ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E CONTEÚDO DE CLOROFILA
EM PIMENTEIRAS-DO-REINO (*Piper nigrum* L.) INFESTADAS
POR *Meloidogyne incognita* (KOFOLD & WHITE, 1919) CHITWOOD, 1949

EDMIR CELESTINO DE ALMEIDA FERRAZ
engenheiro agrônomo

Orientador: Prof. Dr. LUIZ GONZAGA E. LORDELLO

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Entomologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Julho, 1982

A meus pais, baluartes da minha educação,
A Ana, Jorge e Rosa, meus irmãos,
A Clarice, minha esposa,
E a meus filhos Giovanna e Lorenzo,
minha riqueza.

O F E R E Ç O.

A Ele, minha inspiração,
com toda a minha Fé
e certeza no amanhã,

D E D I C O.

A G R A D E C I M E N T O S

Ficam consignados os sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e Instituições:

Ao Prof. Dr. Luiz Gonzaga E. Lordello, pelo seu talento e competência como professor e orientador de pesquisas.

Ao Prof. Dr. Ailton Rocha Monteiro, pela sensibilidade de suas críticas na revisão deste trabalho.

Ao estimado amigo Dr. Francisco Ivaldo de Oliveira Melo, pelas criteriosas sugestões das análises estatísticas.

Aos meus assistentes João Ricardo Santos, Antonia Marli Vieira da Encarnação e Bernardo dos Santos, pelo inestimável apoio prestado nos serviços de laboratório e condução da pesquisa.

À Marlúcia Rosa Martins e à Ana Amélia Lins Guimarães, pela especial dedicação no trabalho de datilografia.

Às bibliotecárias Neide Bombeiro Filet (ESALQ) e Lícia Margarida Gumes Lopes (CEPLAC), pela prestimosidade na revisão da literatura consultada.

Aos professores do Departamento de Entomologia da ESALQ, pelos ensinamentos recebidos.

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Pós-Graduação.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, deram o seu apoio para a efetivação deste trabalho.

Í N D I C E

	Página
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE QUADROS DO APÊNDICE.....	x
LISTA DE FIGURAS DO APÊNDICE.....	xi
RESUMO.....	xii
SUMMARY.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> no teor de <u>e</u> lementos minerais das plantas.....	6
2.2. Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> no conteúdo de clorofila total das plantas.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Preparo do solo.....	22
3.2. Preparo das plantas.....	23
3.3. Fonte e multiplicação do inóculo.....	24
3.4. Preparo do inóculo.....	25
3.5. Esquema experimental.....	26
3.6. Análises de elementos minerais nas folhas...	28
3.7. Análises de clorofila total nas folhas.....	29
3.8. Senescência de folhas.....	30
3.9. Análises estatísticas dos resultados.....	30

	Página
4. RESULTADOS.....	33
4.1. Multiplicação dos nematóides.....	33
4.2. Crescimento das plantas.....	34
4.3. Senescência das folhas.....	36
4.4. Teores de elementos minerais nas folhas.....	37
4.4.1. Fósforo e potássio.....	37
4.4.2. Cálcio e magnésio.....	38
4.4.3. Zinco, manganês, cobre e ferro.....	41
4.5. Conteúdo de clorofila total nas folhas.....	42
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	44
5.1. Teores de elementos minerais nas folhas e crescimento das plantas.....	44
5.1.1. Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> no teor dos elementos minerais e cresci- mento das plantas.....	45
5.1.1.1. Teores de cálcio e magnésio.	45
5.1.1.2. Teores de fósforo, potássio, zinco, manganês, cobre e fer <u>r</u> ro.....	48
5.1.2. Efeito da fertilização no teor de ele <u>m</u> mentos minerais das plantas.....	58
5.2. Conteúdo de clorofila total nas folhas e <u>cres</u> cimento das plantas.....	61

	Página
5.3. Senescência das folhas.....	65
6. CONCLUSÕES.....	67
7. LITERATURA CITADA.....	69
8. APÊNDICE.....	89

LISTA DE QUADROS

Página

Quadro 1 - Multiplicação de <i>Meloidogyne incognita</i> na rizosfera de pimenteira-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.), 10 meses após a inoculação...	34
Quadro 2 - Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> e fertilização no crescimento de pimenteira-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.), 10 meses após a inoculação.....	35
Quadro 3 - Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> e fertilização na abscisão de folhas de pimenteira-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.).....	36
Quadro 4 - Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> e fertilização nos teores de P e K (% na matéria seca) das folhas de pimenteira-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.), 10 meses após a inoculação.....	38

Quadro 5 - Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> e fertilização no teor de Mg (% na matéria seca) das folhas de pimenteira-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.), 10 meses após a inoculação...	39
Quadro 6 - Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> e fertilização no teor de Ca (% na matéria seca) das folhas de pimenteira-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.), 10 meses após a inoculação...	40
Quadro 7 - Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> e fertilização nos teores de Zn, Mn, Cu e Fe das folhas de pimenteira-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.), 10 meses após a inoculação (valores expressos em ppm).....	42
Quadro 8 - Efeito de <i>Meloidogyne incognita</i> e fertilização na concentração de clorofila total das folhas de pimenteira-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.), 10 meses após a inoculação...	43

APÊNDICE

Página

Quadro I - Caracterização físico-química do solo coletado na Fazenda Refúgio da Onça, Município de Ituberá, Bahia, Brasil.....	94
--	----

LISTA DE FIGURAS DO APÊNDICE

Página

Figura 1 - Aspecto do crescimento de pimenteiras-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.) infestadas por <i>Meloidogyne incognita</i> , 10 meses após a inoculação.....	90
Figura 2 - Danos ao sistema radicular de pimenteiras-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.) infestadas por <i>Meloidogyne incognita</i> , 10 meses após a inoculação.....	91
Figura 3 - Sintomatologia de deficiência nutricional de pimenteiras-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.), infestadas por <i>Meloidogyne incognita</i> , 10 meses após a inoculação.....	92
Figura 4 - Detalhes da evolução de necroses foliares em folhas de pimenteiras-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.), infestadas por <i>Meloidogyne incognita</i> , 10 meses após a inoculação.....	93

ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E CONTEÚDO DE CLOROFILA
EM PIMENTEIRAS-DO-REINO (*Piper nigrum* L.)
INFESTADAS POR *Meloidogyne incognita*
(KOFOLD & WHITE, 1919) CHITWOOD, 1949

Edmir Celestino de Almeida Ferraz

- Autor -

Prof. Dr. Luiz Gonzaga E. Lordello

- Orientador -

RESUMO

Os problemas fitossanitários representam um dos grandes entraves à exploração racional da cultura da pimenta-do-reino na Bahia e, nesse contexto, o nematóide das galhas, *Meloidogyne incognita*, tem sido considerado como elemento de predisposição das plantas ao *Fusarium solani* f. *piperis*, o agente etiológico da enfermidade responsável pela mortalidade generalizada de pimentais.

O reduzido crescimento e desenvolvimento de plantas atacadas por nematóides pode ser atribuído à menor absorção e translocação de água e nutrientes, distúrbios metabólicos, desequilíbrio no balanço de reguladores de crescimento

e ação sinérgica entre os nematóides e outros patógenos.

Como esses fatores podem agir conjuntamente ou, a depender do estágio de infestação, alguns podem ter maior importância, este trabalho teve como objetivos determinar o efeito de *M. incognita* na absorção e translocação de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn em pimenteiras-do-reino e, paralelamente, a sua influência no conteúdo de clorofila total das plantas.

As mudas, propagadas a partir de variedades introduzidas de Cingapura, foram infestadas com 6.000 larvas pré-parasitas/vaso e cultivadas em solo com fertilidade natural ou irrigado com a solução nutritiva de Hoagland.

Dez meses após a inoculação, as plantas responderam ao ataque de *M. incognita* com significativas reduções nos teores de P, K, Zn, Mn e Cu e conteúdo de clorofila, com acentuado acúmulo de Ca e Mg, e foram indiferentes à infestação quanto aos níveis de Fe nas folhas. A suscetibilidade do hospedeiro foi confirmada pela notável multiplicação do inóculo inicial, que variou de 18,6 a 23,2 vezes, e pelas restrições no crescimento. A debilidade das plantas foi manifestada também pela rápida senescência de folhas e, subseqüentemente, pela eliminação de grande número de folhas.

Os baixos teores de nutrientes nas folhas foram atribuídos ao menor volume de solo explorado pelo reduzido sistema radicular, à obstrução do tecido vascular devido à formação de galhas, distúrbios na fisiologia da planta e, em menor parte, ao uso de elementos minerais pelos nematóides. A

insuficiência de K e a menor eficiência de uso de água pelas pimenteiras infestadas em decorrência dos danos nas raízes são, provavelmente, fatores determinantes do acúmulo de Ca e Mg. A senescência de folhas, estado nutricional e alterações na fisiologia do hospedeiro são os fatores que poderiam promover a degradação da clorofila ou, indiretamente, interferir na biosíntese desse pigmento fotorreceptor. Por outro lado, a acentuada abscisão foliar pode ter sido uma resposta a um desequilíbrio no balanço de reguladores de crescimento ou à debilidade nutricional das plantas.

Os resultados obtidos deste trabalho permitiram assegurar que o nematóide das galhas, *M. incognita*, interfere na nutrição de pimenteiras-do-reino. O reduzido crescimento das plantas aos 10 meses de idade pode ser parcialmente devido à absorção e translocação de quantidades de nutrientes inferiores às exigências fisiológicas da planta e às reduzidas concentrações de clorofila. Ademais, as plantas debilitadas eliminaram parte de sua folhagem, presumivelmente, como um mecanismo para manter a integridade das folhas remanescentes e assim assegurar a sua própria sobrevivência.

NUTRIENT ABSORPTION AND TOTAL CHLOROPHYLL CONTENT
OF BLACK PEPPER VINES (*Piper nigrum* L.)
INFESTED WITH *Meloidogyne incognita*
(KOFOLD & WHITE, 1919) CHITWOOD, 1949

Edmir Celestino de Almeida Ferraz

- Author -

Prof. Dr. Luiz Gonzaga E. Lordello

- Adviser -

SUMMARY

Diseases and pests hinder the cultivation of black pepper in Bahia and, in this respect, the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, is considered responsible for predisposing plants to attack by *Fusarium solani* f. *piperis*, the causal agent of root rot, which causes widespread mortality of black pepper vines.

Reduction in growth and development of plants affected by nematodes may be attributed to a decrease in the absorption and translocation of water and nutrients, metabolic disturbances, imbalance of growth regulators and the synergistic action between nematodes and other pathogens.

As these factors may act simultaneously or, depending on the stage of infestation, individually some could be more important than others, the objectives of this work were to determine the effect of *M. incognita* on the absorption and translocation of P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn and Mn in black pepper plants and at the same time, to study its effect on the total chlorophyll content of the plants.

Seedlings propagated from cultivars originally introduced from Singapore were inoculated with 6,000 pre-parasitic larvae/pot and cultivated in soil with natural fertility or irrigated with Hoagland's nutrient solution.

Ten months after inoculation, the plants responded to attack by *M. incognita* by showing significant reduction in rates of P, K, Zn, Mn, Cu and chlorophyll content, with accumulation of Ca and Mg, but showed no differences as to Fe levels in the leaves. Host susceptibility was confirmed by a considerable multiplication of the initial inoculum, with increases between 18.6 to 23.2 times, and also by growth restrictions. The debilitation of plants was also manifested by early leaf fall and subsequent loss of a large number of leaves.

Low rates of nutrients in the leaves were attributed to poor soil utilization by the reduced root system, obstruction of the vascular system due to gall formation, disturbances in the plant physiology and, to a lesser extent, to the utilization of mineral elements by nematodes. Potassium deficiency and poor efficiency in water utilization by infested plants due to root

damage were, probably, the major factors for Ca and Mg accumulation. Leaf senescence, the nutritional stage, and host physiological alterations are factors that could induce chlorophyll degradation or, indirectly, interfere with chlorophyll biosynthesis. On the other hand, increased foliar abscission may be a response to an imbalance in growth regulators or to nutritional debility of plants.

The results obtained in this work show that the root-knot nematode, *M. incognita*, interferes with the nutrition of black pepper plants. Reduction of growth of 10 months old plants may be due to absorption and translocation of nutrients at lower rates than the physiological requirements of the plants and to reduced chlorophyll concentrations. Moreover, debilitated plants eliminated part of their foliage, presumably as a mechanism to save the remaining leaves and thus assure its survival.

1. INTRODUÇÃO

A pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.), uma planta arbustiva da família *Piperaceae*, é originária, presumivelmente, das costas de Malabar no sudoeste da Índia e foi introduzida na África, Ilhas do Pacífico e Américas do Sul e Central (ZEVEN, 1976).

Atualmente, os principais países produtores de pimenta-do-reino são o Brasil, Indonésia e Índia que detêm mais de 95% da produção mundial, e outras nações como Sri Lanka, Madagascar e Camboja que respondem pelo restante (BRASIL, 1981).

No Brasil, a sua introdução foi efetuada no século XVII, sendo a Bahia contemplada com as primeiras introduções de material botânico proveniente de Cingapura. Na Amazônia, o marco inicial do cultivo da pimenteira-do-reino foi nos

anos de 1933, no município de Tomé-Açu, Estado do Pará (ALBUQUERQUE e CONDURU, 1971).

A despeito das profundas mudanças que tem ocorrido com a estrutura produtiva da pimenteira-do-reino no Estado do Pará, haja vista o deslocamento das áreas de cultivo e a redução da vida útil das plantas, devidos ao ataque de *Fusarium solani* f. *piperis*, no Brasil a pimenteira-do-reino é cultivada predominantemente na Região Norte, que detêm 95% da produção nacional; o Pará constitui o principal centro produtor do País, com 25% da produção regional e área cultivada estimada em quase 20 mil hectares (HOMMA, 1981).

As condições edafo-climáticas favoráveis à implantação da pipericultura na Bahia, notadamente no município de Una e micro-região Camamu/Taperoá, permitiram sua rápida expansão. Todavia, a exemplo da região Amazônica, os problemas fitossanitários representam um dos grandes entraves à exploração racional da cultura, vistos os elevados índices de mortalidade de plantas em campo. Este problema é grandemente intensificado pois a maioria das plantações comerciais é originária de um único clone, tornando, assim, a cultura vulnerável a organismos patogênicos.

Ainda que várias pesquisas tenham sido realizadas na tentativa de solucionar os problemas fitossanitários, a morte de pimenteiras-do-reino é ainda bastante generalizada em campo e, nesse contexto, os nematóides fitopatogênicos têm sido considerados como elementos de predisposição ao agente etiológico da "podridão da raiz", o *F. solani* f. *piperis*,

a qual vem dizimando os pimentais no Brasil (ALBUQUERQUE e DUARTE, 1972; ICHINOHE, 1975; LOPES e LORDELLO, 1979; FERRAZ e SHARMA, 1979).

Uma extensa literatura sobre interação nematóides e fungos fitopatogênicos em outras culturas foi revista por POWELL (1963) e PITCHER (1965), e o complexo nematóide das galhas e *Fusarium* é uma das interações consideradas mais importantes (JOHNSON e LITTRELL, 1969).

Muitos gêneros de nematóides foram registrados em associação com a pimenteira-do-reino (SUNDARARAJU *et alii*, 1979). Contudo, vários autores salientam a importância de espécies de *Meloidogyne* Goeldi, 1887, como causa de declínio e fator limitante da produção (D'SOUZA *et alii*, 1970; VENKITESAN, 1972; SHARMA e LOOF, 1974; LORDELLO e SILVA, 1974; TING, 1975), e de *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949, pela sua notável influência no extermínio de mais de 22 milhões de plantas na Ilha de Bangka, Indonésia (CHRISTIE, 1957; THORNE, 1961).

O nematóide das galhas, *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White, 1919) Chitwood, 1949, é uma espécie extremamente polífaga e está associada com inúmeros hospedeiros em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Desde que esse organismo tem o hábito sedentário e, por isso, sua sobrevivência depende de células vivas, os seus efeitos no crescimento e produção das plantas cultivadas têm sido atribuídos à reduzida absorção e translocação de água e nutrientes, distúr

bios metabólicos, desequilíbrio no balanço de reguladores de crescimento e ação sinérgica com outros patógenos.

Como esses fatores podem agir conjuntamente ou, a depender do estágio de infestação, algum deles podem ter maior importância, este trabalho teve como objetivos determinar o efeito de *M. incognita* na absorção e translocação de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn em pimenteiras-do-reino aos 10 meses de idade e, paralelamente, a sua influência no conteúdo de clorofila total das plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Desde 1855, com o trabalho de Berkeley na Inglaterra, todos os nematóides causadores de galhas eram considerados como uma única espécie e, até que Chitwood em 1949 revalidasse o gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1887, esses organismos passaram por diferentes denominações (LORDELLO, 1964).

~~Tratavam-se~~ de espécies diferentes, mas todas foram referidas, a partir de 1932, sob a denominação única de *Heterodera marioni*. Desse modo, são discutíveis as informações existentes na literatura anterior a 1949, data da revisão do gênero, pois são desconhecidas as espécies investigadas. Nesse contexto é que LORDELLO (1964) afirmara que a "revisão publicada por Chitwood em 1949, marca uma nova época no estudo destes destrutivos organismos".

Assim, para a revisão deste trabalho, iniciou-se com o ano de 1949, para o registro das publicações sobre

a espécie *M. incognita*. Indubitavelmente, existem outras investigações pertinentes à espécie em estudo, mas com outras denominações, a exemplo daquela publicada por MAGISTAD e OLIVEIRA (1934), os quais fizeram referência a *H. marioni*.

2.1. EFEITO DE *Meloidogyne incognita* NO TEOR DE ELEMENTOS MINERAIS DAS PLANTAS

A relação entre infestação por nematóides e o estado nutricional das plantas hospedeiras tem sido mostrada por vários investigadores; todavia existe muita controvérsia a respeito das mudanças que ocorrem nas plantas sadias em seguida à infestação. Certamente, a concentração de certos minerais pode aumentar ou diminuir nas plantas, dependendo provavelmente da combinação particular nematóide/planta hospedeira, da severidade e duração da infestação (DAVIDE e TRIANTAPHYLLOU, 1967), além de outros fatores biológicos, como idade do hospedeiro (OTEIFA e ELGINDI, 1962).

Grande parte desses trabalhos tem sido relacionada com várias espécies de nematóides das galhas mas, representantes de outras espécies, como *Tylenchulus semipenetrans* (VAN GUNDY e MARTIN, 1961), *Criconemoides curvatum*, *Scutellonema brachyurum* e *Trichodorus christiei* (JENKINS e MALEK, 1966), *Pratylenchus penetrans* (SHAFIEE e JENKINS, 1963), *Trichodorus porosus*, *Tylenchorhynchus claytoni* e *Pratylenchus zeae*

(CHÉVRESS-ROMAN *et alii*, 1971) têm sido também alvo da investigação científica, no que concerne aos seus efeitos na composição química da planta.

Um dos primeiros trabalhos realizados com a espécie *Meloidogyne incognita* foi aquele desenvolvido por CHITWOOD *et alii* (1951, 1952). Ele e seus colaboradores observaram a reação de diferentes variedades de pessegueiros à infestação de *M. incognita* e de *M. javanica*. As variedades responderam diferentemente aos níveis de inóculo e às espécies mas, de um modo geral, a redução no peso da raiz nas variedades suscetíveis Lovell e Yunnan estava associada a decréscimo no conteúdo de Mg nas folhas. A observação mais evidente no trabalho foi o aumento na concentração de K em todas as variedades do ensaio, quando infestadas por ambos os nematóides. Além disso, foi encontrado que as variedades Red Shadow e Yunnan aumentaram os teores de Ca e foram as menos resistentes a *M. javanica*.

Da mesma forma que a condição nutricional da planta é usualmente influenciada pela presença de nematóides fitopatogênicos, há também indicações de que a taxa de desenvolvimento e, provavelmente, a razão sexual de várias espécies são influenciadas pelo estado nutricional da planta hospedeira. Nesse sentido, OTEIFA (1951, 1952, 1953, 1955) fez uma série de investigações sobre a influência da nutrição do N e do K no desenvolvimento de *M. incognita* e, paralelamente, o efeito desse patógeno no conteúdo mineral da planta hospedei-

ra. Dos resultados obtidos por OTEIFA, foi concluído que os danos do nematóide das galhas estão correlacionados com a quantidade de K disponível na planta e, tal correlação, sugere que o patógeno interfere de alguma forma, na nutrição do K na planta e que os seus danos podem ser reduzidos pelo aumento do suprimento desse nutriente. A taxa de reprodução do nematóide e o número de fêmeas adultas aumentaram com a elevação do suprimento de K e isso se deveu, em parte, ao uso desse elemento pelos nematóides em sua nutrição e produção de ovos. Por outro lado, ficou demonstrado que *M. incognita* interferiu na taxa de absorção do N, P, K, Ca e Mg, conforme demonstrado pelas análises dos tecidos de *Phaseolus lunatus*, onde ocorreram menores teores desses minerais.

Uma pesquisa para determinar a relação nutricional entre o nematóide das galhas e tomateiros foi efetuada por DROPKIN e KING (1956). Usando o ^{32}P em uma solução nutritiva fornecida às plantas e medindo o seu acúmulo no corpo do nematóide, na parte aérea das plantas, em raízes com galhas e raízes não infestadas, esses autores concluíram que:

- I. A condição enferma da planta não era devida ao uso, pelos nematóides, dos elementos vitais da planta;
- II. Numa mesma planta, as raízes com galhas absorveram

o P mais lentamente que as sadias;

III. O conteúdo do P no corpo dos nematóides foi regularmente constante em todo o estágio de desenvolvimento e também foi desprezível em relação ao conteúdo total de P nas plantas; e

IV. Menor quantidade de P foi translocada das raízes com galhas para a parte aérea das plantas.

HUNTER (1958), determinando a influência de *M. incognita acrita* sobre a absorção e translocação de nutrientes em plantas de tomate, mostrou que embora o peso seco total das plantas infestadas fosse reduzido e o aspecto clorótico das folhas indicasse má nutrição dos tomateiros, não houve evidências da interferência do nematóide na absorção e translocação do N, P, K, Ca, Mg, Fe e Cu. A taxa de absorção de P foi reduzida, conforme indicado pelo ^{32}P , embora nas plantas infestadas o conteúdo total fosse maior. Por outro lado, onde foram observadas diferenças significativas no conteúdo de nutrientes, as plantas enfermas é que exibiram os teores mais altos. Todavia, como concluiu HUNTER, a duração relativamente curta do experimento comparada com o ciclo completo de crescimento das plantas de tomate, não permitiu obter conclusões mais precisas, embora ele admita que, em condições de campo, a exploração de pouco volume de solo por um sistema radicular danificado possa resultar em deficiência mineral da planta.

Plantas de pepino parasitadas pelo nematóide das galhas apresentaram, no período vegetativo, limitações na absorção do ^{32}P e na transferência desse elemento para as regiões em crescimento; essa condição limitante foi corrigida parcialmente quando se aumentou a quantidade de K no solo ao passo que com o aumento de N e P no solo, a situação ficou inalterada (PETERBURGSKI e BODROVA, 1958).

MAUNG e JENKINS (1959) realizaram quatro diferentes experimentos com tomateiros (*Lycopersicon esculentum*) var. Chesapeake, inoculados com dois níveis de população de *M. incognita* e de *Trichodorus christiei*. Os resultados obtidos 60 dias após a inoculação de *M. incognita* revelaram que, ao nível mais baixo de inóculo as plantas apresentaram redução no crescimento da parte aérea, embora não ocorresse uma redução significativa no peso seco das raízes. Observou-se uma maior concentração de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea e, com exceção de Ca e Mg, foi verificada uma tendência não significativa de acúmulo de todos os outros minerais nas raízes. Todavia, quando o nível de infestação foi o mais alto, a parte aérea das plantas apresentou menor concentração de N, P, K, Na, Ca e Mg, enquanto, nas raízes, acumularam-se significativamente N, P e K. Os pesos secos da parte aérea e raízes foram reduzidos. Como conclusão, os autores afirmaram que plantas de tomate altamente infestadas com *M. incognita* acumulam grande quantidade de N, P e K nas raízes.

O acúmulo de ^{32}P em raízes de tomateiro infes-

tadas com *M. incognita* pode ser aumentado com a duração da infestação, conforme demonstrado por OTEIFA e ELGINDI (1962). Esses autores também observaram que plantas com 30, 60 e 90 dias de idade apresentaram quantidades significativamente menores de P na parte aérea, comparadas com as testemunhas. Essas observações indicaram que o P nas plantas enfermas acumula-se nas raízes e limitadas quantidades são transferidas para outras partes vegetativas, resultando em sintomas de deficiência.

Essa característica de acúmulo de minerais em raízes de plantas infestadas por nematóides foi confirmada, também, por SHAFIEE e JENKINS (1963), os quais registraram maior quantidade de N, P, K e Na nas raízes de *Capsicum frutescens*, infestadas com 1.000 larvas/planta de *M. incognita acrita*. Os efeitos dos nematóides sobre as plantas foram paralização do crescimento, clorose foliar, alteração no tamanho e número reduzido das folhas, muito embora, na parte aérea, não tivessem sido obtidas diferenças nas concentrações minerais das plantas infestadas e testemunhas.

FRITZSCHE *et alii* (1964) estudando as mudanças bioquímicas que ocorrem em folhas de tomateiro em decorrência dos danos causados por *Meloidogyne* sp., verificaram que o N insolúvel e os açúcares redutores aumentavam nas primeiras semanas após a infestação, quando as raízes ainda não mostravam danos aparentes. Com o desenvolvimento das galhas, subseqüentemente, tanto o N quanto os açúcares foram reduzidos nas fo-

lhas a níveis inferiores às testemunhas.

O excesso de determinados nutrientes em raízes infestadas com os nematóides das galhas tem sido freqüentemente observado, como já referido anteriormente; entretanto, até o trabalho desenvolvido por BERGESON (1966) permanecia a dúvida de que o excesso fosse devido a um bloqueio mecânico do sistema vascular ou às mudanças metabólicas induzidas pelo parasito. Com esse propósito, BERGESON inoculou plantas de tomate com massa de ovos ou larvas de *M. incognita* e, ao final de 5, 6 e 8 semanas, colheu as plantas para a determinação de N, P, K, Ca e Mg nas folhas e raízes. Os aumentos de 56% de N e 85% de K verificados em raízes infestadas que não haviam recebido fertilização, indicaram que esses elementos são mobilizados para o local de infestação; segundo o autor, esse mecanismo de mobilização de minerais, provavelmente, é mais importante que o bloqueio mecânico do sistema vascular para explicar o excesso de minerais em raízes com galhas. Concluiu, também, que os níveis de nutrientes nas folhas não refletiram as mudanças que ocorreram na raiz parasitada.

OWENS e SPECHT (1966) registraram aumentos de N, P, K e Fe nas galhas produzidas por *M. incognita* em tomateiro, enquanto o Na e o S diminuíram. O Ca e Mg foram equivalentes nos tecidos sadios e atacados.

JENKINS e MALEK (1966) estudaram a influência de *M. hapla*, *Crictonemoides curvatum*, *Scutellonema brachyurum* e *Trichodorus christiei* sobre *Vicia villosa* Roth. Dentre as es

pécies consideradas, *M. hapla* foi a que causou a mais profunda mudança em termos de acúmulo de nutrientes nas raízes. P, Ca e Na tiveram suas concentrações reduzidas nas raízes ($p = 0,05$), enquanto foi registrado aumento nos teores de N e o K atingiu até 100% a mais. Na parte aérea das plantas houve uma tendência quase generalizada para redução do P, K e Ca sendo que o N foi o elemento menos afetado, não ocorrendo nenhuma variação no seu conteúdo. Segundo os autores, os nematóides alteraram o mecanismo de absorção, translocação e acúmulo de elementos minerais da planta e houve evidência de que as plantas responderam diferentemente de acordo com a espécie de nematóide envolvida e o período de infestação.

Em relação a essas alterações no processo nutricional das plantas, decorrentes da infestação por nematóides fitoparasitos, DAVIDE e TRIANTAPHYLLOU (1967) afirmaram que o mecanismo não é bem entendido, embora eles admitam que a interação bioquímica entre o hospedeiro e substâncias orgânicas liberadas pelo nematóide, durante a sua alimentação, possa indiretamente afetar a taxa de absorção de minerais. Em suas pesquisas, foi verificado que tomateiros infestados com *M. incognita* exibiam maior concentração de N, Ca e Mg em suas raízes, a despeito do seu cultivo em solução nutritiva completa ou a diferentes níveis de deficiência de nutrientes. A concentração dos minerais na parte aérea foi bastante variável, conforme o tratamento.

Mudanças no conteúdo mineral de plantas de pe-

pino infestadas por *Meloidogyne* sp. foram observadas por TURLYGINA (1967), o qual não encontrou nenhuma alteração nos teores dos íons metálicos na planta. No entanto, o P aumentou nas raízes e reduziu nas folhas, o S aumentou em ambas, raízes e folhas, e o N foi encontrado sempre em maiores quantidades. O autor sugere que essas diferenças observadas entre íons metálicos e não metálicos se devem ao fato de que os primeiros são os menos móveis na planta, ocorrem em pequenas concentrações e, por isso, são menos sujeitos a alterações.

Um dos aspectos a serem considerados nas avaliações dos efeitos dos nematóides fitopatogênicos sobre as plantas cultivadas, no que diz respeito a composição mineral, é conhecer quais os níveis dos diferentes elementos minerais que podem ser traduzidos em deficiência nutricional e, conseqüentemente, representem prejuízos no crescimento, desenvolvimento e produção das plantas. E nesse particular, embora BERGESON (1968) tenha encontrado em suas investigações que tomates infestados com *M. incognita* mostravam uma redução nos níveis de NPK nas folhas e, paralelamente, ocorria um aumento na concentração de P, K, Ca e Mg nas raízes das plantas, o autor admite que essas reduções estariam dentro dos limites necessários para um crescimento normal das plantas. Por outro lado, a ocorrência de baixas concentrações de P nas folhas e, normalmente, o aumento significativo da sua concentração nas raízes, é uma evidência da má translocação desse nutriente. Desde que a observada redução no crescimento das plantas não

poderia estar associada com a insuficiência de água, minerais ou teor de clorofila, BERGESON sugeriu que deveria ser considerada a possibilidade de um desequilíbrio no balanço de reguladores de crescimento. Todavia, como admite o próprio autor, a interpretação dos seus resultados não significa que plantas infestadas no campo não sofram deficiência de água e nutrientes, quando elas apresentam uma menor área de superfície de raízes e seja escasso o suprimento de água e nutrientes.

Outras espécies do gênero *Meloidogyne*, a exemplo de *M. javanica* e *M. arenaria*, podem também gerar uma desordem no mecanismo de nutrição das plantas. Como demonstrado por DASGUPTA e DEB (1969) a inoculação de tomateiros com esses patógenos produziu uma significativa redução no peso seco das plantas, assim como afetou a absorção de N, P, K, Cu e Mn. Por outro lado, foi observado um acúmulo de N e P nas raízes infestadas.

Esse aumento nos teores de P foi confirmado, também, por ISHIBASHI e SHIMIZU (1970), quando, através de análises de tecidos de tomateiros por combustão úmida e autoradiografia, demonstraram que raízes atacadas por *M. incognita* apresentaram uma marcante acumulação de ^{32}P . Os dados sugeriram que o aumento na atividade metabólica, como demonstrado pelo acúmulo de P, pode concentrar elementos vitais exigidos pelas regiões em crescimento.

Os nematóides fitoparasitos podem interagir com a temperatura do solo para promover respostas diferenciais no

crescimento e composição mineral de plantas de feijão resistentes e suscetíveis, como registraram IRIZARRY *et alii* (1971). Os autores mostraram que, independentemente da variedade estudada, os nematóides interagiram com a temperatura para produzir significativas variações no conteúdo de N, P e K da planta. O Mg foi significativamente aumentado na parte aérea das plantas inoculadas, à uma temperatura variável de 25 a 35°C; nas raízes ele foi sempre reduzido em todas as temperaturas. O teor de Ca nas raízes inoculadas não foi afetado embora, na parte aérea, os nematóides promovessem uma significativa redução na variedade resistente e o aumentasse na variedade suscetível, à uma temperatura de 25°C. Os seus resultados permitiram-lhes também concluir que somente o K parece estar associado com o aumento na suscetibilidade de variedades resistentes de feijoeiro, com o aumento na temperatura do solo de 25° para 30°C. Esta assertiva, segundo eles, está calcada no fato de que ocorreu sempre acréscimo de K na parte aérea das plantas inoculadas, excetuando-se nas variedades resistentes onde esse mineral foi significativamente reduzido à uma temperatura do solo de 30°C. Nas raízes, a concentração do K foi sempre baixa em todas as variedades testadas.

Plantas de quiabo podem também estar sujeitas a variações, em decorrência da infestação por *M. incognita*. Experimentos desenvolvidos por HAQUE *et alii* (1972) revelaram que 1.000 larvas/planta foram suficientes para promover, 45 dias após a inoculação, um aumento no conteúdo de NPK das raí

zes e um decréscimo correspondente na parte aérea das plantas, a despeito do suprimento de diferentes níveis desses nutrientes. Os sintomas de deficiência nutricional foram então, atribuídos à má translocação de água e nutrientes e ao resultado do acúmulo de elementos minerais nas raízes.

No trabalho desenvolvido por WIDDOWSON *et alii* (1973) ficou caracterizada a importância de *Heterodera trifolli* e *M. hapla* no processo de nutrição do trevo branco (*Trifolium repens*). As plantas infestadas exigiram cinco vezes mais quantidades de P para corresponder a uma produção com parável àquela obtida nos solos livres dos nematóides.

O cafeeiro (*Coffea arabica*), variedade Mundo Novo 376/4 - IAC com 150 a 180 dias de idade, não mostrou nenhuma variação no seu crescimento quando inoculado com *M. exigua*, embora a absorção de Zn e B fosse severamente restringida nas plantas cultivadas em solo arenoso, mesmo com o fornecimento de fertilizantes. Nos solos argilosos, somente a absorção de Zn foi afetada (MACEDO *et alii*, 1974).

O efeito de *M. incognita* e de *M. javanica* sobre o conteúdo de B nas folhas das plantas foi também, posteriormente, confirmado por ARCIA *et alii* (1976), quando verificaram que esses nematóides afetam a translocação do B em plantas de fumo e reduzem, em até 28%, a sua quantidade nas folhas. Neste caso contudo, somente *M. incognita* afetou significativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas.

SINGH *et alii* (1977) determinaram a influência

de diferentes níveis de inóculo de *M. incognita* na ausência e na presença da bactéria *Rhizobium phaseoli* em plantas de *Phaseolus aureus*. As plantas inoculadas com as bactérias mostraram aumentos significativos no conteúdo de clorofila, nodulação, número de galhas por planta, conteúdos de N e proteínas. Todavia, com o aumento do nível de inóculo dos nematóides houve uma redução no conteúdo de todos esses parâmetros, independente da presença ou não dessas bactérias nitrificadoras. O decréscimo na clorofila foi atribuído à alteração na fisiologia e nutrição do hospedeiro e na nodulação, provavelmente, ao papel competitivo ou antagônico dos nematóides.

As pesquisas de MAAZE (1979) revelaram que *M. incognita* não influenciou no crescimento de tomateiros, 45 dias após a inoculação de 18.000 ovos/planta. Além do mais, os efeitos dos nematóides na concentração dos minerais foi muito variável de acordo a parte da planta analisada e com o regime nutricional estabelecido. O K por exemplo, ocorreu em alta concentração nas folhas novas deficientes em N, Ca e micronutrientes e foi, por outro lado, reduzido quando as plantas eram deficientes em Mg e P.

Como já mencionado, a combinação particular nematóide/planta hospedeira é um dos fatores que determina as respostas das plantas à infestação e, nesse aspecto, *Ricinus communis* respondeu diferentemente quando exposta a diversos níveis populacionais de *M. incognita* ou de *Rotylenchulus reniformis*, como demonstraram ISMAIL e SAXENA (1980). Plantas inocu-

ladas com *M. incognita* não tiveram prejuízos no seu crescimento e não ocorreram variações nos teores de P e K das raízes ou parte aérea, a despeito do suprimento de níveis de K. Já *R. reniformis* prejudicou a capacidade de absorção e translocação do N, P e do K.

Raízes de amendoeira que abrigam altas infestações de *M. incognita* e de *M. javanica* podem acumular grandes quantidades de N, K, Ca, Mn e Cu (NASR *et alii*, 1980). Nas folhas, esses mesmos minerais, à exceção do N, foram também encontrados em maior concentração, a exemplo do P. O Zn e o N não foram afetados na planta e o Fe foi detectado em baixas concentrações, tanto nas raízes como nas folhas. NASR e seus colaboradores determinaram ainda que plantas de pessegueiro são resistentes às duas espécies de nematóides e não foi registrada nenhuma diferença na composição mineral das raízes e folhas dessas plantas.

MENDES *et alii* (1980) verificando o efeito de *M. incognita* sobre raízes de tomateiro, determinaram uma maior concentração de N e P nas plantas infestadas.

2.2. EFEITO DE *Meloidogyne incognita* NO CONTEÚDO DE CLOROFILA TOTAL DAS PLANTAS

Pouco é conhecido sobre a interferência dos nematóides fitoparasitos no processo de biossíntese da clorofi-

lã e a sua degradação em plantas enfermas. É provável que esses organismos possam afetar, indiretamente, o teor desses pigmentos fotorreceptores, em decorrência das profundas alterações que ocorrem no mecanismo bioquímico e fisiológico de uma planta infestada.

Na literatura, são escassas as informações pertinentes ao assunto mas, desde o trabalho de BERGESON (1968), foi registrado que plantas de tomate infestadas com *Meloidogyne incognita* não apresentavam nenhuma alteração no teor de clorofila das folhas, aos 42 dias após a infestação, embora as plantas tivessem sido restringidas no seu crescimento.

Posteriormente, GLOVATSKAYA (1971) registrou reduções no conteúdo de clorofila de folhas de beterraba açucareira infestada com *Heterodera schachtii*. As taxas médias de clorofila a/b nas plantas sadias e infestadas foram de 2,1 e 1,4, respectivamente, e a produtividade fotossintética foi a metade da normal. Em consequência, as plantas infestadas tiveram um peso seco 7 vezes menor que as sadias.

Plantas de *Phaseolus aureus* inoculadas ou não com a bactéria nitrofixadora *Rhizobium phaseoli* tiveram também reduzidos os teores de clorofila total quando infestadas por *M. incognita* (SINGH *et alii*, 1977).

Esses resultados foram ultimamente confirmados por FERRAZ e ORCHARD (1979), quando eles determinaram que plantas de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) infestadas por *M. incognita*, foram severamente prejudicadas no seu crescimento

e o conteúdo de clorofila nas folhas foi significativamente reduzido. Esses investigadores sugeriram que o nematóide poderia estar interferindo, indiretamente, na biossíntese da clorofila e isso resultaria em alterações no metabolismo energético das plantas infestadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. PREPARO DO SOLO

Procurando-se simular o máximo possível as condições de campo, efetuou-se a coleta do solo em pimentais já estabelecidos, onde se verificava a ocorrência de alta mortalidade de plantas. Partiu-se do princípio de que as propriedades físico-químicas do solo, a planta hospedeira e outros fatores, formavam o habitat natural da espécie de nematóide em estudo e, por isso determinavam a alta densidade populacional encontrada em campo.

O solo obtido da Faz. Refúgio da Onça, município de Ituberá, Bahia, foi analisado pela Divisão de Geociências do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Ilhéus, Bahia, para a sua caracterização físico-química e cujo resultado se

encontra no Quadro I do apêndice; em seguida, foi peneirado, usando-se tela de 5 mm para a remoção de materiais grossos, a exemplo de raízes e britas. Após essa operação, procedeu-se à sua desinfestação com o Dazomet 5G (3,5-dimetil-tetrahydro-1, 3,5-2 H-tiodiazin-2-tiono) na dosagem de 60 g/m²; esta tarefa consistiu do espalhamento do solo peneirado em canteiros de 0,20 m de altura, comprimento e largura variáveis, aplicação do fumigante anteriormente citado e cobertura com uma lona plástica, tendo-se o cuidado de tornar o ambiente interno com pletamente isolado do meio externo, durante um período de 24 horas, aumentando assim a eficiência da ação esterilizante do Dazomet. Após esse período, o solo foi deixado em repouso durante os 28 dias que antecederam o plantio das estacas de pimenteira-do-reino.

3.2. PREPARO DAS PLANTAS

As mudas da pimenteira-do-reino foram obtidas por propagação vegetativa de plantas cultivadas na micro-região Camamu/Taperoá, Estado da Bahia, cujo material botânico predominante proveio de variedades introduzidas de Cingapura.

Inicialmente, as estacas foram submetidas a um tratamento fungicida por imersão, durante 24 horas, em solução de Benomyl a 0,1% [metil-1-(butilcarbomoil)-2-benzidimidazol-carbamato]; para a brotação, elas foram plantadas em recipientes de madeira (0,22 m x 0,45 m x 0,96 m), contendo o so-

lo previamente desinfestado.

Setenta e cinco dias após o plantio, quando as estacas apresentavam as primeiras 2 a 4 folhas e exibiam enraizamento, foi realizada uma homogeneização do material botânico experimental, com base no número e tamanho das folhas e o peso e diâmetro da planta. Com esse procedimento, as plantas selecionadas foram então transplantadas para vasos plásticos contendo 6 kg de solo desinfestado e, decorridos 20 dias, quando se observou a viabilidade do transplante das mudas, foi efetuada uma outra homogeneização do material experimental e, assim, as plantas se encontravam aptas para receber a inoculação das larvas do nematóide.

3.3. FONTE E MULTIPLICAÇÃO DO INÓCULO

O nematóide *Meloidogyne incognita*, utilizado nesse trabalho, foi isolado de plantações estabelecidas de pimenteira-do-reino, através da coleta de solo e raízes de plantas infestadas, no município de Ituberá-BA.

Do solo, foram extraídas as larvas migrantes pelo método descrito por OOSTENBRINK (1960), cuja técnica se baseia na separação mecânica dos indivíduos das partículas do solo, por flotação, empregando-se água em abundância; o isolamento, propriamente dito, foi feito através de filtros de náilon e algodão. Vinte e quatro horas após, obtiveram-se os nematóides em suspensão de água e, uma vez reconhecidos por ca-

racteres larvais peculiares da espécie, procedeu-se à sua multiplicação em plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), um hospedeiro favorável. A confirmação da identidade específica foi obtida tão logo as fêmeas se tornaram adultas, examinando-se as configurações perineais, mediante os critérios e metodologia propostos por CHITWOOD (1949), LORDELO (1964), PONTE (1977) e TAYLOR e SASSER (1980), para reconhecimento das espécies.

Das raízes coletadas em campo, eram obtidos os diferentes estágios larvais e as fêmeas adultas, por dissecação manual dos tecidos vegetais; as fêmeas foram identificadas de acordo com os critérios dos autores anteriormente referidos e separadas as suas ootecas. As larvas nascidas após a incubação dos ovos à temperatura ambiente foram também inoculadas em tomateiros, para multiplicação.

3.4. PREPARO DO INÓCULO

O reisolamento de *M. incognita* dos tomateiros foi efetuado aos 30-40 dias da sua inoculação, quando foram coletadas as ootecas presentes nas raízes. Confirmada a identidade específica das fêmeas adultas, as massas de ovos foram colocadas em placas de Petri, contendo água destilada, para o nascimento das larvas do 2º estágio em temperatura ambiente. Em seguida, os nematóides foram superficialmente desinfesta-

dos com bicloreto de mercúrio 1:1000, durante 2 minutos e lavados subsequente^{mente} com água destilada esterilizada, de acordo com o método empregado por CAMPELO e GALLI (1980).

O nível de inóculo das mudas das pimenteiras consistiu de 6.000 nematóides/vaso de 6 kg de solo. O critério para estabelecimento desse nível de infestação foi baseado em trabalhos realizados por FERRAZ e SHARMA (1979), que determinaram essa densidade populacional como suficiente para produzir alterações no crescimento e desenvolvimento da pimenteira-do-reino. Além disso, é usual encontrar-se esse nível populacional em condições de campo.

Para a inoculação dos nematóides, foram preparadas alíquotas de 5 ml de água destilada contendo o número já conhecido de larvas do 2º estágio e, após escarificação do solo, os nematóides foram depositados, em suspensão, na rizosfera das plantas.

3.5. ESQUEMA EXPERIMENTAL

O estudo foi desenvolvido em condições de casa-de-vegetação, nas dependências da Divisão de Zoologia do CEPEC. Os nematóides foram inoculados em pimenteiras cultivadas em solo com fertilidade natural e, também, em plantas cultivadas no mesmo solo sendo, no entanto, submetido à irrigação com a solução nutritiva de HOAGLAND e ARNON (1950). Esta medida vi-

sou eliminar os efeitos de uma provável deficiência mineral no solo que pudesse, portanto, mascarar a ação isolada dos nemat_oides no estado nutricional das plantas. Como não eram conhecidas as exigências nutricionais da pimenteira-do-reino, nas condições desse estudo e idade das plantas experimentadas, elegeu-se a solução nutritiva de Hoagland como fonte de suprimento de elementos minerais, a despeito da disponibilidade dos minerais no solo.

Assim sendo, o experimento constou de um fatorial 2x2, sendo o delineamento inteiramente casualizado; para cada tratamento houve 6 repetições e 1 planta representou a unidade experimental. Os tratamentos foram os seguintes:

- . A - Solo com fertilidade natural/sem nemat_oides ($F_0 N_0$)
- . B - F_0 + nemat_oides ($F_0 N_1$)
- . C - Solo com fertilização/sem nemat_oides ($F_1 N_0$)
- . D - F_1 + nemat_oides ($F_1 N_1$)

Como os efeitos do nemat_oide das galhas sobre pimenteira-do-reino são mais evidentes a partir de oito meses após a infestação (FERRAZ e SHARMA, 1979), neste trabalho então, as folhas das plantas foram destacadas para determinação dos teores de nutrientes e clorofila total, 10 meses após a inoculação de *M. incognita* (14.9.78 a 14.7.79). As metodologias são descritas subseqüentemente. Os valores encontrados foram comparados com as medidas de crescimento da planta (área foliar e pesos secos da raiz e parte aérea) e população final dos nemat_oides no solo, estimada pelo método de OOSTENBRINK (1960). Diariamente as plantas eram irrigadas com 100

ml de água destilada por vaso até aos 3 meses de idade e, a partir desta idade, os vasos eram supridos com 150 ml.

3.6. ANÁLISES DE ELEMENTOS MINERAIS NAS FOLHAS

As determinações dos elementos minerais nos tecidos foliares foram efetuados pela Divisão de Geociências do CEPEC e a metodologia de análise foi calcada no trabalho de SANTANA *et alii* (1977).

As folhas foram destacadas das plantas, lavadas em água e com uma solução detergente a 0,1% e enxaguadas 3 vezes consecutivas com água destilada. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e introduzidas em estufa à 65°C, com circulação de ar, durante 48 h, para desidratação dos tecidos foliares. Uma vez moídas, as amostras foram digeridas em solução nitro-perclórica (5ml de HNO_3 :1 ml HClO_4) para determinação de P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu.

O processo de digestão consistiu da pesagem de 0,200 g de amostra de folhas, devidamente moídas, e adição de 5 ml da solução digestora em um erlenmeyer de 125 ml; submeteu-se a aquecimento brando até completo desaparecimento dos vapores nitrosos. O digerido foi então transferido para balão de 50 ml contendo água quente (80 a 90°C) e submetido, subsequentemente, a resfriamento e filtragem.

Do filtrado foram tomadas alíquotas de 0,5 ml, adicionados 10 ml de uma solução de lantânio a 0,1%, para de-

terminação dos teores de Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe, por espectrofotometria de absorção atômica. O K foi determinado por fotometria de chama. Os teores de P foram quantificados por colorimetria pelo método do azul de molibdato. Para isso, foram tomadas alíquotas de 5 ml em balão de 50 ml e adicionados 5 ml da solução sulfomolibdica concentrada (1 g subcarbonato de bismuto, água, 138 ml de H_2SO_4). Esta solução foi misturada a uma outra constituída de 20 g de molibdato de amônio dissolvidas em água e completada para 1 litro. Em seguida acrescentaram-se 2 ml da solução de ácido ascórbico a 2%, completou-se o volume e, 30 minutos após, foi efetuada a leitura em espectrofotômetro "Spectronic 88", comprimento de onda 725 nm.

3.7. ANÁLISES DE CLOROFILA TOTAL NAS FOLHAS

As determinações de clorofila total nas folhas foram efetuadas na Divisão de Botânica do CEPEC. Foram colhidas 2 a 3 g de tecidos frescos e triturados, por 2 minutos, em um homogeneizador tipo Virtis; logo após, filtrou-se o extrato em papel de filtro Whatman nº 1, antes lavado 2 vezes em 25 ml de etanol. O filtrado foi ajustado para 100 ml com etanol 95% e guardado no escuro à uma temperatura de 0°C. As leituras no espectrofotômetro foram efetuadas nos comprimentos de onda de 645, 652 e 663 nm; os cálculos do teor de clorofila total basearam-se nas fórmulas utilizadas por ARNON (1949) e foram expressos em mg/g de peso fresco.

3.8. SENESCÊNCIA DE FOLHAS

Embora não tivesse sido planejado o registro do número de folhas caídas das plantas foi observado, no decorrer da execução do estudo, que as pimenteiras-do-reino eliminavam certo número delas com uma resposta à infestação dos nematóides. Neste caso, para quantificar a acentuada abscisão foliar, registrou-se o número de folhas caídas somente a partir de oito meses de idade das plantas.

3.9. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS RESULTADOS

Os valores obtidos do peso seco da planta (raiz e parte aérea), área foliar, conteúdo de clorofila total, teores de nutrientes nas folhas e abscisão foliar, foram submetiidos a uma análise de variância em esquema fatorial 2x2 e deliineamento inteiramente casualizado, conforme seguinte esquema:

C.V.	G.L.
Tratamentos	(3)
. Nematóides (N)	1
. Fertilização (F)	1
. Interação N x F	1
Resíduo	n - 4
TOTAL	n - 1

Dentre as variáveis estudadas, aquelas que mostraram interação significativa entre os fatores nematóides (N) e fertilização (F), demonstrando assim que o comportamento de um fator depende da presença ou ausência do outro, foi efetuado o desdobramento das somas de quadrados da interação para estudar os casos:

I. Efeito do fertilizante sob a ação dos nematóides
(F + F x N), e

II. Ação dos nematóides sob o efeito do fertilizante
(N + F x N).

O esquema que segue ilustra os desdobramentos efetuados, sendo que os números 0 (zero) e 1 (um) representam "ausência" e "presença", respectivamente, do fator considerado.

C.V.	G.L.
F + (F x N)	(2)
F/N ₀	1
F/N ₁	1
N + (F x N)	(2)
N/F ₀	1
N/F ₁	1

As provas de significância foram efetuadas empregando-se apenas o teste F, desde que existia 1 (um) grau de liberdade por desdobramento, sendo consideradas as médias das interações N_0F_0 , N_0F_1 , N_1F_0 e N_1F_1 , como esquematizado a seguir:

	F_0	F_1	
N_0	$\bar{U}_{N_0 F_0}$	$\bar{U}_{N_0 F_1}$	
N_1	$\bar{U}_{N_1 F_0}$	$\bar{U}_{N_1 F_1}$	

As demais variáveis estudadas, onde não foi constatada interação entre nematôides e fertilização, foi utilizado também o teste F para comparação das médias marginais dos tratamentos N_0 , N_1 , F_0 e F_1 , como demonstrado a seguir:

	F_0	F_1	
N_0			$\bar{U}_{N_0}$
N_1			$\bar{U}_{N_1}$
	$\bar{U}_{F_0}$	$\bar{U}_{F_1}$	

4. RESULTADOS

4.1. MULTIPLICAÇÃO DOS NEMATÓIDES

Os resultados finais obtidos confirmaram a grande suscetibilidade da pimenteira-do-reino a *Meloidogyne incognita*, tendo em vista a notável multiplicação da população no hospedeiro, conforme os valores do fator de multiplicação (Fm), que variaram de 18,6 a 23,2 vezes (Quadro 1).

Quadro 1 - Multiplicação de *Meloidogyne incognita* na rizosfera de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.), 10 meses após a inoculação.

Tratamentos	Número de larvas/6 kg de solo		Fator de multiplicação (Fm) Pf/Pi
	População inicial (Pi)	População final (Pf)	
A - F ₀ N ₀	-	-	
B - F ₀ N ₁	6.000	139.300	23,2
C - F ₁ N ₀	-	-	
D - F ₁ N ₁	6.000	111.680	18,6

4.2. CRESCIMENTO DAS PLANTAS

Nas condições desse estudo, não foi encontrada interação significativa entre nematóides e fertilização quanto aos parâmetros de crescimento: pesos secos da raiz e da parte aérea e área foliar das plantas. Portanto, a ação de *M. incognita* sobre o crescimento da pimenteira-do-reino não foi influenciada pela fertilização com a solução nutritiva de Hoagland.

Os dados obtidos (Quadro 2) revelaram que o nematóide das galhas é patogênico à pimenteira-do-reino, pois as plantas infestadas tiveram reduções altamente significativas ($p = 0,01$) no

seu crescimento, quando comparadas com as testemunhas. No apêndice, as Figuras 1 e 2 ilustram o tamanho das plantas infestadas e os danos ao sistema radicular, respectivamente, comparadas com as testemunhas.

Além disso, pode-se assegurar que as plantas não responderam à fertilização, tendo em vista que não houve diferenças no crescimento das plantas cultivadas em solo com fertilidade natural ou em solo fertilizado.

Quadro 2 - Efeito de *Meloidogyne incognita* e fertilização no crescimento de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.), 10 meses após a inoculação.

Tratamentos	Peso seco (g)		Área foliar (cm²)	
	Raiz	Parte aérea		
Nematóides (N)	N ₀	8,58	49,34	1.876,66
	N ₁	5,19	28,12	991,28
Valor F	14,75** ¹	37,23**	18,61**	
Fertilização (F)	F ₀	7,34	39,27	1.490,65
	F ₁	6,57	39,30	1.422,40
Valor F	N.S. ²	N.S.	N.S.	
C.V. %	13,55	5,40	4,62	

¹ = significativo a 1% de probabilidade.

² = não significativo.

4.3. SENESCÊNCIA DE FOLHAS

Foi observado que as folhas das plantas infestadas exibiam, inicialmente, uma expressiva sintomatologia de deficiência nutricional e, subseqüentemente, necroses foliares que evoluíam do ápice para a base das folhas. No apêndice, As Figuras 3 e 4 ilustram essas observações, respectivamente.

Com a evolução das necroses, as plantas eliminaram certo número de folhas (Quadro 3), como uma resposta à infestação de *M. incognita*, o que representa uma significativa perda de biomassa.

Quadro 3 - Efeito de *Meloidogyne incognita* e fertilização na abscisão de folhas de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.).

Tratamentos		Número de folhas eliminadas por planta
Nematóides (N)	N ₀	1,5
	N ₁	5,5
Valor F		8,70** ¹
Fertilização (F)	F ₀	3,8
	F ₁	3,2
Valor F		0,17 N.S. ²
C.V.%		9,57

¹ = significativo a 1% de probabilidade; ² = não significativo.

As análises estatísticas confirmaram que não houve interação entre nematóides e fertilização; as respostas das plantas à infestação foram devidas, exclusivamente, à ação patogênica do nematóide das galhas e os seus efeitos não foram minimizados pela aplicação da solução nutritiva. A fertilização, por sua vez, não alterou o comportamento das plantas em relação à abscisão de folhas.

4.4. TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS NAS FOLHAS

4.4.1. FÓSFORO E POTÁSSIO

Não houve interação dos fatores nematóides e fertilização desse modo, considerando-se as médias marginais para a avaliação dos efeitos independentes dos fatores, verificou-se que os nematóides exerceram um efeito marcante na redução das concentrações de P e K das folhas (Quadro 4). Os níveis desses nutrientes nas plantas foram severamente reduzidos ($p = 0,01$) quando em presença de *M. incognita*. Por outro lado, em relação à aplicação da solução nutritiva, as plantas responderam à fertilização com aumentos significativos nos níveis de P e K nas suas folhas, sendo que a resposta ao K foi altamente significativa.

Quadro 4 - Efeito de *Meloidogyne incognita* e fertilização nos teores de P e K (% na matéria seca) das folhas de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.), 10 meses após a inoculação.

Tratamentos		Fósforo	Potássio
Nematóides (N)	N ₀	0,2869	1,3419
	N ₁	0,1008	0,7097
Valor F		15,47** ¹	11,33**
Fertilização (F)	F ₀	0,1260	0,6206
	F ₁	0,2617	1,4236
Valor F		6,29* ²	18,25**
C.V.%		29,67	21,26

¹ = significativo a 1% de probabilidade.

² = significativo a 5% de probabilidade.

4.4.2. CÁLCIO E MAGNÉSIO

Os dados contidos no Quadro 5 revelam que, ao contrário dos outros elementos minerais, o teor de Mg nas folhas foi significativamente ($p = 0,01$) aumentado em decorrência do ataque de *M. incognita*. As plantas fertilizadas, por sua vez, não responderam à aplicação da solução nutritiva com a elevação do nível desse nutriente; foi observado, em contra

partida, um pequeno decréscimo. Não foi encontrada nenhuma interação entre nematóides e fertilização quanto aos níveis de Mg nas folhas.

Quadro 5 - Efeito de *Meloidogyne incognita* e fertilização no teor de Mg (% na matéria seca) das folhas de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.), 10 meses após a inoculação.

Tratamentos		Magnésio
Nematóides (N)	N ₀	0,8524
	N ₁	1,2498
Valor F		8,86** ¹
Fertilização (F)	F ₀	1,1543
	F ₁	0,9479
Valor F		N.S. ²
C.V. %		17,08

¹ = significativo a 1% de probabilidade.

² = não significativo.

Em relação ao cálcio contudo, os fatores N x F interagiram para alterar a sua concentração nas folhas da planta. Assim, pelos desdobramentos das somas de quadrados da interação (Quadro 6) observou-se que os nematóides produziram

Quadro 6 - Efeito de *Meloidogyne incognita* e fertilização no teor de cálcio (% na matéria seca) das folhas de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.), 10 meses após a inoculação.

Tratamentos		Cálcio
Desdobramento da soma de quadrados	F + (F x N)	$F/N_0 \begin{bmatrix} N_0 & F_0 \\ N_0 & F_1 \end{bmatrix}$ 2,808
		2,876
		Valor F N.S. ¹
		$F/N_1 \begin{bmatrix} N_1 & F_0 \\ N_1 & F_1 \end{bmatrix}$ 9,520
		3,983
		Valor F 11,011** ²
	N + (F x N)	$N/F_0 \begin{bmatrix} F_0 & N_0 \\ F_0 & N_1 \end{bmatrix}$ 2,808
		9,520
		Valor F 21,639**
		$N/F_1 \begin{bmatrix} F_1 & N_0 \\ F_1 & N_1 \end{bmatrix}$ 2,876
3,983		
Valor F N.S.		
C.V.		21,24

¹ = não significativo

² = significativo a 1% de probabilidade.

aumentos altamente significativos ($p = 0,01$) em Ca quando a pimenteira-do-reino não foi fertilizada (F/N_1 e N/F_0). Com a aplicação da solução nutritiva (N/F_1) as plantas infestadas responderam ao parasitismo do nematóide das galhas com pequenos acréscimos nos níveis de Ca. A fertilização das plantas (F/N_0), exclusivamente, não proporcionou aumentos significativos desse elemento mineral nas folhas.

4.4.3. ZINCO, MANGANÊS, COBRE E FERRO

As análises de variância dos dados analíticos foliares revelaram que não ocorreu interação entre nematóides e fertilização, quanto aos teores de Zn, Mn, Cu e Fe. As variações encontradas nos níveis desses minerais (Quadro 7), foram devidas à ação de *M. incognita*; este parasito reduziu significativamente as concentrações de Zn, Mn e Cu das folhas da pimenteira-do-reino. Quanto ao Fe, embora os níveis nas plantas infestadas tenham sido inferiores àqueles encontrados nas plantas testemunha, a diferença não foi significativa.

A fertilização das plantas, independente da presença dos nematóides, não produziu aumentos significativos nos teores desses micronutrientes nas folhas mas, com exceção do Fe, foi observada uma tendência para acúmulo de todos eles.

Quadro 7 - Efeito de *Meloidogyne incognita* e fertilização nos teóres de Zn, Mn, Cu e Fe das folhas de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.), 10 meses após a inoculação (valores expressos em ppm).

Tratamentos		Zinco	Manganês	Cobre	Ferro
Nematóides (N)	N ₀	26,20	347,28	26,28	122,67
	N ₁	15,30	178,80	17,54	93,09
Valor F		7,12* ¹	22,59** ²	4,23*	N.S. ³
Fertilização (F)	F ₀	19,33	237,64	18,65	127,39
	F ₁	22,16	288,43	25,16	91,05
Valor F		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
C.V.%		15,13	6,08	13,51	13,02

¹ = significativo a 5% de probabilidade

² = significativo a 1% de probabilidade

³ = não significativo.

4.5. CONTEÚDO DE CLOROFILA TOTAL NAS FOLHAS

A exemplo da maioria dos parâmetros analisados, os nematóides agiram independentemente do fator fertilização, para influenciar na concentração de clorofila das plantas, pois a interação nematóide x fertilização não foi significativa. As

plantas responderam ao ataque de *M. incognita* com severas reduções no teor desse pigmento (Quadro 8). A fertilização, por sua vez, não influenciou no conteúdo de clorofila das folhas, embora a concentração nas plantas fertilizadas fosse um pouco superior, comparada com as plantas cultivadas em solo com fertilidade natural.

Quadro 8 - Efeito de *Meloidogyne incognita* e fertilização na concentração de clorofila total das folhas de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.), 10 meses após a inoculação.

Tratamentos		Clorofila total (mg/g de peso fresco)
Nematóides (N)	N ₀	1,2280
	N ₁	0,5847
Valor F		61,79** ¹
Fertilização (F)	F ₀	0,8825
	F ₁	0,9795
Valor F		N.S. ²
C.V.%		17,04

¹ = significativo a 1% de probabilidade

² = não significativo

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS NAS FOLHAS E CRESCIMENTO DAS PLANTAS

Embora a interpretação de dados analíticos foliares seja bastante complexa, devido à inter-relação de múltiplos fatores, a diagnose foliar está baseada na aceitação de que a omissão de um elemento nutritivo limitante causa uma redução do seu conteúdo na folha, com uma resposta correspondente no crescimento e/ou produção das plantas.

Nesse aspecto, WAARD (1969) fez um extenso trabalho em Sarawak, na Malásia, correlacionando a diagnose foliar com a nutrição e o nível de produção de pimentais, concluindo que o controle da nutrição e do nível de produção de pimenteiras-do-reino pode ser obtido com o auxílio de análisi

ses foliares periódicas.

Assim sendo, com base nos dados analíticos de folhas obtidos neste trabalho, pode-se assegurar que *Meloidogyne incognita* interfere, de alguma maneira, na nutrição das pimenteiras. Os resultados revelaram que, a despeito da fertilização com a solução nutritiva, as plantas infestadas responderam ao ataque dos nematóides com reduções no crescimento e nos teores de P, K, Zn, Mn e Cu, com acentuado acúmulo de Ca e Mg ou foram indiferentes à infestação quanto aos níveis de Fe nas suas folhas. Por outro lado, a fertilização, por si só, não exerceu nenhuma influência no crescimento das plantas embora, com exceção dos demais nutrientes analisados, fossem encontradas altas concentrações de P e K nas folhas das pimenteiras fertilizadas.

5.1.1. EFEITO DE *Meloidogyne incognita* NO TEOR DOS ELEMENTOS MINERAIS E CRESCIMENTO DAS PLANTAS

5.1.1.1. Teores de cálcio e magnésio

Aumentos nos teores de Ca e Mg têm sido registrados por vários pesquisadores como resposta à infestação de *Meloidogyne incognita* (CHITWOOD *et alii*, 1952; MAUNG e JENKINS, 1959 e IRIZARRY *et alii*, 1971) ou de outras espécies de nematóides como *Globodera rostochiensis* (TRUDGILL *et alii*,

1975 e TRUDGILL, 1980), *Longidorus leptcephalus* e *Tylenchorhynchus* sp. (EVANS e FRANCO, 1979).

Os acúmulos desses minerais em plantas infestadas foram atribuídos por TRUDGILL *et alii* (1975) como um efeito da reduzida concentração de K nas plantas. No caso, em particular, da pimenteira-do-reino foi registrado que efetivamente, *M. incognita* afetou a absorção do K, como demonstrado pelas análises foliares (Quadro 4). Desse modo, os elevados teores de Ca e Mg encontrados nas folhas pode ser parcialmente explicado pela insuficiência de K na planta.

Mais recentemente contudo, EVANS e FRANCO (1979) propuseram que o acúmulo de Ca poderia ser resultado da menor eficiência do uso da água de uma planta infestada. Segundo eles, uma planta que usa ineficientemente a água, em termos de aumento na quantidade de matéria seca por unidade de volume de água transpirada, tende a acumular maior quantidade de Ca. Assim, desde que a taxa de absorção de Ca é afetada pela transpiração das plantas (EVANS e FRANCO, 1979) e como plantas atacadas por nematóides tendem a aumentar a sua transpiração dependendo do estágio de infestação, idade da planta ou disponibilidade de água no solo (ODIHIRIN, 1971), é possível admitir que a infestação de *M. incognita*, nos estágios iniciais, tenha incrementado a transpiração e provocado nas pimenteiras-do-reino uma reação de defesa obrigando-as a usar mais água para manter o seu equilíbrio metabólico; presumivelmente, mais água foi requerida pelas plantas infestadas para

corresponder a uma unidade de aumento no peso seco e, conseqüentemente, maior quantidade de Ca foi depositada nas folhas.

Outro aspecto que tem sido considerado nessa relação ataque de nematóides e acúmulo de Ca, é a tolerância das plantas à seca e aos nematóides fitopatogênicos. IRIZARRY *et alii* (1971), por exemplo, observaram que variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) respondiam diferentemente ao ataque de *M. incognita*; assim, o Ca foi aumentado apenas na variedade Rosita, considerada suscetível a esse patógeno, e foi significativamente reduzido na variedade resistente PI 165.435. Variedades de batata que acumularam menos Ca no solo desprovido de *Globodera rostochiensis*, sofreram menor perda de produção quando cultivadas em solo infestado (EVANS e FRANCO, 1979). Este resultado foi considerado pelos autores como indicação de que as variedades que acumularam pequenas quantidades de Ca são, talvez, tolerantes à seca e, por isso, têm maior produção. Esta tolerância à seca está relacionada com a profundidade do sistema radicular; uma planta que possui raízes mais profundas explora maior volume do solo e apresenta, dessa forma, maior habilidade para resistir às secas. Com o ataque de nematóides, as raízes são consideravelmente reduzidas no seu crescimento e isso implica em restrições na profundidade e volume de solo explorado, em menor eficiência no uso da água e, conseqüentemente, em acúmulo de Ca.

No caso das pimenteiras-do-reino, o acentuado acúmulo de Ca e Mg pode ser uma evidência da menor eficiência

no uso da água pelas plantas e, conseqüentemente, menor habilidade para resistir às secas, tendo em vista o reduzido sistema radicular das plantas infestadas (Fig. 2).

O fato de ter sido encontrado maior teor de Ca nas plantas cultivadas em solo com fertilidade natural, comparadas com as plantas que receberam a solução nutritiva, pode ser explicado pelo fato de que, ao final do experimento, a população de *M. incognita* na rizosfera das plantas fertilizadas (Quadro 1) foi menor em relação às plantas não fertilizadas.

Um melhor entendimento dessa inter-relação entre nematóides, acúmulos de Ca e Mg e tolerância das plantas à seca, será valioso para programas de melhoramento vegetal ; como afirmaram EVANS e FRANCO (1979) as técnicas de identificação e seleção da tolerância aos nematóides requerem muito tempo e são trabalhosas, pois envolvem a inoculação de plantas e acompanhamento do crescimento vegetal e da reprodução dos nematóides, ao passo que uma simples diagnose para averiguação de acúmulo de Ca e Mg seria usada mais facilmente.

5.1.1.2. Teores de fósforo, potássio, zinco, manganês, cobre e ferro

Foi notável a relação entre o ataque de *M. incognita* e os teores de P e K nas folhas das plantas pois, sempre que o nematóide esteve presente, ocorreu uma significativa redução ($p = 0,01$) desses nutrientes. Esses resultados coincidem

cidem com aqueles obtidos por OTEIFA (1952), OTEIFA e ELGINDI (1962), JENKINS e MALEK (1966), BERGESON (1968) e HAQUE *et alii* (1972). Outros investigadores, todavia, têm encontrado diferentes resultados com outras espécies vegetais infestadas por nematóides das galhas, quando elas tendem a acumular o P e K nas folhas (CHITWOOD *et alii*, 1951; HUNTER, 1958; MAUNG e JENKINS, 1959; IRIZARRY *et alii*, 1971 e NASR *et alii*, 1980) ou mesmo serem indiferentes à infestação quanto aos níveis desses minerais (SHAFIEE e JENKINS, 1963; BERGESON, 1966 e ISMAIL e SAXENA, 1980).

Em relação aos micronutrientes, confirmou - se que *M. incognita* efetivamente alterou a taxa de absorção e translocação do Zn, Mn e Cu, embora os níveis de Fe não diferissem estatisticamente das testemunhas. Certamente, outros investigadores têm obtido essas mesmas respostas com outras culturas, a exemplo de DASGUPTA e DEB (1969), MACEDO *et alii* (1974) e ARCIA *et alii* (1976) ou resultados não coincidentes como os de NASR *et alii* (1980).

Essas respostas diferenciais demonstram que a concentração de elementos minerais pode aumentar ou diminuir nas plantas infestadas, dependendo da combinação particular nematóide/planta hospedeira, da severidade e duração da infestação, como sugerido por DAVIDE e TRIANTAPHYLLOU (1967), ou de outros fatores biológicos como idade do hospedeiro (OTEIFA e ELGINDI, 1962).

No trabalho de OTEIFA (1952), vários fatores

foram considerados para explicar os efeitos de *M. incognita* na redução do conteúdo mineral da planta hospedeira:

- I. O sistema radicular de plantas infestadas é muito reduzido e, por isso, absorve nutrientes de um menor volume de solo;
- II. A formação de galhas, como resultado do parasitismo, envolve o tecido vascular das raízes e isso implica em interferência na translocação de nutrientes;
- III. A afinidade do nematóide com o sistema radicular resulta, presumivelmente, em alteração da atividade metabólica da planta;
- IV. O uso de elementos minerais, pelo nematóide, na sua nutrição e produção de ovos, pode explicar as diferenças no conteúdo de nutrientes das plantas.

Desse modo, a discussão dos resultados deste trabalho, com respeito aos reduzidos teores de P, K, Zn, Mn, Cu e Fe nas folhas da pimenteira-do-reino, foi calcada, fundamentalmente, nas quatro proposições consideradas por OTEIFA (1952).

I - Redução do sistema radicular

É bem conhecida a relação entre o ataque dos nematóides das galhas e a redução do sistema radicular da planta hospedeira (CHITWOOD *et alii*, 1951, 1952; MAUNG e JENKINS, 1959; SHAFIEE e JENKINS, 1963; BERGESON, 1968; SINGH, 1975; LEHMAN e SOTKES, 1979; FERRAZ e SHARMA, 1979; RAUT e SETHI, 1980).

Outras espécies de nematóides fitopatogênicos também causam danos ao sistema radicular dos seus hospedeiros, a exemplo de *Hoplolaimus galeatus* e *Meloidodera floridensis* (RUEHLE, 1975), *Rotylenchulus reniformis* (SINGH, 1975), *Pratylenchus vulnus* (MOODY, 1975), *Criconemoides curvatum* e *Pratylenchus dianthus* (FERRAZ e LEAR, 1976), *Tylenchorhynchus vulgaris* (GILL e SWARUP, 1977), *Hoplolaimus indicus* (HAIDER *et alii*, 1978), *Heterodera schachtii* (OLTHOF, 1978) e *Helicotylenchus dihystra* (CAMPELO e GALLI, 1980).

Certamente o reduzido sistema radicular resulta em exploração de menor volume de solo, o que torna a planta infestada menos apta a absorver maiores quantidades de água e nutrientes. É admissível, assim, afirmar que os danos ao sistema radicular das pimenteiras-do-reino (Fig. 2) tenha limitado a absorção de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, incorporando quantidades inferiores à demanda fisiológica.

II - Danos aos tecidos vasculares da planta

É bem conhecido que os nematóides fitoparasitos alteram o processo de absorção e translocação de nutrientes em plantas infestadas. Uma das explicações para essa alteração seria a considerada por BERGESON (1966), o qual presumiu que os acúmulos de nutrientes observados em raízes infestadas fossem devidos a um bloqueio mecânico ou modificação do sistema vascular e isso resultava em reduzida translocação dos nutrientes para as folhas. Todavia, BERGESON salientou que a mobilização de nutrientes para o local de infestação foi o mecanismo mais importante para explicar o acúmulo de nutrientes em raízes com galhas, muito mais que o bloqueio do sistema vascular.

OTEIFA e ELGINDI (1962), por exemplo, já haviam afirmado que nos estágios iniciais da infestação, *M. javanica* estimulava a planta a produzir novas raízes, ao invés de incrementar o desenvolvimento vegetativo. Como as raízes recentemente diferenciadas são tecidos meristemáticos ativos, elas são capazes de absorver muito mais nutrientes e, assim, no período inicial de ataque dos nematóides, não só foi aumentada a superfície de absorção das raízes, como as galhas formadas tiveram habilidade também de absorver minerais. Com o desenvolvimento subsequente das galhas contudo, estas não puderam translocar adequadas quantidades de nutrientes para as regiões em crescimento vegetativo e isso resultava em acúmulo

de minerais e, conseqüentemente, reduzida translocação para as folhas.

É plausível, além do mais, admitir que a ocorrência de vigorosos sincícios no cilindro vascular de raízes de pimenteira-do-reino infestadas por *M. incognita*, determinando o seu colapso (FREIRE e SANTOS, 1978) e a obstrução dos vasos do xilema e floema pelo fungo *Fusarium solani* f. *piperis* em plantas de pimenta-do-reino infestadas por *M. incognita* (LOPES e LORDELLO, 1979), sejam fatores que podem exercer influência considerável no mecanismo de absorção e translocação de nutrientes em pimenteiras-do-reino no campo, atacadas pelo nematóide das galhas.

III - Distúrbios na fisiologia da planta

As alterações na fisiologia da pimenteira-do-reino, em decorrência da infestação por *M. incognita*, seriam também os fatores responsáveis pelos reduzidos teores de P, K, Zn, Mn e Cu nas folhas das plantas infestadas.

Certamente, como propôs OTEIFA (1952), a afinidade dos nematóides com as raízes altera a atividade metabólica da planta e essa alteração, segundo BERGESON (1966), resulta em mobilização de nutrientes para o local de infestação. Este fato, aliás, foi considerado por BERGESON como o mecanismo mais importante para explicar o acúmulo de nutrientes nas raízes com galhas e, conseqüentemente, a reduzida translocação

para as folhas.

Esse processo de mobilização de minerais para o local de infestação tem sido considerado como um processo simplesmente de redistribuição de recursos na planta (BERGE SON, 1966) ou como uma possibilidade de que o mecanismo bioquímico e fisiológico da planta seja intensificado para atender a demanda de nutrientes no local de infestação (WALLACE , 1973). O certo é que os locais infestados têm uma atividade metabólica maior, onde é aumentada a atividade dos ênzimos (KANAN, 1967; VEECH e ENDO, 1969 e 1970) e intensificadas as reações celulares (PAULSON e WEBSTER, 1970) e a síntese de RNA e DNA (RUBINSTEIN e OWENS, 1964; ISHIBASHI e SHIMIZU, 1970).

O mecanismo pelo qual os nematóides alteram a fisiologia do hospedeiro e, conseqüentemente, a taxa de absorção e translocação de minerais não tem sido bem entendido mas é possível que essas alterações sejam uma resposta:

1. Ao efeito direto do parasito sobre o hospedeiro através da liberação de produtos metabólicos tóxicos ou interação bioquímica da planta com os ênzimos excretados pelos nematóides (SHAFIEE e JENKINS, 1963; JENKINS e MALEK, 1966; DAVI-DE e TRIANTAPHYLLOU, 1967);
2. Às concentrações de minerais que, presentes nos tecidos da planta em níveis que excedem ao requerimento fisiológico , podem exercer um efeito tóxico sobre o protoplasma das células, resultando sempre em sua desorganização e morte (MEYER

et alii, 1960; SHAFIEE e JENKINS, 1963) ou

3. A um provável desequilíbrio no balanço de reguladores de crescimento (BERGESON, 1968; DAVIDE e TRIANTAPHYLLOU, 1967) . Aliás, RHODES *et alii* (1950) observaram que a tendência de raízes com galhas para acumularem nutrientes poderia estar associada com reguladores de crescimento; eles determinaram que pequenas quantidades de ácido 4-metil cloro fenoxiacético adicionadas a uma solução nutritiva e fornecidas às plantas, foram suficientes para promover um acúmulo de K nas raízes.

IV - Consumo de elementos minerais por nematóides

As evidências de que os nematóides fitopatogênicos utilizam, de certa forma, elementos minerais em sua nutrição e produção de ovos foram fornecidas por CHITWOOD *et alii* (1952), quando eles consideraram esse fato para explicar, em parte, os reduzidos teores de Mg e Fe em plantas infestadas com o nematóide das galhas.

OTEIFA (1952) também encontrou que a taxa de oviposição de *M. incognita* aumentou correspondentemente com o aumento do suprimento de K nas plantas, concluindo que provavelmente o nematóide faz uso do K na sua nutrição e produção de ovos. As plantas, em contrapartida, apresentaram reduzidos teores de K.

DROPKIN (1955), por outro lado, revelou que o conteúdo de P no corpo de *Heterodera rostochiensis* e *M. incognita acrita* foi de 0,0002 µg nas larvas do 2º estágio e cerca de 0,1 µg de P nas fêmeas adultas, para ambas as espécies. Subseqüentemente, outras evidências de que os nematóides fazem uso de elementos minerais foram mostradas por DAVIDE e TRIANTAPHYLLOU (1967), BIRD (1970) e HAQUE *et alii* (1972), quando eles confirmaram que a taxa de crescimento de *M. incognita* é bastante reduzida, quando esse parasito ataca planta com insuficiência de nutrientes.

Essas informações deixam claro que os nematóides são beneficiados, em algum grau, pela disponibilidade de elementos minerais no hospedeiro e, esse benefício poderia resultar, presumivelmente, em baixas concentrações de nutrientes na planta. O consumo de elementos minerais pelos nematóides poderia ser uma das prováveis explicações para os reduzidos teores de nutrientes na pimenteira-do-reino infestada por *M. incognita*. Contudo, não se poderia revestir essas observações de muita importância pois, mesmo nas pesquisas de CHITWOOD *et alii* (1952), foi admitido que apenas quantidades insignificantes de elementos minerais são utilizados pelos nematóides; segundo eles os distúrbios na fisiologia da planta decorrentes do ataque desses parasitos, seriam os fatores responsáveis pelo desarranjo no mecanismo de absorção e translocação de minerais pela planta. Até mesmo DROPKIN e KING (1956), quando relataram que *M. incognita acrita* usou mais que 10% do

P total do hospedeiro foram, no entanto, conclusivos ao afirmarem que a condição enferma de uma planta de tomate infestada não era devida ao uso do P do hospedeiro, pelo parasito. Outras evidências de que a quantidade de minerais nos tecidos dos nematóides é desprezível foram fornecidas também por SHAFIEE e JENKINS (1963) e JENKINS e MALEK (1966).

SHAFIEE e JENKINS (1963), por exemplo, determinaram que 1 g de raiz de *Capsicum frutescens* continha 1.000 *Pratylenchus penetrans* e que o peso fresco de todos eles foi da ordem de $2,04 \times 10^{-4}$ g. Como 70% do peso dos nematóides são constituídos de água e o restante de substâncias orgânicas, os autores afirmaram que seria improvável que a quantidade de minerais contida no corpo dos nematóides tivesse influenciado nos seus resultados, pois eles observaram acúmulo de nutrientes nas raízes das plantas infestadas.

Pelo exposto, ficou caracterizado que *M. incognita* altera, de alguma forma, o processo de absorção e translocação de P, K, Zn, Cu, Mn e Fe em pimenteiras-do-reino e os sintomas de deficiência mineral (Fig. 3) podem ser um reflexo dos danos físicos às raízes (menor tamanho e obstrução do tecido vascular), da alteração na fisiologia da planta ou, em parte, do consumo de elementos minerais pelos nematóides.

Permanece a dúvida, contudo, se a reduzida concentração desses minerais nas folhas é a principal causa do limitado crescimento das pimenteiras (Figs. 1 e 2 e Quadro 2) pois, como afirmou BERGESON (1968), os registros na literatu-

ra não têm mostrado esta relação para outros cultivos. Em suas pesquisas ele demonstrou que a concentração de minerais em to_{mateiros} infestados por nematóides, mesmo abaixo das plantas testemunhas, estava dentro dos limites necessários para um crescimento normal. Como exemplo, plantas infestadas que apresentavam 682 ppm de Mn, uma quantidade 31% menos que as testemunhas, mas, no entanto, esta concentração estava acima da faixa normal (70 a 398 ppm) exigida pelas plantas.

É imprescindível, portanto, que se conheçamos exigências de nutrientes e os níveis críticos de deficiência nas folhas da pimenteira-do-reino, que correspondam em prejuízos no crescimento e desenvolvimento das plantas. Esta informação poderá elucidar a questão.

5.1.2. EFEITO DA FERTILIZAÇÃO NO TEOR DOS ELEMENTOS MINERAIS E CRESCIMENTO DAS PLANTAS

A fertilização da pimenteira-do-reino não alterou a concentração de Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe nas folhas embora, com exceção de Mg e Fe, fossem encontrados teores um pouco superiores àqueles das plantas cultivadas em solo com fertilidade natural. A ausência de resposta à aplicação da solução nutritiva, quanto aos níveis desses minerais na folha, pode ser atribuída, possivelmente, à disponibilidade deles no solo em condições naturais (Quadro I). Apesar disso, a a-

dubação de pimentais é uma prática rotineira em condições de campo e, como o solo utilizado nesta pesquisa foi coletado em pimentais estabelecidos, não se descarta a possibilidade de que os elementos minerais no solo estivessem à um nível que satisfizesse às exigências nutricionais das pimenteiras até aos 10 meses de idade. Por outro lado, com base nessa premissa, não se poderia esperar que as plantas respondessem à fertilização com maior crescimento. Efetivamente, não houve diferenças no crescimento das pimenteiras-do-reino cultivadas em solo com fertilidade natural ou fertilizado (Quadro 2).

Com relação ao P e K todavia, foi demonstrado que as plantas responderam à fertilização com aumento nos teores de ambos os nutrientes nas folhas (Quadro 4). A resposta ao K foi notável e este resultado é compatível com as observações de WAARD (1969), SIM (1971), CHIBA e TERADA (1976) e KATO (1978) pois eles afirmaram, com base nas exigências nutricionais e exportação de nutrientes através da produção, que a pimenteira-do-reino retira grandes quantidades de nutrientes do solo, notadamente N e K, sendo a seguinte a ordem de importância: $N/K > Ca > Mg > P$. Como as plantas, neste caso, responderam à fertilização com aumentos altamente significativos nos teores de K, dever-se-ia esperar um aumento correspondente no seu crescimento. Este efeito, contudo, não foi encontrado, nas condições desse estudo, e presume-se que as pimenteiras possam ter absorvido as quantidades adicionais de K, aumentando o seu teor nas folhas ao nível de "consumo de luxo".

Com respeito à concentração de nutrientes nos tecidos das plantas, EPSTEIN (1975) mostrou que existe uma zona de deficiência nutricional em que os níveis dos elementos minerais nos tecidos estão abaixo de uma "concentração crítica", e onde o crescimento das plantas aumenta em função da disponibilidade do nutriente no substrato. Todavia, segundo afirmativa do autor, existe também uma "zona de transição acima da qual a absorção do elemento cresce mediante fornecimento adicional do mesmo; entretanto, o nutriente deixa de ser o fator limitante do crescimento que permanece constante. Como consequência, as quantidades adicionais absorvidas aumentam a concentração do nutriente no tecido aos níveis de 'consumo de luxo' ".

Desse modo, as quantidades adicionais de P e K, fornecidas pela solução nutritiva de Hoagland, foram absorvidas pela pimenteira-do-reino aumentando, assim, a concentração desses minerais nas folhas aos níveis de "consumo de luxo" e sem corresponder, entretanto, em aumentos no crescimento.

Outras interpretações para esses resultados poderiam, também, ser consideradas. Por exemplo, a ausência de resposta no crescimento das plantas fertilizadas poderia ser atribuída à disponibilidade de N no solo, haja vista que na escala de importância para a cultura da pimenta-do-reino esse nutriente figura também como um dos principais. Desse modo, a exemplo do raciocínio empregado para o Ca, Zn, Cu e Mn, a

quantidade de N no solo poderia estar a um nível que satisfizesse às exigências das plantas e estas não responderiam à fertilização nitrogenada, mesmo sendo o N o fator limitante do crescimento. Para confirmação dessa afirmativa, seria extremamente necessária a diagnose foliar para averiguação dos teores de N nas folhas das plantas e, neste trabalho, não foram feitas análises para nitrogênio.

As interpretações aqui consideradas, para ambos os casos, são hipotéticas e, como tal, carecem de pesquisas adicionais na área de nutrição mineral da pimenteira-do-reino, notadamente quanto às exigências nutricionais de plantas dessa idade. As informações de pesquisas subseqüentes poderão elucidar muitas questões e fornecer conclusões mais precisas.

5.2. CONTEÚDO DE CLOROFILA TOTAL NAS FOLHAS E CRESCIMENTO DAS PLANTAS

Nas condições desse estudo, a fertilização das plantas não aumentou a concentração de clorofila e, como foi discutido anteriormente, também não ocorreu nenhuma variação nos níveis de nutrientes das folhas, à exceção do P e K. Assim sendo, é possível que exista uma relação entre o estado nutricional das plantas e o conteúdo de clorofila nas folhas.

A presença de *M. incognita* porém, reduziu significativamente ($p = 0,01$) os teores de clorofila total, aos

10 meses da inoculação. Esses resultados coincidem com aqueles obtidos com *Phaseolus aureus* atacado por *M. incognita* (SINGH *et alii*, 1977), beterraba açucareira infestada com *Heterodera schachtii* (GLOVATSKAYA, 1971) e foram posteriormente confirmados por FERRAZ e ORCHARD (1979) com plantas de pimenta-do-rei no atacadas por *M. incognita*. Por outro lado, não há concordância com os resultados de BERGESON (1968), pois ele verificou que tomateiros infestados com *M. incognita* não apresentaram alteração na clorofila, mesmo sendo restringidos no seu crescimento.

Provavelmente a inter-relação hospedeiro/parasito, nível de inóculo, período de infestação e idade do hospedeiro, são fatores que determinam a especificidade da resposta das plantas ao ataque dos nematóides.

A senescência de folhas promovendo um rápido declínio no conteúdo de clorofila e proteínas (BEEVERS, 1976) ou alteração na fisiologia e nutrição do hospedeiro (SINGH *et alii*, 1977) são provavelmente, os fatores responsáveis pela reduzida concentração de clorofila nas pimenteiras-do-reino infestadas.

Sob o aspecto nutricional, efetivamente as folhas das pimenteiras infestadas apresentaram menores teores de P, K, Mn, Zn, Fe e Cu; se os níveis desses nutrientes traduzem-se em deficiência, pode-se assegurar que a falta de Zn ou Mn determina uma marcante redução na clorofila das células.

É conhecido que menos clorofila é uma respos-

ta às mudanças estruturais que ocorrem nos cloroplastos e às deformações na estrutura lamelar (SHROTRI *et alii*, 1978, 1979, 1981) ou ainda um aumento na permeabilidade das células (MAYNARD, 1979), quando o Zn ou Mn não ocorre nos níveis do requerimento fisiológico celular.

FERRAZ e ORCHARD (1979), por outro lado, sugeriram que *M. incognita* pode estar interferindo, indiretamente, na biossíntese da clorofila e, assim, acarretando alterações no metabolismo energético das plantas. Como afirmado por MAYNARD (1979) a quantidade de clorofila está relacionada com a disponibilidade de Fe para a sua síntese, ou com a de S, como constituinte da proteína que é necessária para a síntese e manutenção desse pigmento. O Mg é um constituinte essencial da molécula da clorofila e a clorose nas folhas é provocada por uma falha na sua síntese, quando esse mineral não está disponível. Embora nas plantas infestadas tenham sido obtidas altas concentrações de Mg nas folhas e as reduções em Fe não foram significativas, é provável que alterações fisiológicas e bioquímicas decorrentes da infestação por *M. incognita* tenham, de alguma maneira, interferido na síntese do pigmento fotoreceptor.

Os resultados revelaram que as pimenteiras-do-reino infestadas por *M. incognita* tiveram o crescimento severamente restringido e as suas folhas mostraram significativas reduções em clorofila. Contudo, permanece a incógnita de qual seria a relação entre o conteúdo desse pigmento e o crescimen

to das plantas.

É certo que muitos pesquisadores têm admitido que em plantas de diferentes espécies mais clorofila poderia permitir taxas maiores de fotossíntese (LOOMIS, 1964), porém os resultados de Willstatter e Stol (1918), citados por LOOMIS (1964), mostraram que a quantidade de clorofila em folhas verdes normais pode ter pouca relação com a taxa fotossintética; em contrapartida, o desarranjo de outros caminhos do mecanismo fotossintético, o qual pode estar associado com a degradação de clorofila em folhas doentes ou senis, pode reduzir consideravelmente a assimilação. A eficiência da clorofila pode ser também reduzida em folhas amarelecidas devido à enfermidade, má nutrição ou à senescência. SHROTRI *et alii* (1981), por exemplo, verificaram que a habilidade de fosforilação dos cloroplastos é dependente da integridade estrutural das membranas e esta, uma vez afetada pela deficiência de Zn, compromete o fluxo de elétrons, a fosforilação e a fixação de CO_2 . Aliás, OHKI (1976) já havia afirmado que a falta em Zn obstrui o nível de fixação do CO_2 fotossintético em plantas superiores.

Face ao exposto, conclui-se que as folhas da pimenteira-do-reino não somente têm menor quantidade de clorofila como, possivelmente, esta tenha baixa eficiência como pigmento fotorreceptor. Isso resultaria em menor atividade fotossintética, com reflexos no crescimento das plantas infestadas.

5.3. SENESCÊNCIA DAS FOLHAS

Embora a senescência seja caracterizada pela degeneração dos constituintes internos das células, precedendo a morte das mesmas, atualmente não há um consenso sobre a maneira pela qual essa degeneração ocorre.

BEEVERS (1976), com base nas pesquisas de vários investigadores, fez algumas considerações sobre a natureza desse mecanismo de degenerescência dos tecidos e concluiu que o controle da senescência de folhas destacadas das plantas, por aplicação exógena de reguladores de crescimento, é uma indicação de que a senescência de folhas em plantas intactas pode estar controlada pelo balanço de reguladores de crescimento endógenos. Desde que os nematóides fitoparasitos podem provocar alteração no balanço de reguladores de crescimento das plantas (VIGLIERCHIO e YU, 1965; BERGESON, 1968; SETTY e WHEELER, 1968; VARGHESE e KUMARI, 1970), é possível que a senescência das folhas da pimenteira-do-reino seja uma resposta ao desequilíbrio no balanço desses fito-hormônios, em consequência do ataque de *Meloidogyne incognita*.

A acentuada abscisão foliar nas plantas infestadas poderia ser também parcialmente explicada por uma provável debilidade nutricional do hospedeiro. Os resultados desta pesquisa mostraram que os teores de P, K, Zn, Cu e Mn nas plantas foram significativamente reduzidos; se essas reduções atingiram a um nível que possa ser traduzido em deficiência nutricional é provável que ocorra uma tendência das plantas pa-

ra eliminar parte de sua folhagem como uma forma de suprir as folhas remanescentes e, assim, assegurar a sua própria sobrevivência. Nesse aspecto, WAARD (1969) afirmou que pimentais à época de desenvolvimento e amadurecimento dos frutos mostram sintomas de deficiência de minerais seguidos por uma abscisão foliar progressiva. Após a colheita o pomar pode exibir severa desfoliação e parcial ou completa morte dos ramos laterais como sinais de extrema exaustão nutricional, devido à mobilização de minerais para a produção de frutos.

6. CONCLUSÕES

- 6.1. O nematóide das galhas *Meloidogyne incognita* é patogênico à pimenteira-do-reino, pois reduz o seu desenvolvimento.
- 6.2. A suscetibilidade de pimenteiras-do-reino a *M. incognita* foi confirmada pela notável multiplicação do inóculo inicial, que variou de 18,6 a 23,2 vezes, 10 meses após a inoculação.
- 6.3. As plantas responderam ao ataque dos nematóides com aumentos nos teores de Ca e Mg, reduções em P, K, Cu, Zn, Mn e foram indiferentes à infestação quanto aos níveis de Fe nas folhas.

- 6.4. O nematóide das galhas, *M. incognita*, reduz significativamente o conteúdo de clorofila total nas pimentei-ras-do-reino, aos 10 meses da infestação.
- 6.5. As plantas atacadas eliminam parte da folhagem como u ma resposta às alterações na fisiologia e nutrição de correntes da infestação.
- 6.6. Os efeitos patogênicos sobre as plantas foram devidos exclusivamente à ação de *M. incognita*, e esses efei-tos não foram amenizados pelo suprimento de nutrien - tes.
- 6.7. A fertilização com a solução nutritiva de Hoagland não influenciou no crescimento das pimentei-ras-do-rei no, nas condições desse estudo.
- 6.8. O reduzido crescimento das plantas aos 10 meses de i- dade, pode ser parcialmente atribuído à absorção e translocação de quantidades de nutrientes inferiores às exigências fisiológicas do vegetal e às menores con- centrações de clorofila nas folhas.

7. LITERATURA CITADA

ALBUQUERQUE, F.C. e J.M.P. CONDURU, 1971. Cultura da pimenta-do-reino na Região Amazônica. Série Fitotecnia. IPEAN, Belém, 2(3): 9-149.

ALBUQUERQUE, F.C. e M.L.R. DUARTE, 1972. Moléstias da pimenta-do-reino. Correio Agropecuário, São Paulo, 2: 18-22.

ARCIA, M.A.; M. VARGAS; E. CASANOVA e J.A. MEREDITH, 1976. Efecto de los nematodes *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne javanica* sobre lá deficiencia de boro en plantas de tabaco Burley (*Nicotiana tabacum* L.). *Nematropica*, Bradenton, 6: 63-67. Apud *Helminthological Abstracts*, Serie B, St. Albans, 47: 27, 1978. [ref. 209]

- ARNON, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chlroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Bethesda, **24**: 1-15.
- BEEVERS, L., 1976. Senescence. In: BONNER, J. e J.E. VARNER, ed. **Plant biochemistry**. 3.ed. New York, Academic Press, p.771-794.
- BERGESON, G.B., 1966. Mobilization of plant nutrients to the infection site of root-knot nematodes. **Nematologica**, Leiden, **12**: 88.
- BERGESON, G.B., 1968. Evaluation of factors contributing to the pathogenicity of *Meloidogyne incognita*. **Phytopathology**, Lancaster, **58**: 49-53.
- BIRD, A.F., 1970. The effect of nitrogen deficiency on the growth of *Meloidogyne javanica* at different population levels. **Nematologica**, Leiden, **16**: 13-21.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Abastecimento. Comissão Técnica de Normas e Padrões, 1981. **Aspectos conjunturais da pimenta-do-reino no Brasil e no mundo**. Brasília, 116p.

CAMPELO, A.M.F.L. e F. GALLI, 1980. Patogenicidade do *Helicotylenchus dihystrera* (Cobb) Sher em *Theobroma cacao* L. **Revista Theobroma**, Ilhéus, 10: 5-12.

CHÉVRES-ROMÁN, R.; H.D. GROSS e J.N. SASSER, 1971. The influence of selected nematode species and number of consecutive plantings of corn and sorghum on forage production, chemical composition of plant and soil, and water use efficiency. *Nematropica*, Bradenton, 1: 40-41. Apud *Helminthological Abstracts*, Serie B, St. Albans, 41: 60, 1972. [ref. 481]

CHIBA, M. e S. TERADA, 1976. On the optimum amount of fertilizer based upon the amount of nutrients absorbed by pepper plant in Amazonia Region. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, Tokyo, 20: 14-21.

CHITWOOD, B.G., 1949. Root-knot nematodes. Part I. A revision of the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 16: 90-104.

CHITWOOD, B.G.; A.W. SPECHT e A.L. HAVIS, 1951. Reactions of peach seedlings to nematode infections. *Phytopathology*, Lancaster, 41: 559.

- CHITWOOD, B.G.; A.W. SPECHT e A.L. HAVIS, 1952. Root-knot nematodes. III. Effects of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on some peach root stocks. **Plant and Soil**, The Hague, 4: 77-95.
- CHRISTIE, J.R., 1957. The yellows diseases of pepper (*Piper*) and spreading decline of citrus. **Plant Disease Reporter**, Washington, 41: 267-268.
- DASGUPTA, D.R. e D.L. DEB, 1969. Studies on mineral absorption and translocation in root-knot diseased tomato plants with special reference to ^{32}P . All India Nematology Symposium, New Delhi, August 21-22, 1969, p.6-7. Apud **Helminthological Abstracts**, Serie B, St. Albans, 39: 64, 1970. [ref. 759]
- DAVIDE, R.G. e A.C. TRIANTAPHYLLOU, 1967. Influence of the environment on development and sex differentiation of root-knot nematodes. II. Effect of host nutrition. **Nematologica**, Leiden, 13: 111-117.
- DROPKIN, V.H., 1955. Determinations of the phosphorus content of golden nematode and root-knot nematode. **Journal of Parasitology**, New York, 41: 39.

- DROPKIN, V.H. e KING, 1956. Studies on plant parasitic nematodes homogeneously labeled with radiophosphorus. **Experimental Parasitology**, New York, 5: 469-480.
- D'SOUZA, G.I.; A.C. KUMAR; P.R. KASIVISWANATHAN e H.V. SHAMANNA, 1970. Relative distribution and prevalence of plant parasitic nematodes in the coffee tracts of South Western Indian. **Indian Coffee**, Bangalore, 34: 329-342.
- EPSTEIN, E., 1975. **Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. 341p.
- EVANS, K. e J. FRANCO, 1979. Tolerance to cyst-nematode attack in commercial potato cultivars and some possible mechanisms for its operation. **Nematologica**, Leiden, 25: 153-162.
- FERRAZ, E.C. de A. e J.E. ORCHARD, 1979. Efeito do nematóide das galhas, *Meloidogyne incognita*, sobre o teor de clorofila da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.). **Informe Técnico CEPEC**, Ilhéus, p.215.

- FERRAZ, E.C. de A. e R.D. SHARMA, 1979. Interação e patogenicidade do *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White, 1919) Chitwood, 1949 e o *Rotylenchulus reniformis* Linford e Oliveira, 1940 na pimenta-do-reino. *Revista Theobroma, Ilhéus*, 9: 45-53.
- FERRAZ, S. e B. LEAR, 1976. The involvement of *Rotylenchulus robustus*, *Criconemoides curvatus* and *Paratylenchus dianthus* in carnation diseases. *Experientiae, Viçosa*, 22: 263-271.
- FREIRE, F.C.O. e A.V.P. SANTOS, 1978. Histopatologia de raízes de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) parasitadas por *Meloidogyne incognita*. *Acta Amazônica, Manaus*, 8: 19-24.
- FRITZSCHE, R.; H. WOLFFGANG e H. OPEL, 1964. "Einfluss von Wurzelgallenälchen auf Stoffwechselvorgänge bei Tomaten". *NachrBl. dt. Pflschutzdienst, Berlin*, 18: 25-27. Apud *Helminthological Abstracts, Serie B, St. Albans*, 33: 131, 1964. [ref. 1010]
- GILL, J.S. e G. SWARUP, 1977. Pathogenic effect of *Tylenchus rhynchus vulgaris* on gram. *Indian Journal of Nematology, New Delhi*, 7: 155-156.

- GLOVATSKAYA, M.P., 1971. "Effect of *Heterodera* infection on photosynthesis of sugar-beet". In: *Parazity shivotnykh i rastenii*. Kishinev: Izdatel' stvo "Shtiintsa", nº 7, p.124-130 [Ru]. Apud *Helminthological Abstracts*, Serie B, St. Albans, 42: 191, 1973. [ref. 972]
- HAIDER, M.G.; R.P. NATH e S.S. PRASAD, 1978. Studies on the lance nematode *Hoplolaimus indicus*. I. Pathogenicity and histopathogenesis on maize. *Indian Journal of Nematology*, New Delhi, 8: 9-12.
- HAQUE, Q.A.; A.M. KHAN e S.K. SAXENA, 1972. Studies on the effect of different levels of certain elements on the development of root-knot. I. Effect of NPK levels on growth of okra and root-knot development. *Indian Journal of Nematology*, New Delhi, 2: 35-41.
- HOAGLAND, D.R. e D.I. ARNON, 1950. The water-culture method for growing plants without soil. California Agriculture Experimental Station (Circular 347).
- HOMMA, A.K.O., 1981. Oferta e demanda de pimenta-do-reino a nível mundial; perspectivas para o Brasil. Belém, EMBRAPA-CPATU. 29p. [EMBRAPA-CPATU, Miscelânea, 8]
- HUNTER, A.H., 1958. Nutrient absorption and translocation of phosphorus as influenced by the root-knot nematode *Meloidogyne incognita acrita*). *Soil Science*, Baltimore, 86: 245-250.

- ICHINOHE, M., 1975. Infestation of black pepper vines by the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, at Tomé-Açu, Pará, Brazil. *Japanese Journal of Nematology*, Tokyo, 5: 36-40.
- IRIZARRY, H.; W.R. JENKINS e N.F. CHILDERS, 1971. Interaction of soil temperature and *Meloidogyne* spp. on resistance of the common bean, *Phaseolus vulgaris* L., to the root-knot disease. *Nematropica*, Bradenton, 1: 41-42.
- ISHIBASHI, N. e K. SHIMIZU, 1970. Gall formation by root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 in the grafted tomato plants, and accumulation of phosphates on the gall tissues. *Applied Entomology and Zoology*, Tokyo, 5: 105-111. Apud *Helminthological Abstracts*, Serie B, St. Albans, 44: 266, 1975. [ref. 1200]
- ISMAIL, W. e S.K. SAXENA, 1980. Potassium nutrition of castor in relation to infestations by *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. *Indian Journal of Nematology*, New Delhi, 10: 1-8.
- JENKINS, W.R. e R.B. MALEK, 1966. Influence of nematodes on absorption and accumulation of nutrients in vetch. *Soil Science*, Baltimore, 101: 46-49.

- JOHNSON, A.W. e R.H. LITTRELL, 1969. Effect of *Meloidogyne incognita*, *M. hapla* and *M. javanica* on the severity of *Fusarium* wilt of Chrysanthemum. **Journal of Nematology**, Gainesville, 1: 122-125.
- KANAN, S., 1967. Activity of hydrogenase in tomato root-knots infested with the root-knot nematode. **Indian Journal of Experimental Biology**, New Delhi, 5: 266.
- KATO, A.K., 1978. Teor e distribuição de N, P, K, Ca e Mg em pimenteiras-do-reino (*Piper nigrum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP. 75p. [Dissertação de Mestrado]
- LEHMAN, P.S. and D.E. STOKES, 1979. Effect of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, on pothos. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Deland, 92: 343-345.
- LOOMIS, W.E., 1960. Dye phtosynthese der grunen pflanzen. In: RUHLAND, W., ed. **Handbuch der pflanzenphysiologie; encyclopedia of plant physiology**. Berlin, Springer-Verlag, v.5, pte. 1, p.85-114.
- LOPES, E.B. e L.G.E. LORDELLO, 1979. *Meloidogyne incognita* e *Fusarium solani* f. *piperi* associados à murcha da pimenta-do-reino na Paraíba. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, 54: 263-268.

- LORDELLO, L.G.E., 1964. Contribuição ao conhecimento dos nematóides que causam galhas em raízes de plantas em São Paulo e Estados vizinhos. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 21: 181-218.
- LORDELLO, L.G.E. e H.M. SILVA, 1974. Um nematóide nocivo à pimenta-do-reino. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 49: 165-166.
- MAAZE, U.C., 1979. Interações entre *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e deficiências nutricionais em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 102p. [Dissertação de Mestrado]
- MACEDO, M.C.M.; H.P. HAAG e L.G.E. LORDELLO, 1974. Influência do nematóide *Meloidogyne exigua* na absorção de nutrientes em plantas jovens de cafeeiro. Resultados preliminares. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 31: 91-104.
- MAGISTAD, O.C. e J.M. OLIVEIRA, 1934. Changes in plant-food intake caused by a population of *Heterodera marioni* (Cornu) Goodey on *Ananus comosus*. *Phytopathology*, Lancaster, 24: 276-283.

- MAUNG, O. e W.R. JENKINS, 1959. Effects of a root-knot nematode *Meloidogyne incognita acrita*, Chitwood, 1949 and a stubby-root nematode *Trichodorus christiei* Allen, 1957 on the nutrient status of tomato, *Lycopersicon esculentum* hort. var. Chesapeake. Plant Disease Reporter, Washington, 43: 791-796.
- MAYNARD, D.N., 1979. Nutritional disorders of vegetable crops: a review. Journal of Plant Nutrition, New York, 1: 1-23.
- MENDES, B.V.; C.O.N. CARDOSO; H.P. HAAG e T. MURAOKA, 1980. Efeito de *Meloidogyne incognita* sobre a acumulação de fósforo e nitrogênio em raízes de tomateiro. In: IV Reunião Brasileira de Nematologia, São Paulo, 1979, p.15-32.
- MEYER, B.S.; D.B. ANDERSON e R.H. BOHNING, 1960. Introduction to plant physiology. New York, Van Nostrand, 541p.
- MOODY, E.H., 1975. Growth, nutritional status, and water relation of Myrobalan 3 J plumum (*Prunus cevasifera*) inoculated with a root-lesion nematode, *Pratylenchus vulnus*. Dissertation Abstracts International, Ann Arbor, 36 B. 23. Apud Helminthological Abstracts, Serie B, St. Albans, 47: 29, 1978.
- [ref. 227]

NASR, T.A.; I.K.A. IBRAHIM; E.M. EL-AZAB e M.W.A. HAÏSAN, 1980.

Effect of root-knot nematodes on the mineral, amino acid and carbohydrate concentrations of almond and peach root-stocks. *Nematologica*, Leiden, 26: 133-138.

O DIHIRIN, R.A., 1971. Effects of root-knot and lesion nematodes on the transpiration and water utilization by tobacco plants. *Journal of Nematology*, Gainesville, 3: 321-322.

OHKI, K., 1976. Effect of zinc nutrition on photosynthesis and carbonic anhydrase activity in cotton. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 38: 300-304.

OLTHOF, T.H.A., 1978. Influence of population densities of *Heterodera schachtii* on sugar beets grown in microplots. *Journal of Nematology*, Gainesville, 10: 255-258.

OOSTENBRINK, M., 1960. Estimating nematodes populations by some selected methods. In: SASSAER, J.N. e W.R. JENKINS, eds. *Nematology*. Chapel Hill, N.C., University Of North Carolina Press. 85-102.

- OTEIFA, B.A., 1951. Effects of potassium nutrition and amount of inoculum on rate reproduction of *Meloidogyne incognita* (Kofoed and White) Chitwood, 1949. *Journal of the Washington Academic of Science*, 41: 393-395.
- OTEIFA, B.A., 1952. Potassium nutrition of the host in relation to infection by a root knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 19: 99-104.
- OTEIFA, B.A., 1953. Development of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, as affected by potassium nutrition of the host. *Phytopathology*, Lancaster, 43: 171-174.
- OTEIFA, B.A., 1955. Nitrogen source of the host nutrition in relation to infection by a root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease Report*, Washington, 39: 902-903.
- OTEIFA, B.A. e D.M. ELGINDI, 1962. Influence of parasitic duration of *Meloidogyne javanica* (Treub) on host nutrition uptake. *Nematologica*, Leiden, 8: 216-220.
- OWENS, R.G. e H.N. SPECHT, 1966. Biochemical alterations induced in host tissues by root-knot nematodes. *Contributions. Boyce Thompson Institute for Plant Research*, Menasha, 23: 181-198.

- PAULSON, R.E. e J.M. WEBSTER, 1970. Giant cell formation in tomato roots caused by *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla* (Nematode) infection. A light and electron microscope study. Canadian Journal of Botany, Ottawa, 48: 271.
- PETERBURGSKI, A.V. e I.M. BODROVA, 1958. "Studies on root nutrition and physiology of plants infected by root-knot nematodes". Dokladi. Moskovskaya Ordena Lenina Selskokhozyaistvennaya Akademiya imeni K.A. Timiryzeva, Nº 36, p.232-239 [in Russian]. Apud Helminthological Abstracts, Serie B, St. Albans, 32: 197, 1963. [ref. 1534]
- PITCHER, R.S., 1965. Interrelationships of nematodes and other pathogens of plants. Helminthological Abstracts, Serie B, St. Albans, 34: 1-17.
- PONTE, J.J. da, 1977. Nematóides das galhas; espécies ocorrentes no Brasil e seus hospedeiros. Mossoró, ESAM. 99p.
- POWELL, N.T., 1963. The role of plant parasitic nematodes in fungus diseases. Phytopathology, Lancaster, 53: 28-35.

- RAUT, S.P. e C.L. SETHI, 1980. Studies on the pathogenicity of *Meloidogyne incognita*, on soybean. Indian Journal of Nematology, New Delhi, 10: 166-174.
- RHODES, A.; W.G. TEMPLEMAN e M.N. THRUSTON, 1950. The effect of the plant growth regulator, 4-chloro-2-methyl-phenoxiacetic acid, on the mineral and nitrogen contents of plants. *Annals of Botany*, London, 14: 181-198.
- RUBINSTEIN, J.N. e R.G. OWENS, 1964. Thymidine and uridine incorporation in relation to the ontogeny of root-knot syncytia. Contributions. Boyce Thompson Institute for Plant Research, Menasha, 22: 491-502.
- RUEHLE, J.L., 1975. Response of shortleaf pine parasitism by plant-parasitic nematodes. *Plant Disease Reporter*, Washington, 59: 290-292.
- SANTANA, M.B.M.; G.C. PEREIRA e F.I. MORAIS, 1977. Métodos de análises, plantas e água utilizadas no laboratório do Setor de Fertilidade do CEPEC. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. p.21-23.

- SETTY, K.G.M. e A.W. WHEELER, 1968. Growth substances in roots of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) infected with root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, 61: 495-501.
- SHAFIEE, M.F. e W.R. JENKINS, 1963. Host-parasite relationships of *Capsicum frutescens* and *Pratylenchus penetrans*, *Meloidogyne incognita acrita*, and *M. hapla*. **Phytopathology**, Lancaster, 53: 325-328.
- SHARMA, R.D. e P.A.A. LOOF, 1974. Nematodes of the cocoa region of Bahia, Brazil. IV - Nematodes in the rhizospheres of pepper (*Piper nigrum* L.) and clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Theobroma**, Ilhéus, 4: 26-32.
- SHROTRI, C.K.; M.N. TEWARI e V.S. RATHORE, 1978. Morphological and ultrastructural abnormalities in Zn deficient maize chloroplasts. **Plant Biochemical Journal**, New Delhi, 5: 89-96.
- SHROTRI, C.K.; M.N. TEWARI e V.S. RATHORE, 1979. Effect of zinc on chlorophyll, sugars contents in maize (*Zea mays* L.). **Indian Journal of Experimental Biology**, New Delhi, 17: 58-60.

- SHROTRI, C.K.; V.S. RATHORE e P. MOHANTY, 1981. Studies on photosynthetic electron transport, photophosphorylation and CO₂ fixation in zinc deficient leaf cells of *Zea mays* L. *Journal of Plant Nutrition*, New Delhi, 3: 945-954.
- SIM, E.S., 1971. Dry matter production and major nutrient contents of black pepper (*Piper nigrum* L.) in Sarawak. *Malaysian Agricultural Journal*, Kuala Lumpur, 48: 73-93.
- SINGH, I.; V.P.S. CHAHAL; P.K. SAKHUJA e J.S. CHOCHAN, 1977. Effects of different levels of *Meloidogyne incognita* in the presence or absence of *Rhizobium phaseoli* on *Phaseolus aureus*. *Indian Journal of Nematology*, New Delhi, 7: 172-174. Apud *Helminthological Abstracts*, Serie B, St. Albans, 49: 45, 1980. [ref. 417]
- SINGH, N.D., 1975. Effect of inoculum level and plant age on pathogenicity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to tomato and lettuce. *Plant Disease Reporter*, Washington, 59: 905-908.
- SUNDARARAJU, P.; P.K. KOSHY e V.R. SOSAMMA, 1979. Plant parasitic nematodes associated with spices. *Journal of Plantation Crops*, Kasaragod, 7: 15-26.

- TAYLOR, A.L. e J.N. SASSER, 1980. **Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species).** Raleigh, NC, North Caroline State University. 111p.
- THORNE, G., 1961. **Principles of Nematology.** New York, McGraw Hill. 553p.
- TING, W.P., 1975. Plant pathology in penninsular Malaysia. **Review of Plant Pathology, Kew Surrey, 54: 287-305.**
- TRUDGILL, D.L., 1980. Effects of *Globodera rostochiensis* and fertilizers on the mineral nutrient content and yield of potato plants. **Nematologica, Leiden, 26: 243-254.**
- TRUDGILL, D.L.; K. EVANS e D.M. PARROT, 1975. Effects of potato cyst-nematodes on potato plants. II. Effects on haulm size, concentration of nutrients in haulm tissue and tuber yield of a nematode resistant and a nematode susceptible potato variety. **Nematologica, Leiden, 21: 183-191.**
- TURLYGINA, E.S., 1967. Changes in mineral content of plants infested by some nematodes. In: ZUCKERMAN, B.M.; M.W. BRZESKI; K.H. DEUBERT, eds. **English translation of selected East European papers in nematology.** East Wareham, University of Massachussets, pp.43-45. Apud Helminthological Abstracts, Serie B, St. Albans, 41: 130, 1972. [ref. 827]

- VAN GUNDY, S.D. e J.P. MARTIN, 1961. Influence of *Tylenchulus semipenetrans* on the growth and chemical composition of sweet orange seedlings in soils of various exchangeable cations ratios. *Phytopathology*, Lancaster, 51: 146-151.
- VARGHESE, T.M. e K. KUMARI, 1970. Meristem induction in *Solanum melongena* roots by *Meloidogyne incognita* var. *acrita*. *Nematologica*, Leiden, 16: 457.
- VEECH, J.A. e B.Y. ENDO, 1969. The histochemical localization of several enzymes of soybeans infected with the root-knot nematode *Meloidogyne incognita acrita*. *Journal of Nematology*, Gainesville, 1: 265.
- VEECH, J.A. e B.Y. ENDO, 1970. Comparative morphology and enzyme histochemistry in root-knot resistance and susceptible soybeans. *Phytopathology*, Lancaster, 60: 896.
- VENKITESAN, T.S., 1972. On the occurrence of plant parasitic nematodes associated with different crops in Cannannore District, Kerela. *Agricultural Research Journal of Kerala, Kerala*, 10: 179-180.

VIGLIERCHIO, D.R. e P.K. YU, 1965. Plant parasitic nematodes:

A new mechanism for injury of hosts. *Science*, Washington,

147: 1301-1303.

WAARD, P.W.F. de, 1969. Foliar diagnosis, nutrition and yield

stability of black pepper (*Piper nigrum* L.) in Sarawak.

Amsterdam, Royal Tropical Institute. 149p. [Communication
n.58]

WALLACE, H.R., 1973. Nematode ecology and plant disease.

London, Edward Arnold. 228p.

WIDDOWSON, J.P.; G.W. YEATES e W.B. HEALY, 1973. The effects

of root nematodes on the utilization of phosphorus by white
clover on a yellow-brown loam. *New Zealand Journal of*

Agricultural Research, Wellington, 16: 77-80. Apud

Helminthological Abstracts, Serie B, St. Albans, 42: 203,
1973. [ref. 1020]

ZEVEN, A.C., 1976. Black pepper. In: SIMMONDS, N.W., ed.

Evolution of crop plants. London, Longman. p.234-235.

8. APÊNDICE

Figura 1 - Aspecto do crescimento de pimenteiras-do-reino (*Piper nigrum* L.) infestadas por *Meloidogyne incognita*, 10 meses após a inoculação.

- A - Solo com fertilidade natural/sem nematóides
- B - Solo com fertilidade natural/com nematóides
- C - Solo com fertilização/com nematóides
- D - Solo com fertilização/sem nematóides

Figura 2 - Danos ao sistema radicular de pimenteiras-do-reino (*Piper nigrum* L.), infestadas por *Meloidogyne incognita*, 10 meses após a inoculação.

- A - Solo com fertilidade natural/sem nematóides
- B - Solo com fertilidade natural/com nematóides
- C - Solo com fertilização/com nematóides
- D - Solo com fertilização/sem nematóides

Figura 3 - Sintomatologia de deficiência nutricional de pimenteiras-do-reino (*Piper nigrum* L.), infestadas por *Meloidogyne incognita*, 10 meses após a inoculação.

Figura 4 - Detalhes da evolução de necroses foliares em folhas de pimenteiras-do-reino (*Piper nigrum* L.), infestadas por *Meloidogyne incognita*.

Quadro I - Caracterização físico-química do solo coletado na Fazenda Refúgio da Onça, município de Ituberá, Bahia, Brasil.

QUÍMICA		FÍSICA	
pH	(m.eq./100 g solo)	Umidade equivalente (%)	33,5
Al	"	Argila total (%)	34,8
Ca	"	Argila natural (%)	12,6
Mg	"	Areia grossa (%)	24,9
Ca + Mg	"	Areia fina (%)	14,1
K	"	Silte (%)	26,1
P	ppm	Grau de flocculação (%)	63,7
Zn	"	Densidade das partículas (%)	2,58
Cu	"		
Fe	"		
Mn	"		