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 الممرضة 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 (Cook and Evans, 1987؛ Trudgill, 1991)، وكذلك الأسس الوراثية للمقاومة (Roberts *et al.*, 1998)، وميكانيكية المقاومة (Williamson and Hussey, 1996؛ Williamson, 1998)، والتربية لصفة المقاومة (Young, 1998)، والهندسة الوراثية للمقاومة (Opperman and Conkling, 1998؛ Vrain, 1999). 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

(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.

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)

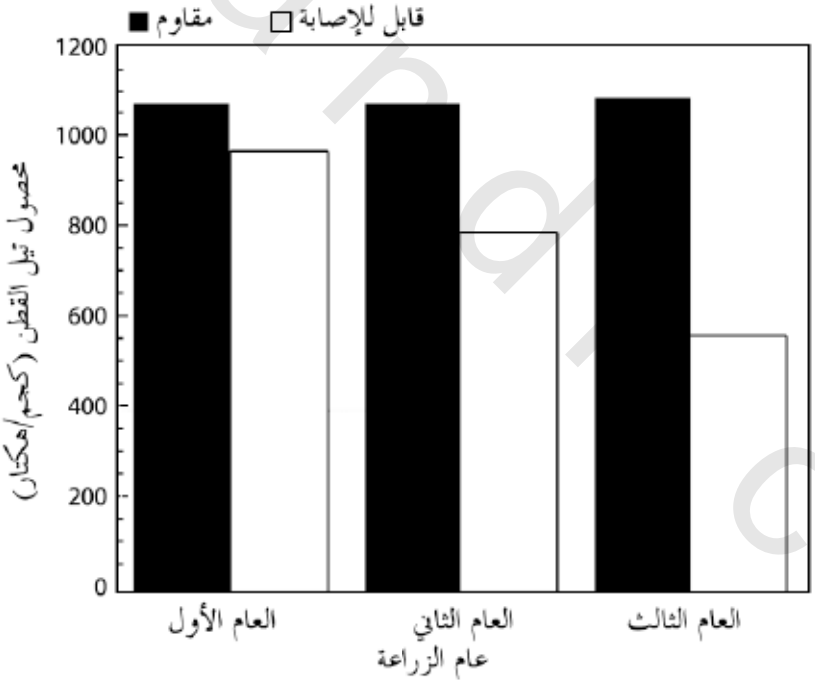
د: Ogallo *et al.*, 1999

كجم/هـ = كجم/هكتار

وقد أثبت نيبلاك وآخرون Niblack *et al.* (1986) أنه عندما تكون الكثافة الابتدائية لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* في التربة متوسطة أو مرتفعة، فإن الكثافة العددية لهذه لنيماتودا تصل إلى مستوياتها القصوى بعد حوالي ٩٠ يوماً من زراعة صنف فول صويا قابل للإصابة (ربما قد يعود ذلك إلى الضرر 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 إمراضيٍّ 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

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 $Hs1^{pro-1}$ 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؛

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 (Ogallo *et al.*, 1997 ؛ Ogallo *et al.*, 1999 ؛ Zhou, 1999) فإنها لم تشغل سوى ١٪ فقط من إجمالى 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

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 *Meloidogyne* 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 ثمَ، 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 كاراموورا وكاراموورا 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* (Pinochet and Rowe, 1978 ؛ Stoffelen *et al*., 2000). 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

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 يبقي 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 Quenehervе, 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.

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.

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.

Open Kandil.com