

Francesc Xavier Sorribas,* Cèsar Ornat* i Soledad Verdejo-Lucas**

RESUM

Des de l'any 1991, el grup de nematologia UPC-IRTA està treballant en l'epidemiologia i el control de dos dels principals nematodes limitants de la producció vegetal: *Meloidogyne* en hortalisses i *Tylenchulus semipenetrans* en cítrics. Els estudis en ambdós sistemes agrícoles han estat dissenyats per: 1) determinar la distribució i l'abundància dels nematodes, 2) determinar les espècies presents en les àrees de producció i caracteritzar la capacitat parasitària de les poblacions en hostes seleccionats, 3) determinar la fluctuació de les densitats de població en relació amb els condicionants agroecològics de les àrees de producció, 4) determinar la relació densitat de nematodes - pèrdues de producció i 5) determinar l'eficàcia de mètodes i estratègies de control. Es presenten els resultats aconseguits fins al moment en el sistema *Meloidogyne* - hortalisses i els objectius dels treballs que actualment duem a terme.

PARAULES CLAU: control integrat, *Meloidogyne*, pèrdues de producció, tomàquet.

RESUMEN

Desde el año 1991, el grupo de nematología UPC-IRTA está trabajando en la epidemiología y el control de dos de los principales nematodos limitantes de la producción vegetal: *Meloidogyne* en hortalizas y *Tylenchulus semipenetrans* en cítricos. Los estudios realizados en ambos sistemas agrícolas han sido diseñados para: 1) determinar la distribución y abundancia de los nematodos, 2) determinar las especies presentes en las áreas de producción y caracterizar la capacidad parasitaria de las poblaciones en huéspedes se-

* Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia. Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Agrícola de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya, Campus del Baix Llobregat, 08860 Castelldefels (Barcelona). A/e: francesc.xavier.sorribas@upc.edu.

** Departament de Protecció Vegetal. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, ctra. de Cabrils, s/n, 08348 Cabrils (Barcelona).

leccionados, 3) determinar la fluctuación de las densidades de población en relación con los condicionantes agroecológicos de las áreas de producción, 4) determinar la relación densidad de nematodos - pérdidas de producción y 5) determinar la eficacia de métodos y estrategias de control. Se presentan los resultados conseguidos hasta el momento en el sistema *Meloidogyne* - hortalizas y los objetivos de los trabajos que llevamos a cabo actualmente.

PALABRAS CLAVE: control integrado, *Meloidogyne*, pérdidas de producción, tomate.

ABSTRACT

In 1991 the research group on Nematology from UPC-IRTA started working on the epidemiology and control of two of the most important plant parasitic nematodes that limit plant production: *Meloidogyne* on vegetables and *Tylenchulus semipenetrans* on citrus. The studies that have been carried out on both agricultural systems were designed to determine: 1) the distribution and abundance of the nematodes, 2) the species that are present in the production area, and the parasitic capability of nematode populations in selected plant hosts, 3) fluctuation of nematode population densities related to agroecological characteristics of the production areas, 4) the relationship between nematode population densities and yield loss, and 5) efficacy of control methods and strategies to manage them. In this paper we present the main results of the research line on *Meloidogyne* - vegetables and the objectives of the experiments that we are carrying out at present.

KEY WORDS: integrated management, *Meloidogyne*, yield loss, tomato.

Els nematodes són un dels grups animals més abundants al planeta, dels quals s'han descrit més de 30.000 espècies, i s'han trobat en sistemes tant aquàtics com terrestres. La nutrició d'aquests organismes és diversa i es poden classificar en sapròfits, bacteriòfags, micòfags, depredadors, paràsits de vegetals i paràsits d'animals. Els nematodes sapròfits s'alimenten de matèria orgànica en descomposició i tenen un paper important en el cicle de la matèria, ja que ocupen el segon lloc en la xarxa tròfica, darrere els bacteris i els fongs. Els paràsits animals poden produir malalties greus com, per exemple, la triquinosi, l'elefantiasi i els paràsits intestinals, encara que d'altres, els entomopatògens, tenen efectes positius, ja que contribueixen a regular les densitats de població d'insectes plaga i són produïts i comercialitzats com a bioplaguicides. Els nematodes fitoparàsits són paràsits obligats de vegetals. Les pèrdues de producció mitjana que ocasionen s'estimen al voltant del 12 %. Aquestes pèrdues són majors quan hi intervenen complexos parasitaris juntament amb fongs, bacteris i virus. Els mecanismes d'interacció dels nemato-

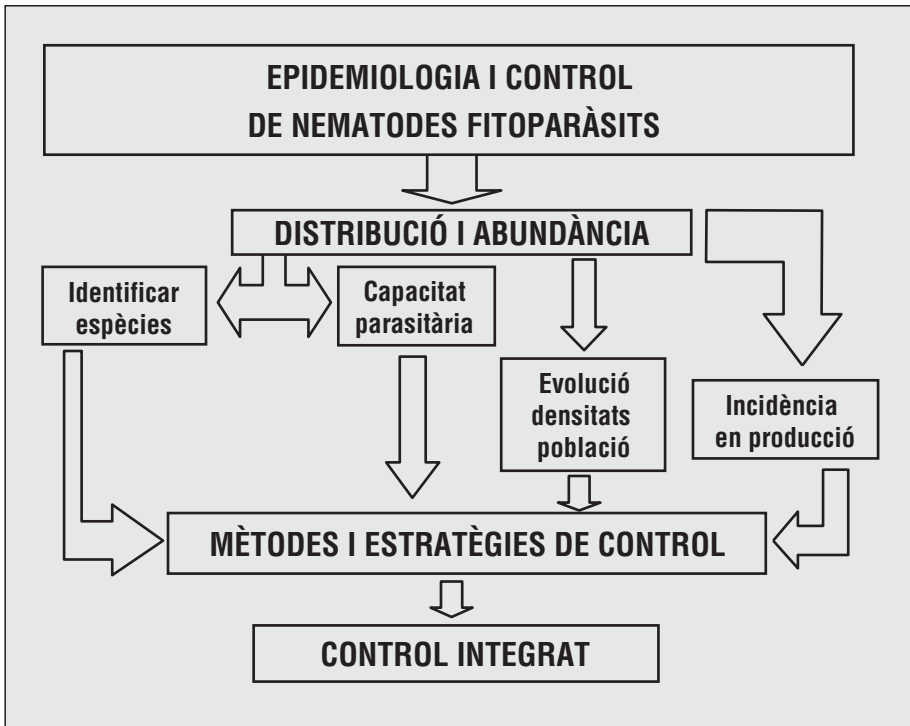
des amb altres organismes patògens són diversos, unes vegades com a vectors actius, com és el cas de virus, altres vegades predisposant la planta a l'acció de fongs i bacteris a causa de les ferides que provoquen, fet que causa l'increment de la severitat de la malaltia i les pèrdues de producció.

Els símptomes causats per nematodes es localitzen tant a la part aèria com a la part subterrània de la planta. A la part aèria, els símptomes són inespecífics i semblants als produïts per altres agents biòtics o abiòtics. Les plantes afectades estan disposades en rodals, atesa la distribució agregada dels nematodes en el sòl, i s'aprecien zones de menor creixement del cultiu, símptomes de deficiències nutricionals, fitotoxicitat, marciment excessiu amb clima càlid i sec, deformacions, gales, necrosis, podriments i mort de plàntules, la qual cosa es tradueix en una menor producció de les plantes i una baixa qualitat dels productes. Els símptomes de la part subterrània estan representats per nòduls, necrosis, proliferacions i deformacions de les puntes de les arrels.

Els principals grups de nematodes fitoparàsits a Espanya per ordre d'importància són: els nematodes dels nòduls radiculars (*Meloidogyne*), els formadors de quists (*Globodera*, *Heterodera*), el nematode dels cítrics (*Tylenchulus semipenetrans*), els transmissors de virus (principalment *Xiphinema*), els nematodes de les parts aèries (*Ditylenchus*, *Anguina* i *Aphelenchoides*) i el de les lesions (*Pratylenchus*) (Bello *et al.*, 1996).

Des de l'any 1991 fins ara, el grup de nematologia UPC-IRTA ha anat treballant sobre l'epidemiologia i el control de dos dels principals nematodes limitants de la producció vegetal: *Meloidogyne* en hortalisses i *Tylenchulus semipenetrans* en cítrics. El treball ha estat abordat sobre la base del plantejament següent (figura 1): el risc potencial que un determinat patògen pot tenir sobre la producció vegetal ha de ser avaluat, d'una banda, sobre la base de la seva distribució i abundància i la fluctuació de les densitats de població del patògen en relació amb les característiques agroecològiques i de l'altra, sobre la base de la interacció planta-patògen o la seva expressió, ja que pot variar segons les espècies o poblacions del patògen presents en l'àrea de producció. Consegüentment, el diagnòstic precís de les espècies del paràsit i la caracterització de la capacitat parasitària de les poblacions són elements indispensables per dissenyar estratègies de control eficaces en el marc del control integrat. L'aspecte final és l'avaluació de mètodes de control factibles segons la realitat socioeconòmica de l'àrea de producció i caracteritzar-ne l'eficàcia i l'impacte a curt i llarg termini per, finalment, dissenyar estratègies de control de baix impacte ambiental.

FIGURA 1. Esquema conceptual de la línia de recerca sobre epidemiologia i control de nematodes fitoparàsits



Com a exemple del treball realitzat presentem, tot seguit, els resultats més rellevants de la línia de recerca sobre epidemiologia i control de *Meloidogyne* spp. en l'àrea de producció hortícola del litoral barceloní sobre la base del plantejament abans desenvolupat.

EPIDEMIOLOGIA I CONTROL DE *MELOIDOGYNE* EN CULTIUS HORTÍCOLES

Distribució i abundància

Els nematodes del gènere *Meloidogyne* estan àmpliament distribuïts en l'àrea de producció hortícola del litoral barceloní, amb una freqüència d'infestació del 40 % (Sorribas, 1996; Ornat, 1998).

Identificació

Les poblacions de camp estan constituïdes per una sola espècie del nematode, segons les anàlisis del fenotip d'esterases realitzades a partir de femelles individuals. Les espècies de *Meloidogyne* detectades per ordre d'abundància han estat *M. javanica*, *M. incognita* i *M. arenaria* (Sorribas i Verdejo-Lucas, 1994; Ornat i Verdejo-Lucas, 1999).

Capacitat parasitària

La capacitat reproductora de les poblacions del nematode ha estat avaluada en tomàquet, perquè és una de les principals hortalisses conreades i per l'existència de cultivars comercials portadores del gen Mi de resistència a les tres espècies principals del nematode *M. incognita*, *M. javanica* i *M. arenaria*. Els resultats de l'estudi han mostrat que *M. javanica* és l'espècie més agressiva en ambdós genotips de tomàquet, però que la reproducció en les cultivars resistents és inferior a la registrada en la cultivar susceptible (Sorribas i Verdejo-Lucas, 1994; Ornat *et al.*, 2001). La reproducció moderada-alta de *M. javanica* en cultivars de tomàquet resistents ha estat esmentada per diversos autors (Roberts i Thomason, 1989; Sorribas i Verdejo-Lucas, 1994 i 1999), i s'han detectat poblacions de *M. javanica* virulentes capaces de trencar la resistència en tomàquet a Espanya (Ornat *et al.*, 2001) i en altres països com ara Grècia (Tzortzakakis i Gowen, 1996) i el Marroc (Eddaoüdi *et al.*, 1997). Així doncs, tot i que les cultivars de tomàquet resistent limiten notablement la reproducció del nematode, i seria aconsellable la seva inclusió en la seqüència de rotació, cal tenir en compte que la presència de *M. javanica* en la parcel·la podria minvar l'eficàcia d'aquesta mesura de control a llarg termini atesa la major agressivitat d'aquesta espècie. L'agressivitat diferencial de *M. javanica* respecte de les altres dues espècies podria ser deguda a una millor adaptació tèrmica, a un temps de generació més curt o bé a la interacció d'ambdós factors.

Evolució de les densitats de població

Els treballs han estat duts terme en parcel·les destinades a la producció comercial d'hortalisses, tant en hivernacles com a l'aire lliure. En hivernacles, el nombre d'hortalisses que componen el sistema de rotació és limitat, i les principals són el tomàquet, l'enciam i el cogombre, encara que també es cultiven la mongeta i el pèsol. La campanya de cultius s'inicia amb el tomàquet, principalment. En cas d'hivernacles en què es planten tres cultius per campanya, la seqüència principal és tomàquet-cogombre-enciam. La densitat de població del nematode, en aquest sistema de producció, s'incrementava durant el cultiu de tomàquet susceptible, arribava a assolir les mà-

ximes densitats de població durant el cultiu de cogombre i davallava durant el cultiu d'enciam fins a índexs d'infestació no detectables. En hivernacles on es planten dos cultius per campanya, la seqüència més freqüent és tomàquet-enciam, amb un període de descans entre els dos cultius. L'evolució de les densitats de població del nematode seguia un model semblant a l'anterior, les densitats de població s'incrementaven durant el cultiu de tomàquet susceptible i disminuïen durant el període de descans. Durant el cultiu primerenc de tomàquet, les temperatures del sòl dels primers mesos (febrer-abril) limiten l'activitat del nematode i faciliten el creixement de la planta sense una pressió important del paràsit. Si, a més, la cultivar de tomàquet és resistent, la capacitat d'invasió de l'arrel pel nematode és menor, i també la velocitat de desenvolupament (Melero *et al.*, 1998).

A les parcel·les a l'aire lliure, la diversitat d'hortalisses que es cultiven és major que les cultivades en hivernacle. Això fa que sigui difícil extrapolar els resultats de la fluctuació de les poblacions del nematode en aquest tipus d'explotacions. Malgrat tot, les parcel·les triades per realitzar l'estudi incloïen tomàquet en el sistema de rotació. La densitat de població del nematode s'incrementava amb el cultiu de primavera, que, a més, era el que suportava els màxims índexs d'infestació. Durant el cultiu de tardor, les densitats de població del nematode es mantenien o disminuïen, segons els casos. Els principals factors que van contribuir a regular les densitats de població en parcel·les a l'aire lliure foren l'estatus de la planta com a hoste del nematode, els períodes de descans entre cultius i l'època en què es desenvolupava el cultiu. Les plantes es poden classificar en hostes pobres o en hostes bons, segons quina sigui la capacitat del nematode per reproduir-s'hi. Així, hortalisses com ara la coliflor, l'all, la ceba i el rave es consideren hostes pobres del nematode i contribueixen a mantenir o reduir els índexs d'infestació (Netscher i Luc, 1974; Bridge, 1987; Netscher i Sikora, 1990; Bélaïr, 1992), com es va confirmar en aquest estudi. No obstant això, el cultiu d'hostes bons com ara el tomàquet i les cucurbitàcies va propiciar l'increment dels índexs d'infestació.

Els períodes de descans entre cultius provocaven una davallada dels índexs d'infestació quan es treballava el sòl de la parcel·la; però quan el sòl no es treballava, l'índex d'infestació es mantenia o s'incrementava. El treball del sòl evita el desenvolupament de males herbes que actuen com a hostes alternatius o bé com a reservori del nematode. Izquierdo *et al.* (1996) han esmentat cent quaranta-set espècies vegetals considerades com a males herbes dels cultius hortícoles a Catalunya, quaranta-set de les quals han estat esmentades com a hostes d'almenys una de les tres espècies principals de *Meloidogyne* a l'àrea de producció hortícola del litoral barceloní (Barceló *et al.*, 1997). Sis espècies vegetals es van comportar com a hostes de les tres espècies del nematode detectades a l'àrea d'estudi, d'entre les quals *Portulaca oleracea*, *Stellaria media* i *Sonchus* sp. estan entre les deu males herbes

més freqüents al llarg de l'any. Els cultius renadius també poden actuar com a hostes del nematode i contribuir a incrementar els índexs d'infestació. A més, aquestes plantes són millors hostes que les males herbes.

L'època en què es desenvolupa el cultiu també té un paper important en l'evolució dels índexs d'infestació de les parcel·les. Aquest fet es va evidenciar amb l'enciam. L'enciam és, juntament amb el tomàquet, el principal cultiu anual que es fa al litoral barceloní. El cicle de cultiu és curt i oscil·la entre cinc i tretze setmanes, segons l'època de l'any en què es planta. Les densitats de població del nematode augmentaven quan l'enciam es cultivava durant l'estiu, i decreixien quan es cultivava en el període tardor-hivern o primavera. Així doncs, el cultiu de determinades hortalisses de cicle curt, com ara l'enciam, durant el període tardor-hivern podria ser útil per regular les densitats de població del nematode, ja que pot infectar la planta, però no es reproduïx a causa de l'efecte combinat de la temperatura del sòl i el temps de permanència del cultiu al camp (Sorribas *et al.*, 1998; Ornat *et al.*, 2002).

Incidència en la producció

Les pèrdues de producció causades pel nematode en assaigs realitzats a l'estiu en hivernacles destinats a la producció comercial han estat del 36 % en enciam i del 61 % en tomàquet, en densitats de població de *M. javanica* de 4.750 juvenils/250 cm³ de sòl (Verdejo-Lucas *et al.*, 1994). En cogombre, densitats de població de 1.100 juvenils/250 cm³ de sòl van comportar una reducció de la producció del 60 % (Ornat *et al.*, 1997). Actualment, el grup de nematologia està desenvolupant un model predictiu que relaciona la densitat de població del nematode en pretrasplantament i les pèrdues de producció en tomàquet com a base per a la presa de decisions de maneig. Aquest model estima que les pèrdues màximes de producció causades per nematodes en cultiu primerenc de tomàquet en hivernacle (març-juliol) és del 36 % (Sorribas *et al.*, 2005).

Mètodes i estratègies de control

Els mètodes i les estratègies de control assajats han estat: resistència vegetal, mètodes culturals, mètodes biològics sols i combinats amb químics, i mètodes biorracionals.

Resistència vegetal

En nematologia, la resistència vegetal es defineix com l'habilitat de la planta d'inhibir el desenvolupament i la reproducció dels nematodes (Ro-

berts, 2002). El tomàquet és l'única hortalissa de la qual es disposa de cultivars comercials resistents, així com de portaempelts resistents. Els tomàquets portadors del gen Mi de resistència inhibeixen el desenvolupament i la reproducció de les tres espècies principals de *Meloidogyne*, i poden ser conreats en sòls infestats sense que hi hagi pèrdues de producció significatives (Philis i Vakis, 1977; Ornat *et al.*, 1997; Rich i Olson, 1999). No obstant això, cal considerar els factors que afecten la seva expressió. El gen no s'expressa a temperatures del sòl superiors a 28 °C (Dropkin, 1969), i la intensitat en què s'expressa depèn de si la composició al·lèlica del gen és homocigòtica o heterocigòtica (Tzortzakakis *et al.*, 1998). El conreu de cultivars resistents ha estat eficaç i econòmicament rendible. L'estudi es va dur a terme en conreu de tomàquet en hivernacle durant tres anys consecutius per determinar la possibilitat de selecció de poblacions virulentes al gen Mi. Els resultats de l'estudi van mostrar la capacitat de la planta per inhibir el creixement de la població del nematode, i la densitat al final dels tres anys va ser inferior a la població del nematode a l'inici de l'estudi, mentre que en tomàquet susceptible, la densitat de població va incrementar 21,6 vegades la població inicial. La producció del tomàquet resistent en sòl infestat va ser similar a la del tomàquet susceptible en sòl sense nematodes. El benefici econòmic de conrear tomàquet resistent respecte de tomàquet susceptible en sòls infestats va ser de 30.000 euros/ha. A més, no hi va haver selecció de poblacions virulentes en condicions de camp (Sorribas *et al.*, 2005). La introducció d'una cultivar de tomàquet resistent en la rotació de conreus habitual ha estat eficaç per al control de *Meloidogyne* en la major part de les experiències realitzades, ja que el tomàquet resistent reduïa la densitat de població per sota dels índexs de detecció. En un altre estudi, s'ha pogut apreciar que el conreu de tomàquet resistent en sòl infestat té efectes sobre la producció del conreu següent. Així, la producció de cogombre conreat després de tomàquet resistent va ser un 60 % superior a la producció després de tomàquet susceptible (Ornat *et al.*, 1997). La resistència vegetal és una eina útil quan s'utilitza de manera racional, considerant els factors que afecten la seva expressió i evitant la selecció de poblacions virulentes. Fins ara, només ha estat caracteritzada una població virulenta al gen Mi a Espanya, en una parcel·la en la qual no s'havia conreat mai tomàquet resistent (Ornat *et al.*, 2001). Així doncs, és important conèixer la capacitat reproductora de les poblacions presents en una àrea de producció per estimar l'eficàcia potencial que la resistència vegetal pot tenir.

Mètodes culturals

Períodes de descans i treball del sòl. La supervivència mitjana de *Meloidogyne* en explotacions hortícoles comercials durant els períodes de descans entre cultius és del 50 %. Per tal de verificar aquesta observació, es va dissenyar un assaig per contrastar l'efecte d'arrencar les arrels i treballar el

sòl respecte al no-laboreig. L'arrencament de les arrels després del conreu i el treball del sòl durant els períodes de descans entre cultius s'han mostrat una eina eficaç per reduir la supervivència de *Meloidogyne* i *Pratylenchus* fins a un 85 % i 91 %, respectivament. La supervivència dels nematodes estava inversament relacionada amb la durada del temps de descans després del conreu en parcel·les en les quals es va treballar el sòl (Ornat *et al.*, 1999). Estudis posteriors han demostrat que hi ha una relació inversa entre la temperatura acumulada en el sòl i la supervivència i viabilitat de l'inòcul.

Cultiu trampa. Entenem per *cultiu trampa* aquell vegetal que pot ser infectat pel nematode, però en el qual no es pot reproduir. La disponibilitat de cultius trampa de nematodes que siguin d'interès econòmic per a l'explotació és de gran interès, ja que pot actuar com a eina de control sense que suposi un cost d'intervenció. Observacions anteriors ens havien mostrat que quan l'enciam es plantava a final de tardor (novembre) no hi havia símptomes d'infecció, però sí que n'hi havia quan es plantava a l'estiu i a començaments de tardor (mitjan octubre), però segons la data de plantació el nematode no arribava a reproduir-se i no afectava la producció. Es va dissenyar un assaig per determinar l'efecte de la data de trasplantament d'enciam sobre la capacitat infectiva i reproductora del nematode. Els enciams es van trasplantar el setembre, l'octubre i el novembre. Al final del cultiu, el nematode havia estat capaç d'infectar els enciams plantats el setembre i l'octubre, encara que només es va reproduir el setembre. El novembre el nematode no va arribar a infectar la planta. Així doncs, en les nostres condicions, quan el cultiu d'enciam s'inicia a mitjan octubre pot actuar com a cultiu trampa i és una tècnica de control que permet reduir la densitat de població per al següent cultiu i, consegüentment, les pèrdues de producció que se'n poguessin derivar (Ornat *et al.*, 2002).

Mètodes biològics

Hi ha nombrosos organismes que són antagonistes, paràsits o depredadors de nematodes. Els fongs són el grup que conté el major nombre de representats paràsits de nematodes fitoparàsits, entre els quals els paràsits d'ous són uns dels més importants. El grup de nematologia ha treballat en la detecció de fongs paràsits d'ous de *Meloidogyne* a Almeria i Barcelona. Es van mostrejjar trenta-cinc hivernacles a la província d'Almeria i dotze hivernacles i deu parcel·les a l'aire lliure al litoral barceloní. Es van detectar fongs paràsits d'ous en el 37 % i el 45 % de les parcel·les d'Almeria i de Barcelona, respectivament, encara que el percentatge de parasitisme no superava el 5 %. Els fongs detectats van ser *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia*, *P. chlamydosporia* var. *catenulata*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, dos *Fusarium* spp., *Acremonium strictum*, *Gliocladium roseum*, *Cylindrocarpon* spp., *Engiodontium album*, *Dactylella oviparasitica*, i set fongs més no

identificats entre els quals hi havia dos *Mycelia sterilia* (Verdejo-Lucas *et al.*, 2002). Es va avaluar l'eficàcia de control d'un aïllat del fong paràsit facultatiu *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia*, cedit pel doctor B. R. Kerry de la col·lecció de l'IACR Rothamsted, com a alternativa de control al bromur de metil en la rotació tomàquet-enciam. El treball es va dur a terme a dos hivernacles, un al Maresme i l'altre al Baix Llobregat. Es van assajar els tractaments: fong, fong + oxamyl, un control sense tractar i un tractament amb bromur de metil com a estàndard de referència per comparar la producció dels cultius. Els resultats de l'estudi van mostrar que el fong s'aïllava d'ous del nematode fins a nou mesos després de la seva incorporació al sòl, que en un dels hivernacles era capaç de sobreviure en la rizosfera dels cultius durant tota la campanya, encara que la densitat era baixa. En tomàquet, la taxa de reproducció del nematode i l'índex de gales fou inferior en la combinació fong-oxamyl en ambdós hivernacles. No obstant això, la producció de tomàquet en aquestes parcel·les va ser inferior a la de les parcel·les desinfectades amb bromur de metil (Verdejo-Lucas *et al.*, 2003). Aquests resultats ens van induir a pensar en la possibilitat que la falta d'eficàcia de control fos deguda al fet d'haver utilitzat un aïllat foraster no adaptat a les condicions locals. Per això, vàrem dissenyar una experiència per determinar l'eficàcia de control de l'aïllat foraster envers un aïllat nadiu procedent del Baix Llobregat amb una o sis aplicacions a intervals d'una setmana. L'aïllat nadiu es recuperava més freqüentment de sòl i era més bon colonitzador de la rizosfera, independentment del nombre d'aplicacions. La capacitat parasitària de l'aïllat nadiu va ser superior a la del foraster quan es van fer múltiples aplicacions, encara que la reducció d'inòcul va ser insuficient per assolir índexs de control acceptables (29 %) (Sorribas *et al.*, 2003).

Un altre agent de control biològic estudiat ha estat el bacteri paràsit de nematodes *Pasteuria penetrans*, el qual es detecta de manera natural en el 6 % de les mostres de camp. El bacteri s'ha trobat adherit a la cutícula de *Meloidogyne*, així com d'altres nematodes fitoparàsits com ara *Aphelenchoides*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*. En *Meloidogyne*, el percentatge de juvenils amb espores fluctua entre un 16 % i un 50 %. La capacitat parasitària de *Pasteuria penetrans* en un assaig de camp en el qual s'aplicaven 20.000 espores/g de sòl s'ha mostrat insuficient (3 % de femelles parasitades) en clima mediterrani (Tzortzakakis *et al.*, 1999).

Mètodes biorracionals

Es basen en l'ús de formulats a base de microorganismes i/o extractes vegetals (Noling i Gilreath, 1999). Diversos grups de compostos vegetals poden actuar com a repel·lents o atraients de nematodes, com a inhibidors o inductors de l'eclosió d'ous i com a nematotòxics (Chitwood, 2002). Es va avaluar l'eficàcia de diversos formulats a base d'extractes d'all, ortiga, arte-

mísia, ruda, camamilla i ricí, sobre la mobilitat de juvenils en condicions *in vitro*. La mobilitat dels juvenils va ser totalment inhibida per la major part dels extractes durant les primeres vint-i-quatre hores, excepte l'all i l'ortiga, que ho van aconseguir entre les vint-i-quatre i les quaranta-vuit hores. Cal determinar l'eficàcia dels extractes sobre la capacitat infectiva i reproductora en planta i el possible efecte fitotòxic.

Control integrat

Els treballs que desenvolupem actualment tracten de validar models de predicció de dany de *Meloidogyne* en tomàquet, com a suport a la presa de decisió d'intervenció. Així mateix, es tracta de construir un model de simulació de l'evolució de les densitats de població del nematode segons la taxa d'increment de la població tenint en compte la població inicial a l'inici del cultiu, la taxa de supervivència del nematode durant els períodes sense cultiu i la proporció d'inòcul viable després d'aquests períodes. Alhora, es treballa en l'optimització de l'ús de la resistència vegetal i es determina la seqüència òptima de rotació amb tomàquet resistent per aconseguir fer disminuir les densitats de població del nematode a índexs que no causin dany econòmic i no suposin un risc de selecció de poblacions virulentes, i l'efecte de la composició al·lèlica del gen Mi en l'expressió de la resistència en condicions de camp. Així mateix, s'està explorant el potencial dels extractes vegetals com a plaguicides biorracionalis en condicions de semicamp.

AGRAÏMENTS

Aquests treballs han estat finançats pel projecte INIA-SC-95-049, Ministeri d'Afers Exteriors i l'Institut Nacional d'Investigació Agrària (INIA), Convenio Cooperación Científico-Técnica Hispano-Griega, Unió Europea FAIR 5-CT97-3444, CICYT AGF99-0560, Fundació Ramón Areces i MCYT AGL2004-01207. Alhora, volem donar les gràcies als pagesos del Baix Llobregat i del Maresme per permetre'ns treballar en les seves finques; a les agrupacions de defensa vegetal: Delta del Llobregat, Baix Llobregat, Baix Maresme i la Federació de Cooperatives SELMAR pel seu suport i col·laboració, i a tots aquells estudiants que al llarg dels anys s'han interessat per la nostra línia de recerca i hi han col·laborat.

BIBLIOGRAFIA

BARCELÓ, P.; SORRIBAS, F. J.; ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S. (1997). «Weed hosts to *Meloidogyne* spp. associated with vegetable crops in northeast Spain». *Bulletin OILB/SROP*, núm. 20, p. 89-93.

- BÉLAIR, G. (1992). «Effects of cropping sequences on population densities of *Meloidogyne* hapla and carrot yield in organic soil». *Journal of Nematology*, núm. 24, p. 450-456.
- BELLO, A.; ESCUER, M.; PASTRANA, M. A. (1996). «Nematodos fitoparásitos y su control en ambientes mediterráneos». A: LLÁCER, G.; LÓPEZ, M. M.; TRAPERRO, A.; BELLO, A. [ed.]. *Patología Vegetal*. Sociedad Española de Fitopatología: Phytoma España, tom II, p. 1039-1069.
- BRIDGE, R. J. (1987). «Control strategies in subsistence agriculture». A: BROWN, R. H.; KERRY, B. R. [ed.]. *Principles and practice of nematode control in crops*. Sydney: Academic Press, p. 389-420.
- CHITWOOD, D. J. (2002). «Phytochemical based strategies for nematode control». *Annual Review of Phytopathology*, núm. 40, p. 221-249.
- DROPKIN, V. H. (1969). «The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: Reversal by temperature». *Phytopathology*, núm. 59, p. 1632-1637.
- EDDAOUDI, M.; AMMATI, M.; RAMMAH, A. (1997). «Identification of resistance breaking populations of *Meloidogyne* on tomatoes in Morocco and their effect on new sources of resistance». *Fundamental and Applied Nematology*, núm. 20, p. 285-289.
- IZQUIERDO, J.; BOSQUE, J. L.; COLOMER, M. (1996). «Distribució i fenologia de les males herbes dels cultius hortícoles del litoral català (1995-1996): primers resultats». A: *I Jornada sobre Protecció Vegetal de la ICEA*. P. 113-118.
- MELERO, R.; SORRIBAS, F. J.; ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S. (1998). «Fluctuación de las densidades de población de *Meloidogyne arenaria* raza 2 en cultivares de tomate susceptible y resistente». A: *Resúmenes del IX Congreso Nacional de la Sociedad Española de Fitopatología*. Salamanca, p. 188.
- NETSCHER, C.; LUC, M. (1974). «Nématodes associés aux cultures maraichères en Mauritanie». *Agronomie Tropicale Nogent*, núm. 29, p. 697-701.
- NETSCHER, C.; SIKORA, A. R. (1990). «Nematode parasites of vegetables». A: LUC, M.; SIKORA, A. R.; BRIDGE, J. [ed.]. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Wallingford, UK: CAB International, p. 237-283.
- NOLING, J. W.; GILREATH, J. P. (1999). «Propargil bromide, Biorationals, and other fumigants for nematode control». A: *Proceedings 1999 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*. Orlando (Florida), p. 30.
- ORNAT, C. (1998). «Epidemiología de *Meloidogyne* spp. en cultivos hortícolas». Universitat de Barcelona. [Tesi doctoral]
- ORNAT, C.; SORRIBAS, F. J.; VERDEJO-LUCAS, S., GALEANO, M. (2002). «Effect of planting date on development of *Meloidogyne javanica* on lettuce in northeastern Spain». *Nematropica*, núm. 31 (2), p. 148-149.
- ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S. (1999). Distribución y densidades de población de *Meloidogyne* spp. en cultivos hortícolas de la comarca de El Maresme (Barcelona). *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales*, núm. 14, p. 191-201.

- ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S.; SORRIBAS, F. J. (1997). «Effect of the previous crop on population densities of *Meloidogyne javanica* and yield of cucumber». *Nematropica*, núm. 27, p. 85-90.
- (2001). «A Population of *Meloidogyne javanica* in Spain virulent to the Mi resistance gene in tomato». *Plant Disease*, núm. 85, p. 271-276.
- ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S.; SORRIBAS, F. J.; TZORTZAKAKIS, E. A. (1999). «Effect of fallow and root destruction on survival of root-knot and root-lesion nematodes in intensive vegetable cropping systems». *Nematropica*, núm. 29, p. 5-16.
- PHILIS, J.; VAKIS, N. (1977). «Resistance of tomato varieties to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in Cyprus». *Nematologia Mediterranea*, núm. 5, p. 39-44.
- RICH, J. R.; OLSON, S. M. (1999). «Utility of Mi gene resistance in tomato to manage *Meloidogyne javanica* in North Florida». *Journal of Nematology*, núm. 31, p. 715-718.
- ROBERTS, P. A. (2002). «Concepts and consequences of resistance». A: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. [ed.]. *Plant Resistance to Parasitic Nematodes*. Wallingford, UK: CABI Publishing, p. 23-41.
- ROBERTS, P. A.; THOMASON, L. J. (1989). «A review of variability in four *Meloidogyne* sp. measured by reproduction on several hosts including *Lycopersicon*». *Agricultural Zoology Reviews*, núm. 3, p. 225-252.
- SORRIBAS, F. J. (1996). «Incidencia de *Meloidogyne* spp. en el área de producción hortícola del Baix Llobregat, Barcelona». Universitat de Barcelona. [Tesi doctoral]
- SORRIBAS, F. J.; ORNAT, C.; GALEANO, M.; VERDEJO-LUCAS, S. (2003). «Evaluation of a Native and Introduced Isolate of *Pochonia chlamydosporia* against *Meloidogyne javanica*». *Biocotrol Science and Technology*, núm. 13, p. 707-714.
- SORRIBAS, F. J.; ORNAT, C.; PUIGDOMÈNECH, P.; VERDEJO-LUCAS, S. (1998). «Desarrollo de las densidades de población de *Meloidogyne* spp. en lechuga». A: *Resúmenes del IX Congreso Nacional de la Sociedad Española de Fito patología*. Salamanca, p. 189.
- SORRIBAS, F. J.; ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S.; GALEANO, M.; VALERO, J. (2005). «Effectiveness and profitability of the *Mi*-resistant tomatoes to control root-knot nematodes». *European Journal of Plant Pathology*, núm. 111, p. 29-38.
- SORRIBAS, F. J.; VERDEJO-LUCAS, S. (1994). «Survey of *Meloidogyne* spp. in tomato production fields of Baix Llobregat county, Spain». *Journal of Nematology*, núm. 26, p. 731-736.
- (1999). «Capacidad reproductiva de *Meloidogyne* spp. en cultivares de tomate resistente». *Investigación Agraria*, núm. 14, p. 237-247.
- TZORTZAKAKIS, E. A.; GOWEN, S. R. (1996). «Occurrence of a resistance-breaking pathotype of *Meloidogyne javanica* on tomatoes in Crete, Greece». *Fundamental and Applied Nematology*, núm. 19, p. 283-288.
- TZORTZAKAKIS, E. A.; TRUDGILL, D. L.; PHILLIPS, M. S. (1998). «Evidence for a do-

- sage effect of the Mi gene on partially virulent isolates of *Meloidogyne javanica*». *Journal of Nematology*, núm. 30, p. 76-80.
- TZORTZAKAKIS, E. A.; VERDEJO-LUCAS, S.; ORNAT, C.; SORRIBAS, F. J.; GOUMAS, D. E. (1999). «Effect of a previous resistant cultivar and *Pasteuria penetrans* on population densities of *Meloidogyne javanica* in greenhouse grown tomatoes in Crete, Greece». *Crop Protection*, núm. 18, p. 159-162.
- VERDEJO-LUCAS, S.; ESPAÑOL, M.; ORNAT, C.; SORRIBAS, F. J. (1997). «Occurrence of *Pasteuria* spp. in the northeast Spain». *Nematologia mediterranea*, núm. 25, p. 109-112.
- VERDEJO-LUCAS, S.; ORNAT, C.; SORRIBAS, F. J.; STCHIEGEL, A. (2002). «Species of root-knot nematodes and fungal eggs parasites recovered from vegetables in Almería and Barcelona, Spain». *Journal of Nematology*, núm. 34, p. 405-408.
- VERDEJO-LUCAS, S.; SORRIBAS, F. J.; ORNAT, C.; GALEANO, M. (2003). «Evaluating *Pochonia chlamydosporia* in a double-cropping system of lettuce and tomato in plastic houses infested with *Meloidogyne javanica*». *Plant Pathology*, núm. 52, p. 521-528.
- VERDEJO-LUCAS, S.; SORRIBAS, J.; PUIGDOMÈNECH, P. (1994). «Pérdidas de producción en lechuga y tomate causadas por *Meloidogyne javanica* en invernadero». *Investigación Agraria*, núm. 2, p. 395-400. [Fora de sèrie]