء الظهرية	Dorsal esophageal gland orifice (DGO)
فتحة مجمع (في ذكور النيماتودا)	Cloaca
فترة الحضانة (للمرض)	Incubation period
فترة انتظار	Waiting period
فرد (أفراد) بين جنسي (بين جنسية) (يمتلك أو تمتلك بعض مميزات الجنسين)	Intersex(es)
فرد (أفراد) جديدة ذات تراكيب وراثية مميزة (مختلفة)	Accession(s)
فرضيات كوخ	Koch's postulates
فستبيول (الجزء الأمامي الضيق من تجويف الفم)	Vestibule
فسيفسائي (مقسم الى مربعات)	Tessellate
فص	Lobe
فعل جيني تراكمي	Additive gene action
فقس	Hatching, Eclosion
فيروسات عصوية تنقلها النيماتودا	NETU (nematode, tubular) viruses
فيروسات متعددة الأوجه تنقلها النيماتودا	NEPO (nematode, polyhedral) viruses

ق

قابل للإصابة	Susceptible

Spermatheca	قابلة منوية
Seminal receptacle	قابلة منوية (في الجهاز التناسلي الأنثوي)
Host susceptibility	قابلية العائل النباتي للإصابة بالنيماتودا
Susceptibility	قابلية للإصابة
Soil inhabiting	قاطن التربة
Basal	قاعدي (الموقع)
Carrying capacity	قدرة الحمل في أشجار الفاكهة
Pathogenicity	قدرة إمراضية
Labial disk	قرص شفوي
Discoid	قرصي
Proximal	قريب من منتصف أو مركز الجسم
Stylet shaft	قصبة الرمح أو عمود الرمح
Shaft	قصبة الرمح ، طرف شوكة السفاد
Field plots	قطع حقلية (لإجراءالتجارب)
Microplots	قطع حقلية صغيرة (لإجراءالتجارب)
Plot	قطعة تجريبية
Root-cap	قلنسوة الجذر
Vulval (vulvar) cone	قمع (مخروط) فرجي (في حوصلة الجنس *Heterodera*)
Bearmann funnel	قمع بيرمان (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Ambifenestrate	قمع فرجي ذو نافذتين (فتحتين) متشابهتين
Bifenestrate	قمع فرجي مزدوج النوافذ (الفتحات)
Apical	قمّي / طرفي
Duct	قناة
Excretory canal (duct)	قناة الإخراج
Oviduct	قناة المبيض
Gonoduct	قناة تناسلية (في الأنثى أو الذكر)

Openkandil.com

قناة قاذفة	Ejaculatory duct
قناة هضمية	Alimentary canal (tract)
قناة هضمية أمامية/ معي أمامية	Foregut
قناة هضمية خلفية	Hind gut
قنطرة الفتحة التناسلية (في القمع الفرجي لحوصلة الجنس *Heterodera*)	Vulval (vulvar) bridge
قوس / قنطرة (الجزء الظهري من النمط العجاني)	Arch
قياسات ظاهرية (شكلية)	Morphometrics

ك

كائن مترمم	Necrotroph
كائن ممرض	Pathogen
كامن (غير ظاهر)	Latent
كتلة بيض	Egg mass
كثافة ابتدائية (عددية) من النيماتودا	Initial population density (Pi)
كثافة نهائية (عددية) من النيماتودا	Final population density (Pf)
كروموسوم متشابه (متماثل)	Homologous chromosome
كروي أو شبه كروي الشكل	Globular, Globoid, Globose
كريكونيماتويد (شكل المريء)	Criconematoid
كلوي الشكل	Reniform
كمثري الشكل	Pyriform
كيتيني / شيتيني	Chitinous
كيس	Sac
كيس (جيب) الأمفيد	Amphidial pouch
كيس ، جيب	Pouch
كيس البيض	Egg sac
كيس رحمي خلفي (يمتد خلف الفتحة التناسلية)	Postvulvar sac, Postvulvar uterine branch

Saccate, Sacciform	كيسي الشكل
Biochemical	كيموحيوي
Cuticle	كيوتيكل
Sclerotized	كيوتيكل متصلب
Cuticularized	كيوتيكلي (مكون أو مغلف بالكيوتيكل)
Cutin	كيوتين

ل

Invertebrates	لا فقاريات
Anaerobe, Anaerobic	لا هوائي
Lignification	لجننة
Slime, Viscid	لزج
Saliva	لعاب
Inoculum	لقاح
Retrose	للخلف أو لأسفل
Fibrous	ليفي
Fibril(s)	ليفة (ليفات)

م

Prerectum	ما قبل المستقيم
Attractant	مادة جاذبة
Toxicant	مادة سامة
Preservative	مادة قاتلة أو مثبتة للكائنات الحية
Antifeedant	مانع للتغذية
Manubrium	مانوبريام (الجزء العريض من شوكة السفاد)
Nematicide	مبيد نيماتودي
Non fumigant nematicide	مبيد نيماتودي غير مدخن
Fumigant nematicides	مبيدات نيماتودية مدخنة

openkandl.com

مبيض	Ovary
مبيض متجه للأمام	Prodelphic
مبيض متجه للخلف	Opisthodelphic
مبيض مستقيم (غير منعكس)	Outstretched ovary
مبيضان متضادان في الاتجاه	Amphidelphic
متباين	Heterogenous
متباين الزيجوت	Heterogenic
متباين الزيجوت	Heterozygous
متجانس	Homogeneous
متجه للأمام	Anterial
متجه للخلف	Posteriad
متحرك	Motile
متحمل	Tolerant
مترمم	Saprobe, Saprogen, Saprophyte
مترمم إجباراً	Obligate saprophyte
متشعب (يشبه الشوكة)	Furcate
متشعب إلى فرعين	Bifurcate
متضاعف الأساس الكروموسومي	Polyploidy
متطاول / طولي	Elongate
متطفل إجباراً	Obligate parasite
متطفل خارجي على الجذور	Root ectoparasite
متطفل على طفيل	Hyperparasite
متعدد الأجنة	Polyembrionic
متعدد الأشكال	Pleomorphic, Polymorphic
متعدد الأنوية	Multinucleate
متعدد السطوح أو الأوجه	Polyhedral

openkandl.com

Polydelphic	متعددة المبايض (ثلاثة أو أكثر)
Sporadic	متقطع
Homogenic	متماثل الزيجوت
Homozugous	متماثل الزيجوت
Undulate	متموج
Symmetrical	متناظر
Recessive	متنحٍ
Polyphagous	متنوع مصادر التغذية
Moderately susceptible	متوسط القابلية للإصابة
Moderately resistant	متوسط المقاومة
Adage	مثل
Rugose, Rugous	مجعد – خشن – شبكي الشكل
Molecular linkage group (MLG)	مجموعة جزيئية مرتبطة
Convex	محدب الشكل
Incitant	محرّض / محفز
Cash crop	محصول اقتصادي
Trap crop	محصول صائد (للنيماتودا)
Cover crop	محصول غطاء
Rachis	محور، جسم محوري
Axial	محوري (الموقع)
Mucus	مخاطي
Awl shaped	مخرازي الشكل
Conoid	مخروطي الشكل
Crenation	مخطط / محلق (زوائد دائرية)
Plant introductions	مدخلات نباتية
Syncytium (pl. syncytia)	مدمج خلوي

openkandil.com

مدى عوائلي	Host range
مذبب	Spiculate
مرتبة تصنيفية تلي مرتبة النوع	Form
مرض "أوفرا" الذي تسببه نيماتودا *Ditylenchus angustus* في الأرز	Ufra disease
مرض "بلوت" الذي تسببه نيماتودا *Ditylenchus dipsaci* في البصل	Bloat
مرض اسوداد الرأس في الموز	Black head disease of bananas
مرض التدهور البطيء في الموالح	Slow decline of citrus
مرض التدهور المنتشر في الموالح	Spreading decline of citrus
مرض التفحم اللوائي	Flag smut
مرض التقزم الصيفي في الفراولة	Summer dwarf of strawberry
مرض الحلقة الحمراء	Red ring disease
مرض الشوفان المتسبب عن النيماتودا *Ditylenchus dipsaci*	Tulip root
مرض القمة البيضاء في الأرز	White tip disease of rice
مرض قرنبيطي	Cauliflower disease
مرض مزمن	Chronic disease
مرض مستوطن	Endemic
مرض نباتي	Plant disease
مركز تجميع الأصول الوراثية	Core collection
مريء	Esophagus
مريء (بلعوم)	Pharynx
مريء (دوريلايمويد) قنيني	Dorylaimoid esophagus
مريء أسطواني الشكل	Cylindrical esophagus
مزارع أصل	Stock cultures
مزدوج الغدد التناسلية (خصية ومبيض في الفرد الواحد)	Digonic

openkandil.com

Culture	مزرعة (وسط نمو)
Monoxenic culture	مزرعة أحادية (وحيدة نوع النيماتودا)
Root explant culture	مزرعة القطع الجذرية
Tissue culture	مزرعة أنسجة
Subculture, sub culture	مزرعة بنوية / جديدة
Xenic culture	مزرعة تحتوي الكائن الحي تحت الدراسة مع كائنات غير معروفة
Diaxenic culture	مزرعة تحتوي على كائنين حيين معروفين
Gnotobiotic (Gonotobiotic) culture	مزرعة حيوية معروفة جميع عناصرها الحية
Callus culture	مزرعة كالس (أنسجة مُشكَّلة)
Axenic culture	مزرعة نقية (نوع نيماتودي وحيد على بيئة غير حية)
Species specific culture	مزرعة نقية متخصصة النوع
Mesentary	مساريقا (غشاء يربط الأمعاء بجدار الجسم)
Virulent	مسبب مرضي شرس
Attenuate	مستدق
Oblong	مستطيل الشكل
Rectum	مستقيم
Indigenous	مستوطن (قديم في البيئة)
Adpressed	مسطح، شيء طُبق سطحياً
Dentate	مسنن
Isozyme	مشابه إنزيمي
Seed bed	مشتل (مرقد) بذور
Affected	مصاب
Chlorotic	مصفر / شاحب
Gas application	معاملة بالغاز
Hot water treatment	معاملة بالماء الساخن

openkandil.com

معاملة كلية (في المكافحة)	Overall application
معاملة نثراً (بمبيد أو خلافه)	Broadcast application
معدٍ (قادر على العدوى)	Infectious
معقد مرضي	Complex disease, Disease complex
معقد نوعي	Species complex
معقوف أو ملتوي	Flexure
معي متوسط	Mid gut
معي / أمعاء	Intestine, Gut
معيشة تعاونية (بين كائنين)	Symbiosis
مغزلي الشكل	Fusiform
مغزلي الشكل (يستدق عند الطرفين)	Vermiform
مغطى بالأشواك	Setose
مغلف	Invaginated
مفاقم	Aggrevator
مفترس	Predator
مقاوم	Resistant
مقاومة (المرض)	Resistance
مقاومة أفقية	Horizontal resistance
مقاومة جزئية	Partial resistance
مقاومة رأسية	Vertical resistance
المقاومة في النبات قبل حدوث الإصابة	Preinfectional resistance
مقاومة كمية	Quantitative resistance
مقاومة متوسطة	Intermediate resistance
مقاومة وصفية	Qualitative resistance
مقطوع	Indented
مقعر الشكل	Concave

opeikandl.com

Arcuate	مقوس
Control	مكافحة
Biological control	مكافحة أحيائية (حيوية)
Regulatory control	مكافحة تشريعية
Integrated pest management	مكافحة متكاملة للآفات
Integrated nematode management	مكافحة متكاملة للنيماتودا
Infection court	مكان العدوى
Protodeum	مكان مغلظ بالكيوتيكل تفتح فيه غدد المستقيم
Host suitability	ملاءمة العائل النباتي لتكاثر النيماتودا
Ventral supplements	ملحقات بطنية
Spatulate	ملعقي الشكل
Lumen	ممر (قناة)
Esophageal lumen	ممر (قناة) المريء
Pathogenic	ممرض (قادر على إحداث المرض)
Phytopathogenic	ممرض للنبات
Immunity	مناعة
Stimulus	منبه
Sickle shaped	منجلي الشكل
Retroarcuate	منحنٍ للخلف
Genital primordium	منشئ الجهاز التناسلي
Elongation zone	منطقة الاستطالة في الجذر
Growth zone	منطقة النمو في المبيض
Germinal zone	منطقة جرثومية في المبيض
Rhizosphere	منطقة من التربة محيطة بالجذور
Reflexed	منعكس
Immune	منيع (كائن لديه مناعة)

opeikandl.com

مهبل	Vagina
مهبل أثري (في القمع الفرجي للحوصلة)	Sheaf like organ
مواقع الصفات الكمية	Quantitative trait loci (QTL)
موت الأنسجة	Necrosis
موت راجع	Die back
موطن	Habitat

ن

ناتئ أو بارز	Protuberant
ناعم (قطني) الملمس	Floccose, Flocculose
نافذة (إحدى النافذتين على جانبي الفتحة التناسلية في القمع الفرجي للحوصلة)	Semifenestra
نافذة / فتحة (في القمع الفرجي للحوصلة النيماتودية)	Fenestra
نافذة محيطة بالفتحة التناسلية (في القمع الفرجي للحوصلة)	Vulval fenestra
نافذة واحدة محيطة بالفتحة التناسلية (في القمع الفرجي للحوصلة)	Circumfenestrate
ناقل المرض	Vector
نبات عائل	Host plant
نبات كاشف	Indicator plant
نبات معمر ينتج بذوراً كل عام	Perennial
نبات مهندس وراثيا (محور جينياً)	Transgenic plant
النباتات ذوات الفلقة الواحدة	Monocotyledons = monocots
نباتي التغذية	Phytophagous
نتوء عصبي – عضلي	Innervation process
نتوء كيوتكلي (ثؤلول) (الجمع نتوءات ، ثآليل)	Wart (s)
نتوء كيوتيكلي ، درنة	Tubercle

Opeikandi.com

نتوء مرشد شوكتي السفاد (يقع على الجدار البطني للمجمع)	Telamon
نسبة حدوث المرض	Disease incidence, Incidence of a disease
نسيج الدائرة المحيطية (البريسيكل)	Pericycle
نسيج عضلي	Musculature
نسيج كالس (مشكّل)	Callus tissue
نصف داخلي التطفل	Semi endoparasite
نظافة صحية (إزالة الأجزاء النباتية المصابة)	Sanitation
نظرية الجينات المتناظرة	Gene for gene theory
نقل مستمر	Persistent transmission
نمط عجاني	Perineal pattern
نمو مفاجئ	Flush
نهاية الذيل	Terminus
نواتج غير حقيقية	Artefactual products
نوع / أنواع (مرتبة تصنيفية)	Species
نوع ممثل	Lecotype
نوع ممثل لجنس معين	Type species
نيماتودا	Nematode
نيماتودا البحار والمحيطات	Marine nematodes
نيماتودا التربة	Soil Nematodes
نيماتودا التقرح (تتبع الجنس *Pratylenchus*)	Meadow nematode
نيماتودا المجموع الخضري	Foliar nematode
نيماتودا المياه العذبة	Fresh water nematodes
نيماتودا النبات	Phytonematodes
نيماتودا حرة المعيشة	Free living nematodes
نيماتودا حفارة	Burrowing nematode

openkandil.com

نيماتودا شرسة	Virulent nematode
نيماتودا غير شرسة	Avirulent nematode
نيماتودا متجولة	Migratory nematode
نيماتودا متطفلة على الإنسان	Human parasitic nematodes
نيماتودا متطفلة على الحشرات	Entomogenous nematodes
نيماتودا متطفلة على الحيوان	Animal parasitic nematodes
نيماتودا متطفلة على الحيوانات البيطرية	Vetrinary nematodes
نيماتودا ميكروبية التغذية	Microbiovorus nematodes
نيوكليوتيدة	Nucleotide

هـ

هجين	Hybrid
هدب (الجمع أهداب)	Cilium (pl. Cilia)
هلالي الشكل	Crescentiform
هيميزونيد (عضو حسي يقع أمام فتحة الإخراج)	Hemizonid
هيميزونيون (عضو حسي يقع خلف الهيميزونيد وهو أصغر منه)	Hemizonion

و

وبائي	Epidemic
وحيد الخصية	Monorchic
وحيد المسكن (يحتوي على الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية)	Monoecious
وحيدة المبيض	Monodelphic
وحيدة النواة (خلية)	Uninucleate
وراثة / توارث	Genetics
وردية الشكل	Rosette
ورق نسيجي (لاستخلاص النيماتودا)	Tissue paper

ورقة العلم (في النباتات النجيلية) — Panicle leaf
وصلة / شريط (مكون من ألياف عصبية) — Commissure
وعاء ناقل (بين الحوصلة المنوية و المستقيم) — Vas deferens
وعاء ناقل (بين منطقة النمو و الحوصلة المنوية للذكر) — Vas efferens
ولود (إناث تلد أو تحمل صغارها) — Viviparous
وميض فلورسنتي — Fluorescence

ي

ياقة (في النبات) — Collar
يتبع نيماتودا عائلة الكريكونيماتيدي — Criconematid
يتبع نيماتودا مجموعة أفلنكيدا — Aphelenchid
يتبع نيماتودا مجموعة تيلينكيدا — Tylench, Tylenchid
يتكاثر بكرياً — Parthenogenetic
يتكاثر خلطياً — Amphimectic
يثقب — Perforate
يجري خارج الأنسجة الحية — *In vitro*
يجري داخل الكائن أو النسيج الحي — *In vivo*
يحمل أشواكاً دقيقة — Spinulose
يدخل عنوة — Intrude
يرقة (يرقات) — Juvenile(s), Larva (pl. Larvae)
يرقة ساكنة — Dauer juvenile
يستأصل — Eradicate
يسحق أو يطحن — Triturate
يشكل حوصلة / يوجد داخل حوصلة — Encyst
يعدي / يصيب بالمرض — Infect
يفتت أو يجزئ — Comminute
يفرز أو يدفع خارجاً — Extrude

يفرم	Mince
يفقس بيضها خارج الجسم	Oviparous
يفقس بيضها داخل الرحم	Ovoviviparous
يقع قرب أو حول منطقة الشرج	Adanal
يموت	Moribund
ينتج جاميطات (أو خلايا جرثومية) على طول الغدة التناسلية	Hologonic
يهيئ (للإصابة)	Predispose

opeikandl.com

ثانياً: (إنجليزي– عربي)

A

Accession(s)	فرد (أفراد) جديدة ذات تراكيب وراثية مميزة (مختلفة)
Adage	مثل
Adanal	يقع قرب أو حول منطقة الشرج
Additive	صفة مضيفة
Additive effects	تأثيرات مضيفة
Additive gene action	فعل جيني تراكمي
Adpressed	مسطح، شيء طُبق سطحياً
Adult	طور كامل
Affected	مصاب
Agarose gel electrophoresis	تفريد كهربي باستخدام جل الأجاروز
Aggressiveness	عدوانية إمراضية
Aggrevator	مفاقم
Alimentary canal (tract)	قناة هضمية
Ambifenestrate	قمع فرجي ذو نافذتين (فتحتين) متشابهتين
Amphid	أمفيد (عضو حسي في الرأس)
Amphidelphic	مبيضان متضادان في الاتجاه
Amphidial pore	فتحة الأمفيد
Amphidial pouch	كيس (جيب) الأمفيد
Amphimectic	يتكاثر خلطياً
Amphimixis	إخصاب خلطي
Amplified fragement length polymorphism (AFLP)	تقنية تضاعف قطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال
Amplified ribosomal sequence	تقنية تتابع الريبوسومات المتضاعفة
Anabiosis	سكون بيولوجي (نتيجة الجفاف)
Anaerobe, Anaerobic	لا هوائي

Anhydrobiosis	سكون بيولوجي (نتيجة الجفاف)
Anhydrobiotic stage	طور ساكن جاف
Animal parasitic nematodes	نيماتودا متطفلة على الحيوان
Annulation	حلقات (تحلق عرضي على الكيوتيكل)
Anoxybiosis	سكون ناتج عن نقص الأوكسيجين
Antagonism	تضاد
Anterial	متجه للأمام
Antifeedant	مانع للتغذية
Anus	فتحة الشرج
Aperture	فتحة / شق
Aphelenchid	يتبع نيماتودا مجموعة أفلنكيدا
Aphelenchoid	أفيلينكويد (شكل المريء)
Apical	قمّي / طرفي
Apogamy	تكاثر بكري (جنين من بيضة غير مخصبة)
Apolysis	انفصال الكيوتيكل القديم عن الجديد
Apomixis, Automixis, Parthenogenesis	تكاثر بكري
Application	تطبيق
Arch	قوس / قنطرة (الجزء الظهري من النمط العجاني)
Arcuate	مقوس
Areolation	تقاطع الخطوط العرضية مع الحقل الجانبي
Artefactual products	نواتج غير حقيقية
Asexual reproduction	تكاثر لاجنسي
Asymmetrical	غير متناظر
Attenuate	مستدق
Attractant	مادة جاذبة
Automated electrophersis system	تفريد كهربي أوتوماتيكي (موجه)

Auxin	أوكسين (منظم نمو)
Avirulence (Avr) genes	جينات عدم الشراسة الإمراضية
Avirulent	غير ممرض (غير قادر على إحداث المرض)
Avirulent nematode	نيماتودا غير شرسة
Awl shaped	مخرازي الشكل
Axenic culture	مزرعة نقية (نوع نيماتودي وحيد على بيئة غير حية)
Axial	محوري (الموقع)

B

Back cross	تهجين رجعي
Basal	قاعدي (الموقع)
Basal bulb, Cardiac bulb, End bulb	بصلة المريء القاعدية
Basal flanges, Flanges, Stylet flanges	انتفاخات قاعدة الرمح في بعض أنواع نيماتودا دوريلايميدا
Basal knob(s), Stylet knob(s)	عقدة (عقد) الرمح القاعدية
Bearmann funnel	قمع بيرمان (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Bearmann tray (plate)	طبق بيرمان (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Bifenestrate	قمع فرجي مزدوج النوافذ (الفتحات)
Bifurcate	متشعب إلى فرعين
Bilateral symmetry	تناظر جانبي
Bioassay	تقييم (اختبار) حيوي
Biochemical	كيموحيوي
Biological control	مكافحة أحيائية (حيوية)
Biological race	سلالة حيوية
Biotic	أحيائي (حيوي)
Biotrophic	إجباري التطفل
Biotype	طراز أحيائي (حيوي)
Bisexual	ثنائي الجنس أو المسكن

openkandi.com

Black head disease of bananas	مرض اسوداد الرأس في الموز
Bloat	مرض "بلوت" الذي تسببه نيماتودا *Ditylenchus dipsaci* في البصل
Blunt	عريض (مُدّور)
Body cavity	تجويف الجسم
Body pores	ثقوب جسمية صغيرة جداً على أجسام بعض أنواع النيماتودا
Body wall	جدار الجسم
Bristle(s), Seta (pl. Seate), Spine(s)	شوكة (أشواك) حسية
Broadcast application	معاملة نثراً (بمبيد أو خلافه)
Buccal aperture, Oral aperture, Oral opening, Oral orifice	فتحة الفم
Buccal cavity, Oral cavity, Stoma	تجويف الفم
Bulbiform, Bulboid	بصلي الشكل
Bullae	بيولي (أجسام داكنة داخل القمع الفرجي للجنس *Heterodera*)
Burrowing nematode	نيماتودا حفارة
Bursa	جراب تناسلي (غشاء السفاد الكيوتكلي)

C

Caecum	أعور (كما في النهاية العمياء للمريء في النيماتودا)
Callus culture	مزرعة كالس (أنسجة مُشكّلة)
Callus tissue	نسيج كالس (مشكّل)
Cardia, Esophageal intestinal valve	صمام مريئي معوي
Carrying capacity	قدرة الحمل في أشجار الفاكهة
Cash crop	محصول اقتصادي
Caudal	ذيلي الموقع
Caudal alae	تجنحات ذيلية
Caudal glands	غدد ذيلية

openkandi.com

Caudal papillae — حلمات حسية ذيلية

Cauliflower disease — مرض قرنبيطي

Centrifugal floatation — الطرد المركزي والطفو (طريقة لاستخلاص النيماتودا)

Cephalic — رأسي الموقع (يقع على أو بالقرب من الرأس)

Chitinous — كيتيني / شيتيني

Chlorosis — اصفرار / شحوب

Chlorotic — مصفر / شاحب

Chronic disease — مرض مزمن

Cilium (pl. Cilia) — هدب (الجمع أهداب)

Circumesophageal commissure — حلقة عصبية مركزية

Circumfenestrate — نافذة واحدة محيطة بالفتحة التناسلية (في القمع الفرجي للحوصلة)

Class — طائفة / صف

Classification — تصنيف / تقسيم

Clavate — صولجاني

Cloaca — فتحة مجمع (في ذكور النيماتودا)

Cloning — استنساخ

Club shaped — صولجاني الشكل

Coarse root — جذر عار قتلت النيماتودا كل جذوره الجانبية

Coelom — تجويف جسم حقيقي

Coelomate — ذو تجويف جسمي حقيقي

Coleoptile — ريشة (في النبات)

Collar — ياقة (في النبات)

Comminute — يفتت أو يجزئ

Commissure — وصلة / شريط (مكون من ألياف عصبية)

Complex disease, Disease complex — معقد مرضي

openkanadi.com

Concave	مقعر الشكل
Conoid	مخروطي الشكل
Constriction	تخصر / انقباض
Control	مكافحة
Convex	محدب الشكل
Copulation	تزاوج / سفاد
Copulatory apparatus	عضو الجماع (السفاد)
Cord, Chord	حبل
Core collection	مركز تجميع الأصول الوراثية
Corporeal	جسدي
Corpus	جسم المريء (الجزء الأمامي الأسطواني)
Cortex	طبقة القشرة في الكيوتيكل
Cosmopolitan	عالمي الانتشار (التوزيع)
Cotype, Race, Strain	سلالة
Cover crop	محصول غطاء
Crenation	مخطط / محلق (زوائد دائرية)
Crescentiform	هلالي الشكل
Criconematid	يتبع نيماتودا عائلة الكريكونيماتيدي
Criconematoid	كريكونيماتويد (شكل المريء)
Crimp, Dwarfing	تقزم
Cryobiosis	سكون ناتج عن انخفاض في درجة الحرارة
Cryptobiosis	سكون تام
Culture	مزرعة (وسط نمو)
Culture maintainence	صيانة (تجديد) المزرعة
Cuticle	كيوتيكل
Cuticularized	كيوتيكلي (مكون أو مغلف بالكيوتيكل)

opeikandi.com

Cutin	كيوتين
Cylindrical esophagus	مريء أسطواني الشكل
Cyst	حوصلة
Cytokinesis	انقسام سيتوبلازمي

D

Damage function	دالة الضرر
Damage threshold	حد الضرر
Dauer juvenile	يرقة ساكنة
Decay, Lysis	تحلل
Deirid	ديريد (عضو حسي)
Dentate	مسنن
Denticles	أسنان دقيقة
Deoxyribonucleic acid (DNA)	الحامض النووي DNA
Desiccation	تجفيف
Desmotubules	أنيبيات دقيقة في تركيب الروابط البلازمية تصل الخلايا المتجاورة ببعضها البعض
Diagnosis	تشخيص
Diapause	سكون / توقف
Diaxenic culture	مزرعة تحتوي على كائنين حيين معروفين
Didelphic	ثنائي المبيض
Die back	موت راجع
Differential host(s) = host differential	عائل (عوائل) مفرق (مفرقة)
Differentiation	تمايز أو تشكل
Diffusates, Secretions	إفرازات
Digitate	إصبعي الشكل
Digonic	مزدوج الغدد التناسلية (خصية ومبيض في الفرد الواحد)

opeikandi.com

Digonic hermaphordite	خنثى (تنتج الخلايا الذكرية والأنثوية)
Dimorphic	ثنائي (متمايز) الشكل
Dioecious	ثنائي المسكن (يتميز إلى ذكور وإناث)
Diorchic	ثنائي الخصية
Diploid	ثنائي المجموعة الكروموسومية
Discoid	قرصي
Disease cycle	دورة المرض
Disease incidence, Incidence of a disease	نسبة حدوث المرض
Disease intensity	حدة المرض
Disease prevalence	انتشار المرض في الحقل
Disease severity	شدة المرض
Disease sign (s)	علامة (علامات) المرض
Disease symptom (s)	عرض (أعراض) المرض
Dissemination	انتشار جغرافي
Distal	طرفي
Distortion, Malformation	تشوه
Distribution	توزيع (جغرافي)
Diverticulum	دايفيرتكيولم (الجيب المحيط بغدد المريء)
DNA markers	دلائل الحامض النووي DNA
DNA sequences	تتابع القواعد النيوكليوتيدية للحامض النووي DNA
Dominant	سائد
Dominant R-genes	جينات مقاومة سائدة
Dormancy	سكون
Dorsal	ظهري
Dorsal esophageal gland orifice (DGO)	فتحة قناة غدة المريء الظهرية
Dorsal esophageal glands	غدد المريء الظهرية

opeikandl.com

Dorsolateral	ظهر جانبي
Dorsomesal	ظهر وسطي
Dorsoventral	ظهر بطني
Dorylaimoid esophagus	مريء (دوريلايمويد) قنيني
Double funnel spray method	رش قمعي مزدوج (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Drench	غمر / نشع
Duct	قناة

E

Ecdysis	انسلاخ الكيوتيكل القديم
Economic threshold	حد الضرر الاقتصادي
Ectoparasite	طفيل خارجي
Edaphic	أرضي (له علاقة بالتربة)
Eelworm, Worm, Helminth	دودة
Egg mass	كتلة بيض
Egg sac	كيس البيض
Eidos	شبه / شبيه
Ejaculatory duct	قناة قاذفة
Ejaculatory glands	غدد القناة القاذفة
Electrophoresis	تفريد كهربي
Elongate	متطاول / طولي
Elongation zone	منطقة الاستطالة في الجذر
Elutriation	ترويق (طريقة لاستخلاص النيماتودا بالغسيل)
Embryo	جنين
Encyst	يشكل حوصلة / يوجد داخل حوصلة
Endemic	مرض مستوطن
Endoderm	طبقة جرثومية داخلية
Endodermis	بشرة داخلية

obeikandl.com

Endoparasite	طفيل داخلي
Entomogenous nematodes	نيماتودا متطفلة على الحشرات
Epicotyl	سويقة جنينية عليا
Epicuticle	طبقة الكيوتيكل الخارجية (العلوية)
Epidemic	وبائي
Epidermis	بشرة خارجية / علوية
Epithelium	غشاء (يغطي السطح أو الفجوة)
Epithet	اسم النوع (الجزء الثاني من التسمية الثنائية)
Eradicate	يستأصل
Erumpent	طفح
Esophageal bulb, Median bulb, Metacorpus, Middle bulb	بصلة المريء الوسطى
Esophageal glands	غدد المريء
Esophageal lumen	ممر (قناة) المريء
Esophagus	مريء
Excretory canal (duct)	قناة الإخراج
Excretory pore	فتحة الإخراج
Excretory system	جهاز إخراجي
Exocuticle	طبقة الكيوتيكل الخارجية
Exodermis	بشرة خارجية
Exotic	طفيل أو كائن دخيل على البيئة
External cuticular structures	تركيبات خارجية للكيوتكل
Extracorporeal	خارج الجسم
Extrude	يفرز أو يدفع خارجاً

F

F1	أفراد الجيل الأول (الهجين)
Facultative	اختياري التطفل / المعيشة
Fallow	تبوير التربة

openkandil.com

Fecundity	خصوبة جنسية
Feeding tube	أنبوب تغذية
Fenestra	نافذة / فتحة (في القمع الفرجي للحوصلة النيماتودية)
Fenestrate	ذو نافذة/ نوافذ (في القمع الفرجي للحوصلة)
Fibril(s)	ليفة (ليفات)
Fibrous	ليفي
Fibrous roots	جذور ليفية
Field plots	قطع حقلية (لإجراءالتجارب)
Filiform	خيطي الشكل
Final population density (Pf)	كثافة نهائية (عددية) من النيماتودا
Fissure	شق / حز
Flag smut	مرض التفحم اللوائي
Flexure	معقوف أو ملتوي
Floatation	طفو (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Floccose, Flocculose	ناعم (قطني) الملمس
Flooding	غمر بالماء
Fluorescence	وميض فلورسنتي
Flush	نمو مفاجئ
Foliar nematode	نيماتودا المجموع الخضري
Foregut	قناة هضمية أمامية/ معي أمامية
Form	مرتبة تصنيفية تلي مرتبة النوع
Framework	تركيب (هيكل) رأسي في النيماتودا
Free living nematodes	نيماتودا حرة المعيشة
Fresh water nematodes	نيماتودا المياه العذبة
Fumigant nematicides	مبيدات نيماتودية مدخنة
Fumigation	تدخين

opeikandl.com

Furcate	متشعب (يشبه الشوكة)
Furcate tail	ذيل مفروق
Fusiform	مغزلي الشكل
Fusoid	شبه مغزلي الشكل

G

Gall idex = Galling index	دليل تعقد الجذور
Gall, Knot	عقدة
Gamete	جاميط / مشيج
Ganglion	عقدة عصبية
Gas application	معاملة بالغاز
Gastrula	جاسترولة (طور جنيني مجوف)
Gel electrophoresis	تفريد كهربي باستخدام الجل
Gene	جين (مورث)
Gene cloning	استنساخ الجين
Gene expression	تعبير جيني
Gene flow	انتقال وراثي
Gene for gene theory	نظرية الجينات المتناظرة
Gene linkage	ارتباط جيني
Gene pyramiding	بناء جيني (تجميع جينات مرغوبة في فرد واحد)
Gene sequence	تتابع جيني
Genes of parasitism	جينات التطفل
Genetic polymorphism = Genetic variation	تباين/تنوع وراثي
Genetic recombinations	توافيق وراثية
Genetic variation = Genetic polymorphism	تباين/تنوع وراثي
Genetics	وراثة / توارث
Genital aperture	فتحة تناسلية
Genital papillae	حلمات حسية تناسلية

opeikandi.com

Genital primordium	منشئ الجهاز التناسلي
Genome	تركيب وراثي كامل لكائن ما
Genotype	تركيب/طراز/نمط وراثي
Genus	جنس (مرتبة تصنيفية)
Germinal zone	منطقة جرثومية في المبيض
Germination	إنبات
Germination soil	تربة لإنبات البذور
Germplasm	أصول وراثية (مجموعة من التراكيب الوراثية لنبات أو كائن معين)
Giant cells	خلايا عملاقة
Giant race (of *Ditylenchus dipsaci*)	السلالة العملاقة (من نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci*)
Gland	غدة
Globular, Globoid, Globose	كروي أو شبه كروي الشكل
Glottoid apparatus	جهاز جلوتويد (صمام عند قاعدة تجويف الفم في النيماتودا الحرة)
Gnotobiotic (Gonotobiotic) culture	مزرعة حيوية معروفة جميع عناصرها الحية
Gonad	غدة تناسلية
Gonoduct	قناة تناسلية (في الأنثى أو الذكر)
Gonopore	فتحة تناسلية (في الأنثى أو الذكر)
Good host	عائل جيد (يدعم تكاثر النيماتودا)
Gravid female	أنثى ممتلئة بالبيض / قادرة على وضع البيض
Growth zone	منطقة النمو في المبيض
Gubernaculum	جسم مرشد لشوكتي السفاد
Guiding ring; guide ring	حلقة مرشدة للرمح

Guiding tube (of stylet)	أنبوبة مرشدة للرمح

H

Habitat	موطن
Haemolymph	سائل ليمفاوي
Hairy root	جذر شعري
Hatching factor	عامل الفقس
Hatching, Eclosion	فقس
Haustrulum	تجويف صمام المريء (يعمل كمضخة)
Heat stable	ثابت عند درجات الحرارة المرتفعة
Helminthology	علم الديدان
Hemizonid	هيميزونيد (عضو حسي يقع أمام فتحة الإخراج)
Hemizonion	هيميزونيون (عضو حسي يقع خلف الهيميزونيد وهو أصغر منه)
Hermaphrodite	خنثى (تحتوي على الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية)
Heterogenic	متباين الزيجوت
Heterogenity = Heterozygosity	تباين الزيجوت
Heterogenous	متباين
Heterogonic cycle	دورة حياة غير مباشرة (حيث يتطور البيض الناتج من أنثى متطفلة إلى نيماتودا حرة وهي بدورها تنتج بيضاً يتطور إلى نيماتودا متطفلة)
Heterozygous	متباين الزيجوت
Hind gut	قناة هضمية خلفية
Histological symptoms	أعراض تشريحية
Hologonic	ينتج جاميطات (أو خلايا جرثومية) على طول الغدة التناسلية
Holotype	عينة أصلية (ممثلة للنوع أو السلالة)

obeikandl.com

Homogeneous	متجانس
Homogenic	متماثل الزيجوت
Homogenity = Homozygosity	تماثل الزيجوت
Homogonic cycle	دورة حياة مباشرة (حيث تضع الأنثى المتطفلة بيضاً يفقس إلى يرقات حرة وهذه تتطور مباشرة إلى نيماتودا متطفلة)
Homologous chromosome	كروموسوم متشابه (متماثل)
Homozugous	متماثل الزيجوت
Horizontal resistance	مقاومة أفقية
Host	عائل
Host plant	نبات عائل
Host race	سلالة متخصصة عوائلياً
Host range	مدى عوائلي
Host specific	تخصص عوائلي
Host suitability	ملاءمة العائل النباتي لتكاثر النيماتودا
Host susceptibility	قابلية العائل النباتي للإصابة بالنيماتودا
Hot water treatment	معاملة بالماء الساخن
Human parasitic nematodes	نيماتودا متطفلة على الإنسان
Hyaline	شفاف / عديم اللون
Hybrid	هجين
Hyperparasite	متطفل على طفيل
Hyperplasia	زيادة انقسام الخلايا (عن المعدل الطبيعي)
Hypersensitivity	شدة الحساسية
Hypersusceptible	فائق الحساسية للإصابة
Hypertonic	ذو ضغط انتشاري عالٍ
Hypertrophy	تضخم في حجم الخلايا

obeikandl.com

Hypocotyl	سويقة جنينية سفلى
Hypodermal glands	غدد الهيبوديرمس
Hypodermis	طبقة الهيبوديرمس
Hypotonic	ذو ضغط انتشاري منخفض

I

Immature	غير ناضج
Immobilized	توقف / إيقاف عن الحركة
Immune	منيع (كائن لديه مناعة)
Immunity	مناعة
In toto	بالكامل
In vitro	يجري خارج الأنسجة الحية
In vivo	يجري داخل الكائن أو النسيج الحي
Inbreds	سلالات داخلية التربية
Incisures, Lateral lines	خطوط الحقل الجانبي
Incitant	محرّض / محفز
Incompatibility	عدم التوافق
Incubation	تحضين
Incubation period	فترة الحضانة (للمرض)
Indented	مقطوع
Indexing	تدريج (على مقياس شدة الإصابة)
Indicator plant	نبات كاشف
Indigenous	مستوطن (قديم في البيئة)
Infect	يعدي / يصيب بالمرض
Infection	عدوى النبات
Infection court	مكان العدوى
Infectious	معدٍ (قادر على العدوى)
Infective stage	طور معدٍ

opeikandi.com

Infestation	تلويث التربة (بمسبب مرضي)
Ingest	ابتلاع / امتصاص
Inheritance	توارث
Initial population density (Pi)	كثافة ابتدائية (عددية) من النيماتودا
Injury	ضرر
Innervation process	نتوء عصبي – عضلي
Inoculation	تلقيح / إلقاح
Inoculum	لقاح
Integrated nematode management	مكافحة متكاملة للنيماتودا
Integrated pest management	مكافحة متكاملة للآفات
Intercellular	بين خلوي
Intermediate resistance	مقاومة متوسطة
Intersex(es)	فرد (أفراد) بين جنسي (بين جنسية) (يمتلك أو تمتلك بعض مميزات الجنسين)
Interspecific hybridization	تهجين بين الأنواع
Interspecific variation	تغير بين الأنواع
Intestine, Gut	معي / أمعاء
Intestino rectal valve	صمام معوي مستقيمي
Intolerance	عدم تحمل الإصابة
Intolerant	غير متحمل للإصابة
Intracellular	داخل الخلايا
Intraspecific hybridization	تهجين داخل النوع
Intraspecific variation	تباين / تغير داخل النوع
Intrude	يدخل عنوة
Invaginated	مغلف
Invasion	غزو / اجتياح

openkandil.com

Invertebrates	لا فقاريات
Isogenic lines	سلالات متماثلة
Isolate	عزلة / يعزل
Isozyme	مشابه إنزيمي
Isthmus	برزخ / مضيق المريء

J

Juvenile(s), Larva (pl. Larvae)	يرقة (يرقات)

K

Karyokinesis	انقسام نووي
Karyotype	تركيب نووي
Koch's postulates	فرضيات كوخ

L

Labial	شفوي الموقع
Labial disk	قرص شفوي
Labium (pl. Labia), Lip(s)	شفة (الجمع شفاه)
Lamella	صفيحة (طبقة) رقيقة
Laminar flow hood	غرفة التحضير ذات التدفق الهوائي
Latent	كامن (غير ظاهر)
Lateral alae	تجنحات جانبية
Lateral chords	أوتار (حبال) جانبية
Lateral field	حقل جانبي
Lateral pores	ثقوب (فتحات) جانبية
Laterodorsal	جنب ظهري
Lateroventral	جنب بطني
Leaf spots	بقع ورقية (على أوراق النبات)
Leafy gall	تثألل ورقي
Lecotype	نوع ممثل

opeikandi.com

Leptoderan	تجنحات ذيلية (لا تصل إلى نهاية الذيل)
Lesion	تقرح
Lethal temperature	حرارة مميتة (قاتلة)
Lignification	لجننة
Lobe	فص
Locomotion	حركة
Longitudinal	طولي
Longitudinal alae	زوائد طولية (خارج الحقل الجانبي)
Longitudinal ridges	جدر طولية
Longitudinal striations	خطوط طولية
Lumen	ممر (قناة)

M

Maceration - Bearmann funnel	التمزيق – قمع بيرمان (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Maceration - sieving	التمزيق – المناخل (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Major genes	جينات رئيسية
Manubrium	مانوبريام (الجزء العريض من شوكة السفاد)
Marine nematodes	نيماتودا البحار والمحيطات
Marker assisted selection (MAS)	الانتخاب المبني على الدلائل الجزيئية
Masked infection	عدوى كامنة
Matrix	طبقة النخاع في الكيوتيكل، المادة الجيلاتينية لكيس البيض
Meadow nematode	نيماتودا التقرح (تتبع الجنس *Pratylenchus*)
Meiosis	انقسام مباشر (ميوزي)
Mesenetron, Mesentron	أمعاء (في النيماتودا)
Mesentary	مساريقا (غشاء يربط الأمعاء بجدار الجسم)
Microbiovorus nematodes	نيماتودا ميكروبية التغذية
Microphagous	تتغذى على الكائنات الدقيقة

Obeikandl.com

Microplots	قطع حقلية صغيرة (لإجراءالتجارب)
Mid gut	معي متوسط
Migratory nematode	نيماتودا متجولة
Mince	يفرم
Minor genes	جينات ثانوية
Mist extraction chamber	غرفة الرذاذ (الضباب) لاستخلاص النيماتودا
Mitosis	انقسام غير مباشر (ميتوزي)
Moderately resistant	متوسط المقاومة
Moderately susceptible	متوسط القابلية للإصابة
Molecular biology	بيولوجيا جزيئية
Molecular linkage group (MLG)	مجموعة جزيئية مرتبطة
Molecular markers	دلائل جزيئية
Molt, Moult	انسلاخ
Monocotyledons = monocots	النباتات ذوات الفلقة الواحدة
Monoculture	زراعة وحيدة المحصول (زراعة مستمرة لمحصول واحد في الأرض)
Monodelphic	وحيدة المبيض
Monoecious	وحيد المسكن (يحتوي على الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية)
Monogenic	صفة محكومة وراثياً بجين واحد مفرد
Monogenic reproduction	تكاثر عن طريق إنتاج جنس واحد
Monorchic	وحيد الخصية
Monoxenic culture	مزرعة أحادية (وحيدة نوع النيماتودا)
Moribund	يموت
Morphological markers	دلائل جزيئية ظاهرية
Morphology	ظاهري / شكلي

openkandil.com

Morphometrics	قياسات ظاهرية (شكلية)
Motile	متحرك
Mucosa	غشاء مخاطي
Mucron	بروز دقيق في نهاية الذيل
Mucronate	ذو بروز دقيق في نهاية الذيل
Mucus	مخاطي
Mulching	تغطية التربة / ملش
Multinucleate	متعدد الأنوية
Mural tooth	سن جداري في جدار المريء
Musculature	نسيج عضلي

N

Neck	رقبة
Necrosis	موت الأنسجة
Necrotroph	كائن مترمم
Nema	خيط (تستخدم للدلالة على النيماتودا)
Nemathelminthes	ديدان خيطية
Nematicide	مبيد نيماتودي
Nematoda	شعبة النيماتودا (الديدان الخيطية)
Nematode	نيماتودا
Nematode wool	صوف نيماتودي (الكتلة الجافة من نيماتودا السيقان والأبصال)
Nematology	علم النيماتودا
Nematophagous	تتغذى على النيماتودا
Neotype	عيّنة بديلة (عن عينة النوع الأصلي)
NEPO (nematode, polyhedral) viruses	فيروسات متعددة الأوجه تنقلها النيماتودا
Nerve ring	حلقة عصبية
NETU (nematode, tubular) viruses	فيروسات عصوية تنقلها النيماتودا

openkandil.com

Nodules	عقد
Non fumigant nematicide	مبيد نيماتودي غير مدخن
Non pathogenic	غير قادر على إحداث المرض
Non-host	غير عائل
Nucleotide	نيوكليوتيدة
Nurse cells	خلايا مغذية

O

Obligate parasite	متطفل إجباراً
Obligate saprophyte	مترمم إجباراً
Oblong	مستطيل الشكل
Ocellus (pl. Ocelli)	بقعة عينية (بقعة لونية في بعض أنواع النيماتودا)
Odontium	سن شفوية
Odontophore, Stylet extension	امتداد الرمح
Offset (head)	رأس بارز (لا يستمر مع كونتور الجسم)
Oligogenic	صفة محكومة وراثياً بعدد قليل من الجينات
Onchiostyle, Onchiostylet, Odontostyle, Odontostylet	رمح سني (ينشأ من إحدى خلايا جدر المريء)
Oocyte	خلية بيضية (خلية البيضة)
Oogonium	بيضة أولية
Operculum (pl. Opercula)	فتحة (أضعف منطقة في غلاف البيضة تخرج منها اليرقة)
Opisthodelphic	مبيض متجه للخلف
Order	رتبة (مرتبة تصنيفية)
Organelle	عضي
Orientation	توجيه (النيماتودا باتجاه العائل)
Orifice	فتحة
Ornamentation	زخرفة
Osmobiosis	سكون ناتج عن ارتفاع في الضغط الأسموزي

openkanal.com

Outcrossing	تهجين خلطي
Outstretched ovary	مبيض مستقيم (غير منعكس)
Oval	بيضي الشكل
Ovary	مبيض
Ovejector, Ovijector	طارد البيض (جهاز عضلي في المهبل)
Overall application	معاملة كلية (في المكافحة)
Overseasoning	تموسم (تمضية فترة الموسم)
Oversummering	تصييف (بيات صيفي)
Overwintering	تشتية (بيات شتوي)
Oviduct	قناة المبيض
Oviparous	يفقس بيضها خارج الجسم
Ovoviviparous	يفقس بيضها داخل الرحم
Ovum (pl. Ova)	بيضة (الجمع بيض، بيوض)

P

Panicle leaf	ورقة العلم (في النباتات النجيلية)
Papilla (pl. Papillae)	حلمة (الجمع حلمات)
Parasite	طفيل
Parasitism genes	جينات التطفل
Paratype	عينة بديلة (بدلاً من الأصلية لنفس الباحث)
Parenchyma	برانشيمة (أنسجة نباتية)
Parthenogenetic	يتكاثر بكرياً
Partial resistance	مقاومة جزئية
Patches	بقع متناثرة
Pathogen	كائن ممرض
Pathogenesis	أحداث وتطورات المرض (عملية الإمراض)
Pathogenic	ممرض (قادر على إحداث المرض)
Pathogenicity	قدرة إمراضية

opeikandl.com

Pathology	علم الأمراض
Pathotype	طراز إمراضي
Peloderan	تجنحات ذيلية (تتقابل بعد نهاية الذيل)
Penetration	اختراق
Perennial	نبات معمر ينتج بذوراً كل عام
Perforate	يثقب
Pericycle	نسيج الدائرة المحيطية (البريسيكل)
Periderm	بشرة محيطية
Perineal pattern	نمط عجاني
Perineum	عجان / شرج
Persistent transmission	نقل مستمر
Pest	آفة
Pharynx	مريء (بلعوم)
Phasmid	فازميد (عضو حسي يقع عادة في الجزء الخلفي للنيماتودا)
Phenotype	شكل / نمط ظاهري
Phylloplane	سطح ورقة النبات، والكائنات الموجودة عليها
Physiological race	سلالة فسيولوجية
Phytonematodes	نيماتودا النبات
Phytopathogenic	ممرض للنبات
Phytopathology, Plant Pathology	علم أمراض النبات
Phytophagous	نباتي التغذية
Phytosanitation	تخلص من أجزاء النبات المصاب
Phytotoxic	سام للنبات
Plant disease	مرض نباتي
Plant introductions	مدخلات نباتية

obeikandl.com

Plant nematology	علم النيماتودا النباتية
Plantibodies	أجسام نباتية مضادة
Plasmodesmata	خيوط (روابط سيتوبلازمية)
Plectoid	بلكتويدي (ميزات الجنس *Plectus*)
Pleomorphic, Polymorphic	متعدد الأشكال
Ploidy	تعدد المجموعة الكروموسومية
Plot	قطعة تجريبية
Polyacrylamide gel electropheresis	تفريد كهربي باستخدام جل البولي أكريلاميد
Polydelphic	متعددة المبايض (ثلاثة أو أكثر)
Polyembrionic	متعدد الأجنة
Polygenic	صفة محكومة وراثياً بعدد كبير من الجينات
Polyhedral	متعدد السطوح أو الأوجه
Polymerase chain reaction (PCR)	تفاعل البلمرة المتسلسل
Polyphagous	متنوع مصادر التغذية
Polyploidy	متضاعف الأساس الكروموسومي
Poor host	عائل فقير (لا يدعم تكاثر النيماتودا)
Pore	ثقب
Postembryonic development	تطور ما بعد الجنيني
Posteriad	متجه للخلف
Posterior bulb	بصلة المريء الخلفية
Postvulvar sac, Postvulvar uterine branch	كيس رحمي خلفي (يمتد خلف الفتحة التناسلية)
Pouch	كيس ، جيب
Pouches	أكياس بلاستيكية تنبت وتنمو فيها البادرات النباتية
Preadult	طور ما قبل البلوغ
Predator	مفترس
Predispose	يهيئ (للإصابة)

opeikandi.com

Preinfectional resistance	المقاومة في النبات قبل حدوث الإصابة
Prerectum	ما قبل المستقيم
Preservative	مادة قاتلة أو مثبتة للكائنات الحية
Primary root	جذر ابتدائي
Primer	بادىء جزيئي
Probolae	تراكيب رأسية
Procorpus	جسم أمامي للمريء
Prodelphic	مبيض متجه للأمام
Progeny	ذرية الكائن الحي
Protandry	خنوثة (مبيض ينتج حيوانات منوية ويختزنها ليخصب بها بويضاته)
Protodeum	مكان مغلظ بالكيوتيكل تفتح فيه غدد المستقيم
Protract	شد للأمام
Protuberant	ناتئ أو بارز
Proximal	قريب من منتصف أو مركز الجسم
Proximate	أقرب
Pseudocoel, Pseudocoelom	تجويف جسمي كاذب
Pseudocoelomic fluid	سائل التجويف الجسمي الكاذب (سائل الجسم)
Pseudocoelomocytes	خلايا في التجويف الجسمي الكاذب
Pseudogamy	إخصاب كاذب
Punctuations, Striation	تنقيط
Pure line	سلالة نقية
Puterfaction	تحطم لا هوائي
Pyriform	كمثري الشكل

Q

Qualitative resistance	مقاومة وصفية
Quantitative resistance	مقاومة كمية

obeikandl.com

Quantitative trait loci (QTL)	مواقع الصفات الكمية
Quencher dye	صبغة مطفئة
Quiescence	سكون بيولوجي

R

Rachis	محور، جسم محوري
Random amplified polymorphic DNA (RAPD)	تقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال
Recessive	متنح
Recessive v-genes	جينات شراسة إمراضية متنحية
Rectal glands	غدد المستقيم
Rectum	مستقيم
Red ring disease	مرض الحلقة الحمراء
Reflexed	منعكس
Regulatory control	مكافحة تشريعية
Relaxation	تمدد / إراحة
Renette cell	خلية الغدة الإخراجية
Reniform	كلوي الشكل
Reporter dye	صبغة تقريرية
Reporter gene	جين التبليغ
Reproduction factor (Rf)	عامل التكاثر
Reproduction index	دليل التكاثر
Reproductive system	جهاز تناسلي
Resistance	مقاومة (المرض)
Resistant	مقاوم
Restriction digestion	تقنية الهضم المقيد
Restriction fragment length polymorphism (RFLP)	تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد

obeikandl.com

Reticulate, Reticular	شبكي
Retroarcuate	منحنٍ للخلف
Retrose	بروز للخلف أو للأسفل
Retrose	للخلف أو لأسفل
R-genes	جينات المقاومة
Rhabdion	رابديون (صفيحة الكيوتيكل المغلفة لتجويف الفم)
Rhizoplane	سطح الجذر
Rhizosphere	منطقة من التربة محيطة بالجذور
Rib	رافدة — دعامة
Ribonucleic acid (RNA)	الحامض النووي RNA
Ribosomal DNA = r DNA	الحامض النووي DNA الريبوسومي
Ridges	جدر
Root devitalization	توقف استطالة الجذور
Root ectoparasite	متطفل خارجي على الجذور
Root explant culture	مزرعة القطع الجذرية
Root galls	عقد جذرية
Root proliferation	زيادة التفرع الجذري
Root rot	تعفن الجذور
Root tip	طرف الجذر = قمة الجذر
Root-cap	قلنسوة الجذر
Rooting media	بيئات التجذير
Rootstocks	أصول جذرية
Ror alleles	أليلات القدرة التكاثرية (في الكائن الممرض) على النباتات المقاومة
Ror genes	جينات القدرة التكاثرية (في الكائن الممرض) على النباتات المقاومة

opeikandl.com

Rosette	وردية الشكل
Rotation	دورة
Round worms	ديدان أسطوانية
Rudimentary	أثري (صغير جدا)
Ruga (pl. = Rugae)	طية أو انثناء
Rugose, Rugous	مجعد – خشن – شبكي الشكل

S

Sac	كيس
Saccate, Sacciform	كيسي الشكل
Saliva	لعاب
Sanitation	نظافة صحية (إزالة الأجزاء النباتية المصابة)
Saprobe, Saprogen, Saprophyte	مترمم
Saprophagous	رمي المعيشة
Saprotroph	رمي التغذية
Sclerotized	كيوتيكل متصلب
Screening	اختبار / فحص / غربلة
Scutellum	سكيوتيلّم (فازميد كبيرة في بعض أجناس النيماتودا)
Secondary roots	جذور ثانوية
Sedentary	ساكن (غير متجول)
Sedentary endoparasite	طفيل داخلي ساكن
Seed bed	مشتل (مرقد) بذور
Seed gall(s)	ثؤلول (ثآليل)، عقدة (عقد) بذرية
Seedling	بادرة
Segment(s)	حلقة (حلقات)
Seinhorst's spray method	طريقة سينهورست للاستخلاص بالرش (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Selection	انتخاب

openkandi.com

Selection pressure	ضغط انتخابي
Self fertilization	إخصاب ذاتي
Semi endoparasite	نصف داخلي التطفل
Semifenestra	نافذة (إحدى النافذتين على جانبي الفتحة التناسلية في القمع الفرجي للحوصلة)
Seminal receptacle	قابلة منوية (في الجهاز التناسلي الأنثوي)
Seminal vesicle	حوصلة منوية
Senescence	شيخوخة
Sensilla pouch	جيب حسي
Sensillum, Sensory organ	عضو حسي
Sensitivity	حساسية
Sequence characterized amplified region (SCAR)	تقنية التوصيف التتابعي لقطع الحامض النووي DNA المكبرة
Sessile	ثابت
Setose	مغطى بالأشواك
Sexual dimorphism	تباين جنسي (اختلاف الشكل بين الجنسين)
Sexual reproduction	تكاثر جنسي
Sexual reversal	تحول (إنقلاب) الجنس
Shaft	قصبة الرمح، طرف شوكة السفاد
Sheaf like organ	مهبل أثري (في القمع الفرجي للحوصلة)
Sheath	غمد أو غلاف
Sickle shaped	منجلي الشكل
Sieving	تنخيل / غربلة (طريقة المناخل لاستخلاص النيماتودا)
Simple sequence repeats (SSR)	تقنية التتابعات البسيطة المتكررة
Single nucleotide polymorphism (SNP)	تقنية تباين القواعد النيوكليوتيدية المفردة
Slime, Viscid	لزج

opeikandi.com

Slow decline of citrus	مرض التدهور البطيء في الموالح
Soil fumigation	تدخين التربة
Soil inhabiting	قاطن التربة
Soil Nematodes	نيماتودا التربة
Somatic	جسمي / جسدي
Somatic musculature	عضلات جسمية / جسدية
Sorption	امتصاص
Spatulate	ملعقي الشكل
Spear, Stylet	رمح
Species	نوع / أنواع (مرتبة تصنيفية)
Species aggregate	أنواع متشابهة جداً داخل جنس معين
Species complex	معقد نوعي
Species specific culture	مزرعة نقية متخصصة النوع
Specific gravity	جاذبية نوعية
Sperm	حيوان منوي
Spermatheca	قابلة منوية
Spermatocyte	خلية جرثومية منوية
Spermatogonium	خلية أمية للخلايا الجرثومية المنوية
Spermatozoon (pl. = Spermatozoa)	جاميط ذكري / مشيج ذكري
Spermoplane	سطح البذرة
Sphincter	عضلة دائرية عاصرة (تفتح أو تغلق فتحة أو قناة طبيعية معينة)
Spicate (Speciform)	سنبلي ، إبري
Spiculate	مذبب
Spicule	شوكة السفاد
Spikkels	انتفاخات صغيرة

openkandil.com

Spinate	شوكي
Spinneret	فتحة الغدة الذيلية
Spinulose	يحمل أشواكاً دقيقة
Spiral	حلزوني
Sporadic	متقطع
Spreading decline of citrus	مرض التدهور المنتشر في الموالح
Squamose, Squamous	حرشفي (مغطى بحراشيف)
Stimulus	منبه
Stipule	أذينة (في النبات)
Stock cultures	مزارع أصل
Stomatostyle, Stomatostylet	رمح مسماري (ينشأ من التحام جدار الفم)
Stomodeum	جزء أمامي في القناة الهضمية
Storage roots	جذور مخزنة
Stress	إجهاد
Stria (pl. Striae)	خط (الجمع خطوط)
Striations	تخطيط / خطوط الكيوتيكل
Stubby root	تقصف الجذور
Stylet shaft	قصبة الرمح أو عمود الرمح
Sub sample	تحت عينة (عينة من عينة)
Subcrystalline layer	طبقة شمعية شفافة (تغطي سطح الحوصلة في بعض أنواع الجنس *Heterodera*)
Subculture, sub culture	مزرعة بنوية / جديدة
Subcuticle, Subcuticular layer	طبقة تحت البشرة (الهيبودرمس في النيماتودا)
Subdorsal	تحت ظهري
Subglobal	شبه كروي أو شبه مستدير
Sublateral	تحت جانبي (متعامد على محور الجسم)

openkandil.com

Subperiderm	تحت البشرة المحيطية
Subspherical	شبه كروي (متطاول قليلاً)
Subventral	تحت بطني
Summer dwarf of strawberry	مرض التقزم الصيفي في الفراولة
Supernatant	رائق
Supplementary glands	غدد إضافية (في الذكور)
Survey	حصر / مسح
Survival stage	طور سكون (بقاء)
Suscept	عائل / قابل للإصابة
Susceptibility	قابلية للإصابة
Susceptible	قابل للإصابة
Suture	درز — حز
Swarm	حشد
Swelling	انتفاخ
Symbiosis	معيشة تعاونية (بين كائنين)
Symmetrical	متناظر
Symptom	عرض
Syncytium (pl. syncytia)	مدمج خلوي
Syndrome	ظاهرة / طيف مرضي (يشير إلى كامل التأثير المرضي)
Synergism	تحفيز ، تعاون
Syngonic female	خنثى
Synonym	اسم بديل / مرادف / أو ملغي
Systemic	جهازي

T

Tail	ذيل
Taxonomy	علم التصنيف
Telamon	نتوء مرشد شوكتي السفاد (يقع على الجدار البطني للمجمع)

obeikandl.com

تيلوستوم (صمام يربط بين تجويف الفم ومقدمة المريء)	Telostom
نهاية الذيل	Terminus
أرضي	Terrestrial
فسيفسائي (مقسم الى مربعات)	Tessellate
غلاف البذرة (القصرة)	Testa
خصية	Testis
جين يتوارث رباعيا (ذو ١ - ٤ أليلات)	Tetrasomically
مزرعة أنسجة	Tissue culture
ورق نسيجي (لاستخلاص النيماتودا)	Tissue paper
تحمل الإصابة	Tolerance
حد التحمل	Tolerance limit
متحمل	Tolerant
عينة ممثلة (أخذت من المنطقة الاصلية)	Topotype
سام	Toxic
مادة سامة	Toxicant
سمية	Toxicity
سم / توكسين (إفراز سام من كائن حي)	Toxin
خلية ناقلة	Transfer cell
نبات مهندس وراثيا (محور جينياً)	Transgenic plant
شفاف إلى حد ما	Translucent
خطوط عرضية	Transverse striae
محصول صائد (للنيماتودا)	Trap crop
ثلاثي الشعب	Trifurcate
ثلاثي الفصوص	Trilobed
ثلاثي الأجزاء	Tripartite

openkandl.com

Triploblastic	ذو ثلاث طبقات جنينية
Triradiate	تناظر شعاعي ثلاثي
Triturate	يسحق أو يطحن
Truncate	ذو نهاية مستوية (مقطوع)
Tubercle	نتوء كيوتيكلي ، درنة
Tulip root	مرض الشوفان المتسبب عن النيماتودا *Ditylenchus dipsaci*
Tylench, Tylenchid	يتبع نيماتودا مجموعة تيلينكيدا
Tylenchoid	تيلينكويد (شكل المريء)
Type species	نوع ممثل لجنس معين
Type specimen	عينة ممثلة

U

Ufra disease	مرض "أوفرا" الذي تسببه نيماتودا *Ditylenchus angustus* في الأرز
Underbridge	تحت القنطرة (تركيب في القمع الفرجي للحوصلة)
Undulate	متموج
Undulatory propulsion	حركة الدفع التموجية (الحركة الثعبانية)
Unilateral	على أو في جانب واحد فقط
Uninucleate	وحيدة النواة (خلية)
Uterine	رحمي (له علاقة بالرحم)
Uterus	رحم

V

Vagina	مهبل
Vaginal remnants	بقايا / آثار المهبل (في القمع الفرجي للحوصلات)
Vaginal sheath	غلاف مهبلي
Valve	صمام
Variability	اختلاف (مثل قدرة الكائن على تغيير صفاته)

opeikandi.com

Vas deferens	وعاء ناقل (بين الحوصلة المنوية و المستقيم)
Vas efferens	وعاء ناقل (بين منطقة النمو و الحوصلة المنوية للذكر)
Vector	ناقل المرض
Velum	غشاء (على شوكتي السفاد)
Ventral supplements	ملحقات بطنية
Ventriculus	جزء غدي (يحتوي الغدد) من المريء
Ventrolateral	بطن جانبي
Vermiform	مغزلي الشكل (يستدق عند الطرفين)
Vertical resistance	مقاومة رأسية
Vestibule	فستيبيول (الجزء الأمامي الضيق من تجويف الفم)
Vetrinary nematodes	نيماتودا متطفلة على الحيوانات البيطرية
Virulence	شراسة إمراضية
Virulent	مسبب مرضي شرس
Virulent nematode	نيماتودا شرسة
Viruliferous	حامل للفيروس
Vitelline membrane	غشاء محي
Viviparous	ولود (إناث تلد أو تحمل صغارها)
Vulva	فتحة تناسلية أنثوية
Vulva slit	شق الفتحة التناسلية الأنثوية
Vulval (vulvar) bridge	قنطرة الفتحة التناسلية (في القمع الفرجي لحوصلة الجنس *Heterodera*)
Vulval (vulvar) cone	قمع (مخروط) فرجي (في حوصلة الجنس *Heterodera*)
Vulval fenestra	نافذة محيطة بالفتحة التناسلية (في القمع الفرجي للحوصلة)

W

Waiting period	فترة انتظار
Wart (s)	نتوء كيوتكلي (ثؤلول) (الجمع نتوءات ، ثآليل)

opeikandi.com

White tip disease of rice	مرض القمة البيضاء في الأرز
Whitehead tray	طبق وايتهيد (طريقة لاستخلاص النيماتودا)
Wound parasite	طفيل جرحي (يدخل من خلال الجروح فقط)
Wrinkle	تجعد
Xenic culture	مزرعة تحتوي الكائن الحي تحت الدراسة مع كائنات غير معروفة

opeikandl.com

obeikandl.com

كشاف الموضوعات

أ

أجسام نباتية مضادة (Plantibodies) ٧٤

اختبار العوائل المفرقة (Host differential test) ٥٢، ٨٤، ١٠٠

اختبارات تقييم حقلية (Field screening)

نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* ٦٥

النيماتودا الحلزونية *Scutellonema* ٢٦١

نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci* ١٤٤

نيماتودا حوصلات الحبوب *Heterodera avenae* ٩٣

نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines* ٩١

نيماتودا سيقان الأرز *Ditylenchus angustus* ١٣٧

أرز (Rice) *Oryza sativa* ١٧، ٩٩، ١٢٢، ١٤٨، ١٥٦، ٢١٢

مرض ابيضاض القمة في الأرز ١٦١

أرز بري *Oryza glaberrima* ١٧

استجابة الجرعة الأليلية (Allelic dose respons) ٣٨

استخلاص الحامض النووي DNA (DNA extraction) ٢٨٨

إستراتيجيات التربية (Breeding strategies) ٢٨٣

أفقي (Horizontal) ٣٠

انتخاب مبني على الدلائل الجزيئية (Marker assisted selection [MAS]) ٣٥، ٦٦، ٩٠، ٩٢، ٢٧٩

أنتوريوم (نبات) *Anthurium* ٢١٨

إيجيلوبس (نبات) *Aegilops tauschii* ٢١٠، ٢١١

ب

باباي (باباظ) *Carica papaya* ١٧٥

باذنجان (Eggplant = Aubergine) انظر *Solanum melongena* تحت التبويب سولانم (نبات)

بازلاء (Pea) ١٢١

بازلاء الحمام (Pigeonpea) *Cajanus cajan* ١٧٥

برتقال ثلاثي الأوراق *Poncirus trifoliata* ٢١٧، ٢٤٣-٢٤٥

برسيم (Clover) ٩٩، ١٢٤، ١٤٢، ١٥٤

برسيم أبيض (White clover) *Trifolium repens* ١٥٥

برسيم أحمر (Red clover) *Trifolium pratense* ١٥٤، ١٥٥

برسيم حجازي (Lucerne = Alflafa) *Medicago sativa* ٤١، ١٥٤، ١٥٥، ٢١٥

برسيمون (نبات) (Persimon) ٢٤٣

بصل (Onion) ١٢١

بطاطا حلوة (Sweet potato) *Ipomea batatas* ١٣، ١٦، ١٢١، ١٧٥

بطاطس (Potato) انظر *Solanum teberosum* تحت التبويب سولانم (نبات)

بن (Coffee) ٢١٨

ت

تأثيرات حرارية (Temperature effects) ٣٨

تاريخ (History) ٨

تبغ (Tobacco) ٥، ٩، ١٤، ١٧٥

تحمل الإصابة (Tolerance) ١، ١٥، ١٩، ٢٩، ٣٥، ٢١٨، ٢٧٣

obeikandi.com

نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* ١٦٩
نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ٢٠٧
النيماتودا الحفارة *Radopholus* ٢٠٧
نيماتودا الحوصلات *Globodera* ٩٠
نيماتودا الحوصلات *Heterodera* ٩٠
النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* ١٩٦
نيماتودا الموالح *Tylenchulus semipenetrans* ٢٥٢

تعريف النيماتودا (Nematode identification)
نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* ١٦٤
نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* ٥١
نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ٢١٩
النيماتودا الحفارة *Radopholus* ٢١٩
النيماتودا الحلزونية *Scutellonema* ٢٥٧، ٢٥٨
نيماتودا الحوصلات *Globodera* ٨٢
نيماتودا الحوصلات *Heterodera* ٨٢
نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* ١٢٢
النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* ١٧٣
نيماتودا الموالح *Tylenchulus* ٢٤٣

تعقيم سطحي (Surface sterilization) ٢٢٧

تفاعل البلمرة المتسلسل (Polymerase chain reaction [PCR]) ٢٨٠

تقنية التتابعات البسيطة المتكررة (Simple sequence repeats [SSR]) ٦٦، ٢٨١

تقنية التضاعف العشوائي لقطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (Random amplified polymorphic DNA [RAPD]) ٦٦، ٩٢، ١٢٣، ٢٢١، ٢٨٠

تقنية التوصيف التتابعي لقطع الحامض النووي DNA المكبرة (Sequence characterized amplified region [SCAR]) ٦٦، ٢٨٠

تقنية تباين القواعد النيوكليوتيدية المفردة (Single nucleotide polymorphism [SNP]) ٢٨١

تقنية تضاعف قطع الحامض النووي DNA متباينة الأطوال (Amplified fragment length polymorphism [AFLP]) ٢٨١

تقنية تقطيع الحامض النووي DNA باستخدام إنزيمات القطع المقيد (Restriction fragment length polymorphism [RFLP]) ٦٦، ٩٢، ٩٨، ٢٨٠

تلقيح النباتات (Inoculating plants)
نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* ١٦٨
نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* ٥٥
نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ٢٢٩
النيماتودا الحفارة *Radopholus* ٢٢٩
النيماتودا الحلزونية *Scutellonema* ٢٦٢
نيماتودا الحوصلات *Globodera* ٨٧
نيماتودا الحوصلات *Heterodera* ٨٧
نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* ١٢٦
النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* ١٩٧
نيماتودا الموالح *Tylenchulus* ٢٤٧

توت العليق (Raspberry) *Rubus* ٢١٧

تيوليب (أبصال زينة) (Tulip) ١٢١

ث

ثوم (Garlic) ١٢١

ج

جزر (Carrot) ٣٨

جوز أريكا (Arecanut) ٢١٨

جوز الهند (Coconut) ٢١٨

جين المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور من النوع *M. incognita* (*Rmi1* gene) ٦٨

جين المقاومة تجاه نيماتودا تعقد الجذور من النوعين؛ *M. chitwoodi*، و*M. fallax* (*Rmc* gene) ٦٩، ٧٢

جين المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera pallida* (*Pa* gene) ١١، ٩٧، ١٠٥، ١١٤

جين المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis* (*H1* gene) ٤٢، ١٠٤، ١٠٩، ١١٠

obeikandl.com

جين المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات الحبوب (*Ccn* gene) ١٠٨
جين المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات الحبوب (*Cre* gene) ١٠٨، ٢١١
جين المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات الحبوب (*Rha2* gene) ١٠٢، ١٠٣
جين المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات بنجر السكر ($Hs1^{Pro-1}$ gene) ٩، ٧٣
جين المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات فول الصويا (*Rhg* gene) ٢٨٤- ٢٨٨
جين المقاومة في الطماطم تجاه نيماتودا تعقد الجذور (*Mi* gene) ٩، ١٠، ٦٨
جين المقاومة في الفاصوليا العادية تجاه نيماتودا تعقد الجذور (*Me2* gene) ٣٨
جينات التطفل (Parasitism genes) ٣١
جينات المقاومة (R-genes) ٨٥
جينات المقاومة تجاه نيماتودا حوصلات البطاطس *Globodera rostochiensis*، و*G. pallida* (*Ro* genes) ٩٧، ١٠٥، ١١٤

ح

حفظ (Preservation) ٢٢٠
حمص (Chickpea) ١٧٥
حمص *Cicer arietinum* ١٧٥، ٢١٩
حمص *Cicer bijugum* ٢١٩
حمص *Cicer cuneatum* ٢١٩
حمص *Cicer judaicum* ٢١٩
حمص *Cicer yamashitae* ٢١٩

خ

خرائط وراثية (جينية) (Genetic maps) ٢٨٠
خلايا عملاقة (Giant cells) ٥٠

د

دالة الضرر (Damage function) ٣٥
دلائل الحامض النووي DNA (DNA markers) ٢٧٩
دليل التكاثر (Reproduction index) ٨٩
دليل العقد (التعقد) (Gall index) ٥٩
دليل شدة التقرح (Lesion severity index) ٢٧٢
دوار الشمس (Sunflower) *Helianthus annuus* ٢١٩
دورة زراعية (Crop rotation) ٤
ديناميكية (تحرك) العشائر (Population dynamics) ٤، ٣٨

ذ

ذرة (Maize) ٢٠٩
الذرة *Zea diploperennis* ٢٠٩
الذرة *Zea perennis* ٢٠٩
الذرة الشامية *Zea mays* ٢٠٩

ر

رأسي (Vertical) ٣٠

ز

زراعة مدارية (Tropical agriculture) ١٢
زيتون (Olive) ٢٤٣

س

سلالة (Race) ٣١، ٤٢، ١٠٠
نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* ١٦٦
نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ٢٢٣
النيماتودا الحفارة *Radopholus* ٢٢٢
نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines* ٩١، ١٠٠، ٢٨٥

نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus dipsaci* ١٥٢
نيماتودا الموالح *Tylenchulus* ٢٤٤
السلالة ب (B race) ٧١
سلالة متخصصة عوائليا (Host race) ٣١
سمسم (Sesame = Beniseed) *Sesamum indicum* ٢٥٨
سنتيمورجان (centimorgan = CM) ٢٨٠
سولانم (نبات) *Solanum*
نبات *S. bulbocastanum* ٦٩
نبات *S. chacoense* ٦٩
نبات *S. fendleri* ٦٩
نبات *S. hougasii* ٦٩
نبات *S. kurtzianum* ١٠٥
نبات *S. multidissectum* ١٠٥
نبات *S. sparsipilum* ٦٩
نبات *S. spegazzinii* ١٠٥
نبات *S. stoloniferum* ٦٩
نبات *S. tuberosum* ssp. *andigena* ٣٤، ١٠٥، ٢١٢
نبات *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* ١٠٥
نبات *S. vernei* ١١، ٣٤، ١٠٥
نبات الباذنجان *S. melongena* ١٣، ١٦
نبات البطاطس *S. tuberosum* ١١، ٥٦، ٩٥، ١٧٥، ٢١٢
سوينجل ستروميلو (هجين نباتي) (Swingle citrumelo) ٢٤٦

ش

شراسة إمراضية (Virulence) ٣٠، ٧٠، ٧١، ١٥١، ١٥٣
شعير (Barley) ٨، ٩٣، ١٠١، ١٠٣
شوفان (Oat) *Avena sativa* ١٠٢، ١٠٧، ١٤٦، ١٥٣
شيلم (Rye) *Secale cereale* ١٢١، ١٥٥

ط

طراز أحيائي (Biotype) ٣٠، ٣١
طراز الإستريز (Estrase phenotype) ٥١، ٥٣
طراز إمراضي (Pathotype) ٣٠، ٣١، ٤٢، ١٠٠
نيماتودا حوصلات البطاطس *G. pallida* ١٠٣
نيماتودا حوصلات البطاطس *G. rostochiensis* ١٠٣
نيماتودا حوصلات الحبوب *H. avenae* ١٠١
نيماتودا حوصلات بنجر السكر *H. schachtii* ١٠٦
نيماتودا حوصلات قصب السكر *H. sacchari* ١٠٦
طفيليات خارجية (Ectoparasites) ٢٦٧
طفيليات داخلية متجولة (Migratory endoparasites) ٢٠٧
طماطم (Tomato) ٩، ١٠، ٣٧، ١٧٥، ١٩٤
طماطم *Lycopersicon esculentum* ٩، ١٣
طماطم برية *Lycopersicon peruvianum* ٩، ٣٤، ٣٨
طور سكون جاف (Anhydrobiotic) ١٢٥

ظ

ظاهرة قصر العمر في أشجار الخوخ (Peach tree short life syndrom) ٢٧٠

ع

عائل (Host) ٢٩
عدم تحمل (Intolerance) ١، ٢٩
عدم شراسة إمراضية (Avirulence) ٣٠- ٣٢
عشبة (حشيشة) القصبة *Panicum maximum* ٢١٢
عنب (Grape = vine) *Vitis* spp. ١٦، ٢١٩، ٢٤٤، ٢٧١، ٢٧٢
العنب العادي *Vitis vinifera* ٢٤٣، ٢٧٢

ف

فاصوليا (Bean) ١٦، ٣٨
فاصوليا عادية (Common bean) *Phaseolus vulgaris* ١٦
فاصوليا الليما (Lima bean) *Phaseolus lunatus* ٤٠، ٢١٩

فاصوليا الحصان (Horsegram) ١٧٥
فاصوليا خضراء (Green gram) *Phaseolus aureus* ١٧٥
فاصوليا سوداء (Black gram) *Vigna mungo* ١٧٥
فراولة (Strawberry) *Fragaria* ١٢١، ١٦٢، ١٨٣
فلفل (Peper) *Capsicum* spp. ١٧٥
الفواكه ذات النواة الحجرية *Prunus* spp. ٢١٦، ٢٧٢
فول (Faba bean) *Vicia faba* ١٢١، ١٤٤، ١٥٥، ١٥٦
فول سوداني (Peanut = Groundnut) ٥، ١٢، ٦٧، ١٢٢، ٢١٨، ٢٧١
فول صويا (Soybean) ٥، ١١، ١٦، ٢١، ٣١، ٦٣، ٩١، ١٧٥، ٢٧٩

ق

قابلية للإصابة (Susceptibility) ١، ٢٩، ٢٠٩
قدرة الحمل (Carrying capacity) ٢٧٢
قدرة إمراضية (Pathogenicity) ٢٢١
قدرة على الاختراق (Infectivity) ١٢٥
قصب السكر (Sugarcane) *Saccharum officinarum* ١٦، ٢١٨
قطع الحامض النووي DNA (DNA chips) ٢٨٨، ٢٩٠
قطن (Cotton)
قطن أمريكي *Gossypium barbadense* ٥، ٦، ٨، ١٢، ١٦، ٢١، ٣٧، ٤٠، ١٧٥
قطن مصري *Gossypium hirsutum* ٩٣، ١٠٢، ٢١٠
قمح (Wheat) *Triticum aestivum* ٩٣، ١٠٢، ٢١٠
القنب (نبات) *Crotalaria* ٢١٨

ك

كالس (Callus) ١٢٩
كرنب = ملفوف (Cabbage) ٩٩
كريز باربادوسي (Barbados cherry) ٢١٨
كريزانثمم (Chrysanthemum) ١٦٢
كسر المقاومة (Resistance breaking) ٤٢
كفاءة تكاثرية (Reproductive fitness) ٢٢١
كمي (Quantitative) ٣٠
كيوي (فاكهة) *Actinidia chinensis* ٢١٩

ل

لفت (Rapeseed) *Brassica napus* ٢١٩
لقاح (Inoculum)
نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* ١٦٧
نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* ٥٣
نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ١٩٠
النيماتودا الحفارة *Radopholus* ١٩٠
النيماتودا الحلزونية *Scutellonema* ٢٦١
نيماتودا الحوصلات *Globodera* ٨٦
نيماتودا الحوصلات *Heterodera* ٨٦
نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* ١٢٤
النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* ١٩٦
نيماتودا الموالح *Tylenchulus* ٢٤٧
لوبيا (Cowpea) ١٣، ١٧٥، ٢١٩، ٢٥٨

م

مبيدات نيماتودية (Nematicides) ٣
محاصيل الحبوب (Cereals) ١٤٦
محصول (Yield) ٥، ٦، ٢١، ٣٥، ١٧٥
محصول صائد (Trap crop) ٤١
مرض "أوفرا" (Ufra disease) ١٧، ١٤٢
مرض العفن الجاف (Dry rot disease) ٢٥٧
مرض القمة البيضاء في الأرز (White tip disease) ١٦١
مركز تجميع الأصول (التراكيب) الوراثية (Germplasm collection) ٩٧، ٩٨، ١٣٣
مزارع أقراص الجزر (Carrot discs cultures) ٢٢٥
مزرعة أحادية (وحيدة نوع النيماتودا) (Monoxenic culture) ١٦٧
نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* ١٦٧

obeikandl.com

نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ٢٢٥
النيماتودا الحفارة *Radopholus* ٢٢٩
نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* ١٢٦ ، ١٣٠-١٣٣
مزرعة أنسجة (Tissue culture) ١٢٦ ، ١٦٧
مصادر (Sources) ٣٠ ، ٣١ ، ٥٠ ، ٨٥
نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* ١٦٣
نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ٢٠٩
النيماتودا الحفارة *Radopholus* ٢١٣
النيماتودا الحلزونية *Scutellonema* ٢٥٩
نيماتودا الحوصلات *Globodera* ١٠٧
نيماتودا الحوصلات *Heterodera* ١٠٦
نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* ١٥٣
النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* ١٧٩
نيماتودا الموالح *Tylenchulus* ٢٤٦
معدل التضاعف = معدل التكاثر (Multplication rate) ٩٧
مقاومة (Resistance)
تعريف (Definition) ١ ، ٢٨ ، ٢٠٩
تقييم (Evaluation)
نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* ١٦٩
نيماتودا تعقد الجذور ٥٨
نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ٢٢٩
النيماتودا الحفارة *Radopholus* ٢٢٩
النيماتودا الحلزونية *Scutellonema* ٢٦٣
نيماتودا الحوصلات *Globodera* ٨٨
نيماتودا الحوصلات *Heterodera* ٨٨
نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* ١٤٠
النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* ١٧٩ ، ١٨٠ ، ١٩٥ ، ٢٠٠
نيماتودا الموالح *Tylenchulus* ٢٤٩
مقبولية (Acceptability) ١٥
منفعة اقتصادية (Economic benifit) ٢١ ، ٣٢
مُهندَسة وراثياً (Engineered) ٢٠ ، ٧٣
مقاومة ثابتة (Durable resistance) ٧ ، ٢٠ ، ٤٢
مكافحة أحيائية (حيوية) (Biological control) ٤
مناعة (Immunity) ١٩٥
مواقع الصفات الكمية (Quantitative trait loci) ٣٥ ، ٦٧ ، ٩٨
موالح (Citrus) ١٧ ، ٢١٦ ، ٢٤٣
موز (Banana) ١٨ ، ٢١٣
موز *Eumusa* spp. ٢١٥
موز *Musa* spp. ١٧ ، ١٨ ، ٢١٣- ٢١٥
النوع *M. balbisiana* ٢١٥
موز الطعام (Plantain) ٢١٣
الموقع I (I locus) ٢٨٥

ن

نرجس (أبصال زينة) (Narcissus) ١٢١
نيماتودا *Tylenchulus furcus* ٢٤٤
نيماتودا *Tylenchulus graminis* ٢٤٤
نيماتودا *Tylenchulus palustris* ٢٤٤
النيماتودا الإبرية *Longidorus* ٢٦٧
نيماتودا الأوراق (Foliar nematodes) ١٦٢
نيماتودا البراعم والأوراق *Aphelenchoides* ١٦٢
النوع *A. arachidis* ١٦٢- ١٦٥
النوع *A. besseyi* ١٦٣- ١٦٥
النوع *A. fragariae* ١٦٢ ، ١٦٤ ، ١٦٥
النوع *A. ritzemabosi* ١٦٢ ، ١٦٤- ١٦٦
النيماتودا التاجية *Hoplolaimus* ٧
النوع *H. columbus* ٢٧٣
نيماتودا التدهور المنتشر في الموالح *Radopholus citrophilus* ٢٢٢
نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ٢٠٧
النوع *P. brachyurus* ٢٠٧ ، ٢٠٨ ، ٢١٠ ، ٢١٨ ، ٢٢٠
النوع *P. coffeae* ١٨ ، ٢٠٧ ، ٢٠٨ ، ٢١٣ ، ٢١٨ ، ٢٢٠ ، ٢٢٣ ، ٢٢٥
النوع *P. crenatus* ٢٠٧ ، ٢١٢ ، ٢١٩

النوع *P. fallax* ٢١٩
النوع *P. goodeyi* ٢٠٧، ٢٠٨، ٢١٥، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢٣
النوع *P. loosi* ٢٢٣
النوع *P. neglectus* ٢٠٧، ٢١٠- ٢١٢، ٢١٧، ٢٢٠، ٢٢٣
النوع *P. penetrans* ٢٠٧، ٢٠٨، ٢١٠، ٢١٢، ٢١٣، ٢١٥، ٢١٦، ٢١٨، ٢٢٣
النوع *P. pinguicaudatus* ٢١٩
النوع *P. sefaensis* ٢١٩
النوع *P. scribneri* ٢٠٧، ٢١٩
النوع *P. sensillatus* ٢١٢
النوع *P. thornei* ٢٠٧، ٢١٠، ٢١١، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢٣، ٢٢٤
النوع *P. vulnus* ٢٠٧، ٢١٦، ٢١٧، ٢١٩، ٢٢٠، ٢٢٣
النوع *P. zeae* ١٧، ٢٠٧، ٢١٠، ٢١٩، ٢٢٠
نيماتودا التقزم *Tylenchprhynchus* ٢٦٧
النوع *T. brevilineatus* ٢٧٢
النوع *T. dubius* ٢٦٩
النيماتودا الحفارة *Radopholus similis* ١٨، ١٩، ٢٠٨، ٢١٣-٢١٥، ٢١٨، ٢٢٠- ٢٢٥
النيماتودا الحلزونية *Helicotylenchus* ٢٦٧
النيماتودا الحلزونية *Scutellonema*
النوع *S. brachyurus* (نيماتودا اليام) ٢٦٨
النوع *S. bradys* (نيماتودا اليام) ٢٥٧
النوع *S. siamense* ٢٦٨
النيماتودا الحلقية *Criconemella* ٢٦٨
النوع *C. xenoplax* ٢٦٧، ٢٦٩
النيماتودا الحلقية *Hemicriconemoides kanayaensis* ٢٦٨
نيماتودا الحوصلات *Globodera* ٨، ٢٠، ٨١
نيماتودا حوصلات البطاطس *G. pallida* ١٠، ١١، ٣١، ٤٢، ٩٥، ٩٨، ١٠٣، ١١٠، ١١٤
نيماتودا حوصلات البطاطس *G. rostochiensis* ١٠، ١١، ٣١، ٤٢، ٩٥، ٩٨، ١٠٣، ١١٠، ١١٤
نيماتودا حوصلات التبغ *Globodera tabacum* ٩٩، ١١٤
نيماتودا الحوصلات *Heterodera* ٨١
نيماتودا حوصلات البرسيم *H. trifolii* ٩٩، ١١٦
نيماتودا حوصلات بنجر السكر *H. schachtii* ٨، ٩، ٩٩
نيماتودا حوصلات الحبوب *H. avenae* ٩٣، ١٠١، ١٠٨
نيماتودا حوصلات الحمص *H. ciceri* ١١٥
نيماتودا حوصلات فول الصويا *H. glycines* ١٠، ١١، ٤٣، ٩١، ١٠٦، ٢٣١، ٢٧٩
نيماتودا حوصلات قصب السكر *H. sacchari* ١٧، ٩٩، ١١٥
النيماتودا الخنجرية Xiphinema ٢٦٧
النوع *X. diversicaudatum* ٢٧٠
النوع *X. index* ٢٦٩
النيماتودا الدبوسية *Paratylenchus* ٢٧٢
نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* ١٢١
النوع *D. africanus* ١٢٢، ١٣٢، ١٣٨، ١٤٢
النوع *D. angustus* ١٧، ١٢١، ١٣١، ١٣٧، ١٤١، ١٤٨
النوع *D. destructor* ١٢١، ١٣١، ١٣٨، ١٤٢
النوع *D. dipsaci* ٣١، ٤١، ١٢١، ١٢٦، ١٤١، ١٤٢، ١٤٤، ١٤٦، ١٥١
النيماتودا الغمدية *Hemicycliophora arenaria* ٢٦٨
النيماتودا الغمدية *Hemicycliophora nudata* ٢٦٨
النيماتودا الغمدية *Hemicycliophora typica* ٢٦٩
النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* ١٧٣
النوع *R. borealis* ١٧٨
النوع *R. macrodoratus* ١٧٨
النوع *R. reniformis* ١٧٨
النيماتودا اللاسعة *Belonolaimus* ٧
النوع *B. longicaudatus* ٢٦٧

النيماتودا المخرازية *Dolichodorus* ٢٦٨
النيماتودا المقعدة *Cacopaurus* ٢٦٨
نيماتودا الموالح *Tylenchulus semipenetrans* ١٧ ، ٢٤٣
نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* ١٣ ، ١٦ ، ٤٩
النوع *M. arenaria* ٥ ، ٩ ، ١٠ ، ١٢ ، ١٦ ، ٥٢ ، ٦٦ ، ٦٧
النوع *M. chitwoodi* ٦٤ ، ٦٩
النوع *M. fallax* ٦٤ ، ٦٩
النوع *M. graminicola* ١٧
النوع *M. hapla* ٤١ ، ٥٢ ، ٦٤ ، ٦٩- ٧١
النوع *M. incognita* ٥ ، ٩ ، ١٠ ، ١٦ ، ١٩ ، ٣٧ ، ٤١ ، ٥٢ ، ٦٧- ٦٩
النوع *M. javanica* ٩ ، ١٠ ، ١٦ ، ٥٢ ، ٦٧ ، ٦٩
نيماتودا تقصف الجذور *Paratrichodorus* ٢٦٨
نيماتودا تقصف الجذور *Trichodorus* ٢٦٨

و

وراثة (Genetics)
نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* ٦٧
نيماتودا التقرح *Pratylenchus* ٢٠٩
النيماتودا الحفارة *Radopholus* ٢٠٨
نيماتودا الحوصلات *Globodera* ١١٠
نيماتودا حوصلات الحبوب *Heterodera avenae* ١٠٨
نيماتودا حوصلات فول الصويا *Heterodera glycines* ١٠٦
نيماتودا السيقان والأبصال *Ditylenchus* ١٥٢
النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus* ١٧٩
نيماتودا الموالح *Tylenchulus* ٢٤٣
ورد *Rosa* spp. ٢١٧
وصفي (Qualitative) ٣٠

ي

اليام (نبات) (Yam) *Dioscorea* spp. ٢٥٧

obeikandl.com

نبذة عن المترجم

- ولد في مدينة دير مواس بمحافظة المنيا في صعيد مصر في عام ١٩٥٦م، لأم من نفس المدينة وأب دقهلاوي الأصل من مدينة نبروه بمحافظة الدقهلية، ثم انتقل مع أسرته وهو في الرابعة من عمره إلى مدينة رشيد بمحافظة البحيرة، وفيها تلقى تعليمه الابتدائي والإعدادي والثانوي. وفي عام ١٩٧٤م، انتقل إلى مدينة الإسكندرية للدراسة بجامعتها، ثم تخرج وعمل واستقر بها.
- حصل على درجة البكالوريوس في أمراض النبات من كلية الزراعة– جامعة الإسكندرية عام ١٩٧٨م بتقدير عام جيد جداً، ثم حصل على درجتي الماجستير والدكتوراه في أمراض النبات النيماتودية من نفس الكلية عامي ١٩٨٣م، و١٩٨٩م، على الترتيب.
- عين أخصائي أمراض نبات بمديرية الزراعة بالبحيرة في عام ١٩٨١م، ثم انتقل إلى معهد بحوث أمراض النباتات – مركز البحوث الزراعية – مصر في عام ١٩٨٤م ، حيث تدرج بعد ذلك في الدرجات الوظيفية بالمعهد ليشغل وظيفة باحث مساعد (محاضر) في عام ١٩٨٦م، فباحث (أستاذ مساعد) في عام ١٩٩٠م، فباحث أول (أستاذ مشارك) في عام ١٩٩٦م، فرئيس بحوث (أستاذ) في عام ٢٠٠٢م.
- تم انتدابه للتدريس بقسم أمراض النبات بكلية الزراعة – جامعة الإسكندرية في الفترة من ١٩٨٨م إلى ١٩٩٠م.
- تعاقد للعمل بالتدريس في قسم وقاية النبات – كلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود بالرياض في عام ١٩٩٠م، ولا زال على رأس العمل.
- عمل مستشاراً غير متفرغ للشركة الوطنية للتنمية الزراعية (نادك) في الفترة من ٢٠٠٥م إلى ٢٠٠٨م.
- له حوالي خمسين بحثاً منشوراً في دوريات علمية عربية وعالمية، وثمان نشرات إرشادية وإصدارات علمية، وعدة كتب علمية مؤلفة و مترجمة، وسبعة فصول في كتب علمية مختلفة.
- شارك بالعمل البحثي في حوالي عشرين مشروعاً بحثياً في جمهورية مصر العربية والمملكة العربية السعودية.
- شارك مع ثلاثة زملاء عرب (أردني، وسعودي، وعراقي) في تحرير كتاب موسوعي (١٢٤٢ صفحة) عن نيماتودا النبات في البلدان العربية، وذلك بمساهمة ٣٠ عالماً عربياً متخصصاً في نفس المجال، وبالإضافة إلى التحرير، شارك كمؤلف رئيس أو مشارك في تأليف ستة فصول بالكتاب.
- محرر وعضو هيئة تحرير في كل من: المجلة العربية لوقاية النبات (بيروت)، والنشرة الإخبارية لوقاية النبات في البلدان العربية والشرق الأدنى (بيروت).
- شارك في عضوية اللجان العلمية والتنظيمية لعدة مؤتمرات وندوات علمية وورش عمل في عدة بلدان عربية، كما شارك بإلقاء البحوث، والحضور في حوالي خمسين مؤتمراً وندوة علمية وورشة عمل في بلدان عربية وأوروبية.
- عضو بالجمعيات الأمريكية والباكستانية والمصرية لعلماء النيماتولوجي، والجمعية العربية لوقاية النبات (بيروت)، والجمعية السعودية لعلوم الحياة، والجمعية السعودية للعلوم الزراعية.
- حصل على العديد من الجوائز وخطابات وشهادات الشكر والتقدير من جهات علمية مختلفة خلال مسيرته العلمية.

obeikandi.com

obeikandl.com

ملاحظات

obeikandi.com

ملاحظات

obeikandl.com

ملاحظات

obeikandl.com

ملاحظات

obeikandl.com