

El cultivo de la papa

► Texto y dibujos : Antonio Bello, Miguel Escuer, Avelino García-Álvarez y Carmen Gutiérrez

El cultivo de la papa o patata es esencial para mantener tanto la seguridad como la soberanía alimentaria de gran número de países. Imprescindible en el diseño de los sistemas de rotación, principalmente en agricultura extensiva, permite regular con eficacia los organismos causantes de plagas y enfermedades, eliminando el uso de pesticidas o la utilización de organismos modificados genéticamente (OMGs).

Este trabajo de investigación se centra en el estudio de nematodos e insectos patógenos, por ser factores limitantes de importancia en este cultivo. Fue presentado en Mérida (Venezuela) en el IV Simposium Internacional de Desarrollo Sustentable en los Andes, el pasado mes de diciembre

Después del trigo, maíz y arroz, la papa es uno de los productos básicos en la alimentación, ya sea a través de su consumo directo o de productos procedentes de su transformación, presentando también un futuro prometedor en la industria farmacéutica.

Actualmente la producción mundial se estima en 311 millones de toneladas anuales y llama la atención el hecho de que 237,9 millones de toneladas (76,4%), corresponden a sólo seis países: China, Unión Europea, Rusia, Polonia, India y EE.UU, según datos de la FAO (2000). Pero sobre todo es mucho más preocupante el bajo rendimiento en regiones como Asia, América del Sur (centro de origen de la papa), África o países como China, Colombia, España, Portugal, Ecuador, Perú, Túnez, Rusia, Ucrania o Bolivia, con valores todos ellos inferiores a la media mundial, frente a los altos rendimientos obtenidos en otros países como Bélgica-Luxemburgo, Holanda, EE UU, Alemania, Nueva Zelanda, Reino Unido, Dinamarca, Francia, Israel e Irlanda.

La razón entre producción y número de habitantes nos



permite señalar que siete países tienen cifras superiores a 150 kg por habitante, lo que supone un exceso de producción si tenemos en cuenta que el suministro por persona y año está establecido en 31 kg (FAO 2000).

Hacia una agricultura sostenible

Es necesario profundizar en el análisis de los factores limitantes de la producción en el cultivo de la papa, teniendo en cuenta los nuevos enfoques de la producción agraria, dirigidos a la obtención de productos de calidad nutritiva y ambiental, y la repercusión social de una agricultura familiar y de subsistencia, que no prima exclusivamente el desarrollo de sistemas agrarios de alta productividad, sino también su función ambiental y social (Vereijken y van Loon 1991).

La producción agrícola convencional se apoya en el consumo habitual de agroquímicos. En 1999, en España, el gasto de fertilizantes y productos fitosanitarios en los cultivos hortícolas fue de 1.215 millones de \$ USA (MAPA 1999), siendo de 6.570 millones de \$ USA el gasto en agroquímicos de la Unión Europea (UE) (McDougal 2000). Y ello a pesar de que muchos de los plaguicidas utilizados tienen escasa eficacia y su uso indiscriminado origina graves problemas de salud pública (Metcalf 1993) y de contaminación ambiental (Edwards 1993). Esta situación ha dado lugar a una concienciación pública que tiene fuertes repercusiones en la política agraria de muchos países.

Dada esta situación, la UE está tratando de adaptar su producción agrícola a los criterios de una Agricultura Sostenible, cuyo objetivo es producir alimentos de calidad

con un costo aceptable para la sociedad y el ambiente, evitando la utilización de agroquímicos y basándose, entre otros aspectos, en la rotación de cultivos, el empleo de restos de cultivo o estiércol de origen animal y el manejo de enemigos naturales en la conservación del equilibrio en el agrosistema.

En la actualidad están tomando gran importancia los estudios de procedimientos alternativos en protección de cultivos, entre los que cabe mencionar la biofumigación (Bello 1998, Bello et al. 2000) (4).

Una de las alternativas para el control de plagas es el manejo de enemigos naturales, que se basa en la utilización de depredadores, parasitoides y patógenos. Entre ellos hay que destacar los trabajos realizados sobre el uso de nematodos entomopatógenos (NEP), pertenecientes a las familias *Heterorhabditidae* y *Steinernematidae*, que son parásitos obligados, letales para un amplio rango de especies de insectos y que no suponen riesgos para las plantas ni para el ambiente (Kaya y Gaugler 1993).

Situación en nuestro país

España, junto con Portugal, presenta los rendimientos más bajos de la Unión Europea para el cultivo de papa en secano, inferiores a 20 t ha⁻¹. Los mayores rendimientos, ya sea en secano o en regadío, se obtienen en las regiones del norte, donde las condiciones ambientales son más adecuadas para el cultivo, tanto por las características climáticas, como por las propiedades de los suelos, de carácter ácido y textura arenosa.

En las regiones situadas más al sur, con temperaturas más elevadas que afectan la tuberización, y en donde predominan los suelos con un pH más alto, que favorece el

desarrollo de enfermedades como la sarna, las condiciones para el cultivo son más desfavorables.

En este trabajo se analizarán los factores bióticos y abióticos que pueden estar relacionados con la alta productividad alcanzada por el cultivo de papas, en un área de referencia como es La Rioja, determinando el valor de dicho cultivo en el desarrollo de una agricultura de calidad a la vez que se buscan criterios para resolver los problemas de baja rentabilidad en otras zonas de España.

Patógenos y plagas en el cultivo de papa

Nos hemos centrado en el análisis de los nematodos y los insectos por considerarlos elementos claves en la producción del cultivo (Lara y Bello 1983, Raman y Radcliffe 1992), no sólo por su acción directa, sino por su interacción con otros problemas fitopatológicos, causados por hongos, bacterias y virus (Zehnder et al. 1994).

Los **nematodos fitoparásitos** constituyen uno de los principales factores limitantes de la producción del cultivo, ya que se trata de organismos del suelo de difícil control, al no poder conocer con facilidad la evolución de sus poblaciones hasta que se transforman en problema. Este hecho no suele ocurrir con los patógenos de las partes aéreas. Pero sobre todo, la enorme variabilidad intrapoblacional de la nematofauna dificulta el control biológico o la utilización de plantas resistentes como alternativa.

Los nematodos fitoparásitos que afectan al cultivo de papa se pueden agrupar del modo siguiente, por orden de importancia:

1. **Formadores de quistes**, representados por *Globodera pallida* y *G. rostochiensis*, que suelen interactuar con hongos como *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*.

Cuadro 2. Análisis regional del cultivo de papa en España. Superficie, producción y rendimiento (MAPA 1999)

Comunidad Autónoma	Superficie (ha)			Producción (toneladas)	Rendimiento (kg · ha ⁻¹)	
	Total	Secano	Regadío		Secano	Regadío
Galicia	55.882	50.309	5.573	908.491	15.816	20.240
Castilla y León	28.637	5.784	22.853	920.571	21.266	34.900
Andalucía	26.243	2.418	23.825	498.659	11.239	19.791
Cas. La Mancha	10.503	942	9.561	226.834	6.113	23.123
Extremadura	8.350	—	8.350	142.648	—	16.684
Canarias	8.075	3.104	4.971	145.538	9.753	23.188
Cataluña	7.432	2.645	4.787	148.615	14.044	23.286
C. Valenciana	6.267	787	5.480	120.087	7.570	20.827
País Vasco	5.009	1.773	3.236	128.357	18.650	29.447
La Rioja	4.740	432	4.308	205.907	25.314	45.258
Baleares	3.661	425	3.236	91.881	3.521	27.931
Aragón	3.306	198	3.108	90.803	13.596	28.350
Asturias	3.253	3.253	—	61.875	19.021	—
Cantabria	2.665	2.492	173	44.855	16.476	21.947
Murcia	2.345	—	2.345	44.274	—	18.880
Madrid	2.037	24	2.013	48.576	11.000	24.000
Navarra	1.461	651	810	27.767	16.157	21.221
España	180.066	75.237	104.829	3.185.708	15.776	25.459

Análisis mundial de la producción de papa Fuente: FAO (2000)

Ámbito geográfico	Producción (Miles de toneladas)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Producción por Habitante (Kg)
Ame. del Norte (EE. UU. y Canadá)	27.973	39,7	91,4
Unión Europea (15 países)	49.014	35,7	130,0
Europa Orient.	33.206	17,0	45,6
Asia	113.256	16,5	31,2
Ame. del Sur	15.144	15,1	44,3
África	10.110	11,3	12,6
Países Desarrollados	180.471	17,2	138,5
Países en Desarrollo	130.817	15,8	28,0
Mundo	311.288	16,6	51,5
Suministro por persona año ¹			31 kg



Quistes de *Globodera*, concretamente de la *Globodera rostochiensis*

2. **Formadores de nódulos**, principalmente *Meloidogyne fallax*, *M. chitwoodi* y *M. hapla* en las regiones de clima templado, *M. arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica* en los países tropicales y subtropicales, por último *Nacobbus aberrans* en Latinoamérica.

3. **Nematodos de la pudrición de tubérculos**, con *Ditylenchus destructor* y *D. dipsaci*, principalmente de ambientes templados.

4. **Nematodos endoparásitos**, representados por el género *Pratylenchus*, con especies de ambientes templados y otras tropicales, que suelen interactuar con hongos de los géneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Verticillium*.

5. **Nematodos transmisores de virus**, principalmente los géneros *Paratrichodorus* y *Trichodorus* de ambientes templados.

6. **Otros nematodos ectoparásitos y semiendoparásitos**, que con frecuencia han sido citados asociados al cultivo de papa, entre los que destaca *Rotylenchulus reniformis*, característico de ambientes tropicales.

Hay que hacer énfasis especialmente en los nematodos que son considerados organismos de cuarentena: *Ditylenchus destructor*, *D. dipsaci*, *Globodera pallida*, *G. rostochiensis*, *Nacobbus aberrans*, *Meloidogyne chitwoodi* y *M. fallax*, no sólo para controlar su posible introducción en nuestra área de cultivo, sino porque su presencia puede ser un factor excluyente en las exportaciones.

A partir de los resultados obtenidos en nuestro trabajo puede afirmarse que en La Rioja, y probablemente en el resto de España, el problema se circunscribe a la presencia de *Globodera pallida* y *G. rostochiensis* que, por un uso indebido de las variedades resistentes, ha dado lugar a una selección de *G. pallida*, mucho más difícil de controlar en el futuro. No se han detectado, sin embargo, problemas con *Nacobbus aberrans* o *Meloidogyne chitwoodi* y *Ditylenchus destructor* que causan gravísimos problemas en ambientes tropicales o templados respectivamente.

La utilización en los últimos años de variedades resistentes a *G. rostochiensis*, ha conducido a una "selección" de poblaciones virulentas de *G. pallida*, que puede considerarse como el principal problema en el cultivo de la papa en España y en toda la Unión Europea. En este sentido conviene señalar que el empleo de variedades de papa resistentes a *G. rostochiensis*, no resulta eficaz en los países andinos debido a la gran variabilidad de esta especie, al ser esta región el centro de origen de la papa (Ochoa 1990).

Para el control de *G. pallida* es necesario conocer su biología y restricciones ecológicas. Las hembras, dan lugar a formas de resistencia (el quiste), que pueden permanecer en el suelo hasta 20 años con capacidad infestiva, siendo necesaria la presencia de factores que provocan la eclosión para que los juveniles de segundo estadio (J2) salgan del quiste y así poder actuar sobre ellos. De otro modo, es prácticamente imposible su control. Los factores de eclosión son producidos exclusivamente por el sistema radicular de la papa u otras solanáceas como la berenjena o el tomate, así como plantas arvenses de la misma familia como el *Solanum nigrum* o la *Datura stramonium*. Los juveniles no pueden sobrevivir en el suelo durante más de 20 días.

El control químico de *G. pallida* no suele ser eficaz, puesto que siempre se encuentran poblaciones de quistes sin eclosionar, llegando a recuperarse las poblaciones. Por otro lado, la mayor parte de los nematicidas los descartaremos en agricultura ecológica pues crean problemas para el ambiente y la salud de las personas, al tiempo que reducen la biodiversidad del suelo (Whitehead 1986).

En algunas localidades de La Rioja Baja, fuera de nuestra zona de estudio, se ha encontrado *Meloidogyne arenaria*, *M. hapla* y *M. incognita*, esta última en cultivo de papa. Tampoco se ha citado la presencia de *M. chitwoodi* y *M. fallax*, a pesar de que constituyen un problema grave en el sur de Holanda, país de donde procede la mayor parte de la semilla que se utiliza en La Rioja. Los transmisores de virus de los géneros *Paratrichodorus* y *Trichodorus*, así como los otros nematodos fitoparásitos, no han sido detectados como problema.

Plagas problemáticas

El número de especies de insectos que pueden afectar al cultivo de papa en el mundo es elevado e incluye especies polífagas, capaces de atacar a un número amplio de vegetales, aunque también existen especies cuyos hábitos alimentarios son muy restringidos. Por otro lado, las especies de insectos pueden tener una distribución geográfica local o regional, aunque hay otros más cosmopolitas, que en ocasiones han colonizado nuevos ambientes debido a la intervención del hombre, como es el caso del escarabajo de la patata. Entre la plagas que causan mayores daños en el cultivo cabe mencionar:

► **Gusanos de alambre.** Coleópteros elatéridos entre los que se incluyen numerosas especies de los géneros *Agriotes*, *Conoderus*, *Ctenicera*, *Limoni* y *Melanotus*, entre otros.

► **Escarabajo de la patata.** Este coleóptero crisomélido, *Leptinotarsa decemlineata*, es originario de América del norte y su distribución original se restringía a un área reducida del suroeste de EE. UU y el noroeste de Méjico. Sin embargo hace 150 años comenzó su expansión a expensas del cultivo de papa y actualmente es una especie

cosmopolita, distribuida ampliamente por las regiones templadas y subtropicales de todos los continentes. Con capacidad de desarrollar hasta tres generaciones por año es una de las plagas más conspicua del cultivo.

► Otras plagas están provocadas por los insectos de las hojas (homópteros cicadélidos) o psílidos de la patata (homópteros psílidos). Otros insectos de la familia de los áfidos, pertenecientes a los géneros *Aphis*, *Myzus*, o *Aulacorthum* entre otros, son vectores de virus que causan pérdidas importantes en el cultivo, como el virus de la patata Y (PVY9) o el virus del enrollado de la hoja (PLRV). Especies del orden Lepidoptera (Noctuidos) e insectos clasificados en otros órdenes, pueden también convertirse en plagas del cultivo.

Control ecológico y agentes de biocontrol. Situación en La Rioja

El estudio realizado en La Rioja, en cultivo de papa ecológico, ha tratado de dilucidar los factores que son esenciales en la autorregulación del agrosistema, que impiden o reducen la proliferación de plagas y enfermedades en el cultivo y que convierten a esta región en la zona donde se obtienen los mayores rendimientos del país.

Asociados al cultivo de la papa, se tomaron muestras en campos distintos y áreas naturales cercanas. Se realizaron tres muestreos: en el momento de la brotación, durante la floración y antes de la recolección. Se estableció una parcela con un área aproximada de 300 m², muestreando de forma regular en 50 puntos separados a 1,5 m de distancia a lo largo de la parcela y a 4 m a lo ancho. Dicha parcela está en conversión a la agricultura ecológica.

Se recogieron insectos que se encuentran en la parte aérea de las plantas para su identificación posterior. En los mismos puntos se ha tomado una muestra de suelo, de aproximadamente un kg, tomada a una profundidad entre 0 y 20 cm, determinando la composición de especies de la nematofauna, en particular nematodos fitoparásitos y entomatógenos (NEP), así como insectos del suelo que pueden constituir plagas. En los mismos puntos se colocaron, a 20 cm de profundidad, 50 trampas-cebo (recipientes de plástico de 300 ml llenos de semillas de trigo y maíz) para atraer a los "gusanos de alambre" y estimar su nivel de población.

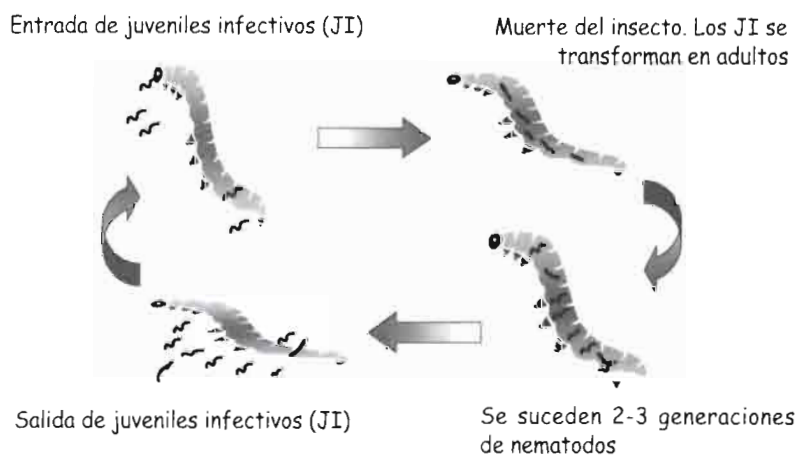
Se puso a punto la cría y mantenimiento, en condiciones de laboratorio, de las especies de insectos susceptibles de ser afectados por los NEP. Estos nematodos se mantienen y propagan en el laboratorio siguiendo el método de Dukty, Thompson y Cantwel (1964). El estudio de la eficacia de las cepas de NEP aisladas en campo frente a plagas, se llevó a cabo con los bioensayos de Glazer y Lewis (2000).

La cuenca del Ebro, en la que está incluida el área de La Rioja, presenta una serie de características agroecológicas de interés. En primer lugar debemos señalar que hay

menos de tres meses con temperaturas medias superiores a los 20 °C, que son los requerimientos térmicos necesarios para que se desarrollen más de tres generaciones de las especies de nematodos termófilos, y dar lugar a problemas fitopatológicos. Entre las prácticas agrarias tradicionales destaca la complementariedad entre agricultura y ganadería que permite, a partir de prados y cultivos forrajeros, establecer periodos de rotación de larga duración, siendo las áreas de montaña, especialmente el Pirineo, zonas tradicionales para la obtención de papas de siembra, debido a la baja incidencia de nematodos y de virus. En las zonas cerealistas de la parte media destaca la función de barbechos y rastrojeras, así como la rotación con leguminosa y crucíferas, que contribuyen de forma importante a la reducción de las poblaciones de nematodos. En el valle cabe señalar la gran variedad de cultivos hortícolas, algunos de alto valor ecológico como la alcachofa.

Por todo lo anterior debemos destacar las relaciones de verticalidad entre el valle, la zona media y la montaña, con una de las mayores producciones de estiércol de origen animal en España, que constituye un elemento fundamental en la diversificación biológica del suelo y en la

Ciclo biológico de los nematodos entomatógenos y su función como agentes de biocontrol



regulación de los agentes patógenos del mismo. Por último, la dinámica en el cauce del Ebro proporciona elementos que renuevan constantemente la fertilidad del suelo en las zonas de ribera.

Identificación de plagas y algunos consejos

La aplicación de criterios ecológicos junto al uso de variedades resistentes han servido para regular las poblaciones de *G. rostochiensis*, que justifican los altos rendimientos alcanzados en los últimos años, aunque al estar produciéndose la selección de *G. pallida* el futuro es incierto. En el examen de la parcela durante el cultivo se pudo detectar la presencia de una planta con verticilosis,

afectada además por *G. pallida*, que indica la necesidad de elaborar programas de producción integrada como mínimo, es decir como paso previo a la agricultura ecológica, para que se pueda controlar el problema en el futuro. Estos planteamientos deben adoptarse con carácter general, ya que de otro modo, a través del agua, los aperos o el ganado, se pueden transportar los quistes de una parcela a otra.

La prospección e identificación de plagas y agentes de biocontrol permitió detectar la presencia de *Leptinotarsa decemlineata*, aunque a pesar de las trampas, no aparecieron "gusanos de alambre". No se encontraron nematodos entomopatógenos (NEP) en las muestras de suelo tomadas en el interior del campo, aunque sí se detectó su presencia en el margen del cultivo. En una de las muestras procedentes de la prospección en los márgenes del cultivo,



se recogió un agregado de 149 larvas en el último estadio del díptero *Bibio hortulanus*, una plaga secundaria de cultivos hortícolas, infestadas con NEP, que fue identificado como *Steinernema feltiae*. Otros enemigos naturales detectados en los márgenes fueron los depredadores *Coccinella septempunctata* e *Hippodamia septemmaculata*. Por otro lado, en los muestreos realizados en el cultivo de brócoli, que sustituyó al de papa, se han detectado poblaciones muy bajas del pulgón *Brevicoryne brassicae*, que presentaba un alto nivel de parasitación por *Aphidius* sp. Posteriormente la cepa de NEP aislada fue multiplicada en el laboratorio para realizar bioensayos, con el fin de estudiar su eficacia en control de insectos que constituyen plaga en el cultivo de la papa y en otros.

La cepa aislada de *S. feltiae* en La Rioja fue infectiva frente a coleópteros como *Leptinotarsa decemlineata* y *Tenebrio monitor*, lepidópteros como *Spodoptera littoralis*, *Sparganothis pilleriana* y *Trichoplusia ni*. También se comparó su virulencia con la de una cepa comercial de la misma especie frente a *S. littoralis*. Tanto en los ensayos de dosis-respuesta, como en los de penetración, resultó más eficaz la cepa autóctona, que además presentó mayor potencial reproductivo. Por otro lado se efectuaron ensayos para conocer la influencia de la textura del suelo sobre la cepa autóctona, observándose que un contenido de arcilla superior al 20% disminuye su capacidad de infectar.

Además de las ventajas observadas con el desarrollo de

técnicas agronómicas que concilien las características ambientales con las necesidades de la planta, permitiendo una reducción de agroquímicos y realizando un manejo racional de las variedades resistentes, debe tenerse en cuenta un control de la calidad de las semillas, que impidan la dispersión de especies altamente patógenas.

El futuro está en la utilización de criterios ecológicos fundamentados en el manejo de la diversidad biológica y ambiental, sabiendo combinar el conocimiento científico y el saber campesino, que permitan la diversificación del cultivo, incrementando la calidad y reduciendo los riesgos ecológicos, logrando un precio justo que tenga en cuenta a la vez el interés de los consumidores. ■

(1) Ver Biofumigación, gases para la protección de cultivos en *La Fertilidad de la Tierra* nº 4, pp.27-29

Sobre los autores

Dpto Agroecología, CCMA, CSIC. Serrano 115 dpdo, 28006 Madrid, España. aga@ccma.csic.es.

Bibliografía

- BELLO A. 1998. Biofumigation and integrated pest management. In: A. Bello; J. A. González; M. Arias; R. Rodríguez-Kábana (Eds). *Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries*. Phytoma-España, DG XI EU, CSIC, Valencia, Spain, 99-126.
- BELLO A., J. A. LÓPEZ-PÉREZ, L. DÍAZ-VIRULICHE. 2000. Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo. In: J.Z. Castellanos, F. Guerra O'Hart (Eds). *Memorias del Simposium Internacional de la Fresa*, Zamora, Méjico, 24-50.
- EDWARDS C.A. 1993. The impact of pesticides on the environment. In: Pimentel, D.; H. Lehman (Eds). *The Pesticide Question. Environment, Economics and Ethics*. Ed. Chapman & Hall, New York, 13-46.
- GLAZER I., E.E. LEWIS. 2000. Bioassays for entomopathogenic nematodes. In: A. Navon, K.R.S. Ascher (Eds), *Bioassays of Entomopathogenic microbes and nematodes*. CABI Pub., Oxon, U.K., 229-247.
- KAYA H., R. GAUGLER. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Ann. Rev. Entomol.* 38, 181-206.
- LARA M. P., A. BELLO. 1983. Estudio de la problemática que plantean los nematodos fitoparásitos en los cultivos de La Rioja. *Berceo (Ciencias)* 1, 3-47.
- MAPA 1999. *Anuario de Estadística Agraria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 695 pp.
- MCDUGAL P. 2000. The global agrochemical market in 1999. *Agrofood Ind. Hi-Tech.* 11, 38-39.
- METCALF R.L. 1993. An increasing public concern. In: D. Pimentel, H. Lehman (Eds). *The Pesticide Question. Environment, Economics and Ethics*. Ed. Chapman & Hall, New York, 426-430.
- OCHOA C.M. 1990. *The Potatoes of South America-Bolivia*. Cambridge University Press, 512 pp.
- RAMAN K.V., E.B. RADCLIFFE. 1992. Insect pests. En P.M. Harris (Ed.). *The Potato Crop*. Chapman & Hall, Londres, 476-506.
- STOREY G.W., K. EVANS. 1987. Interactions between *Globodera pallida* juveniles, *Vesiticillium dahliae* and three potato cultivars, with description of associated histopathologies. *Plant Pathol.* 36, 192-200.
- VEREIJEN P., C.D. VAN LOON. 1991. A strategy for integrated low-input potato production. *Potato Res.* 34, 57-66.
- WHITEHEAD A.G. 1986. Chemical and integrated control of cyst nematodes. In: F. Lamberti, C.E. Taylor (Eds). *Cyst Nematodes*. Plenum Press, New York, 413-432.
- ZEHNIDER G.W., M.L. POWELSON, R.K. JANSSON, K.V. RAMAN (Eds) 1994. *Advances in Potato Pest Biology and Management*. APS Press, St. Paul, Minnesota, 655 pp.