

ADUBAÇÃO E RESISTÊNCIA DE PLANTAS A DOENÇAS E NEMATÓIDES

VALÉRIA CARPENTIERI PÍPOLO¹
JOSTON SIMÃO ASSIS²
IVONE P. GARCIA³

PÍPOLO, V.C., ASSIS, J.S., GARCIA, I.P. Adubação e resistência de plantas a doenças e nematóides. *Semina: Ci. Agr.*, Londrina, v.14, n.1, p.40-46, mar. 1993.

RESUMO: *A incidência e severidade das enfermidades, são características de cada combinação patógeno-hospedeiro-ambiente e dentre outros fatores, a fertilidade do solo determina a severidade e a distribuição geográfica das doenças de plantas. Além da resistência genética, a natureza da planta é a forma mais aceitável da influência dos fertilizantes na resistência, uma vez que esses estão geralmente ligados a características genéticas e fisiológicas da planta. A maior parte das pesquisas sobre o efeito da fertilidade do solo na resistência das plantas a doenças vem sendo realizadas com N,P,K, Ca e alguns micronutrientes. Os trabalhos estudados mostram que: a) o efeito de um nutriente sozinho sobre a resistência é diferente daquele quando os nutrientes estão associados; b) a forma pela qual o nutriente é administrado afeta a resistência das plantas; c) a grande variação dos efeitos dos nutrientes sobre a resistência de plantas a doenças impossibilita qualquer generalização.*

PALAVRAS-CHAVE: *Resistência a doenças; Fertilidade do solo; Melhoramento.*

1 – INTRODUÇÃO

Dentre outros fatores, a fertilidade do solo determina a freqüência estacional e a distribuição geográfica das doenças de plantas (STAKMAN; HARRAR, 1957).

Apesar da resistência à doenças depender principalmente de características genéticas, pode também ser considerada uma conseqüência da natureza da planta ou, ainda, das condições epidemiológicas. Dentre esses três aspectos, a resistência associada à natureza da planta seria a forma mais aceitável da influência dos fertilizantes, uma vez que os nutrientes atuam de forma a dificultar o desenvolvimento do patógeno no interior do hospedeiro (resistência ao desenvolvimento) e estão geralmente ligados a características fisiológicas da planta.

A expressão da resistência ou suscetibilidade a doenças, isto é, o grau e o nível de incidência e severidade das enfermidades, são características de cada combinação patógeno-hospedeiro-ambiente.

Os efeitos gerais dos nutrientes do solo sobre uma determinada doença muitas vezes são conhecidos, mas na maior parte dos casos não é possível avaliar a importância dos nutrientes individualmente e nem descrever a forma exata que cada um influe no desenvolvimento da doença. Em alguns casos o nutriente favorece na produção, disseminação e germinação do inóculo, em outros atua no estabelecimento e subsequente desenvolvimento do patógeno.

O conhecimento de como, quando e onde os nutrientes afetam a resistência de plantas a doenças pode ter grande valor prático quando se recomenda fertilizantes para as várias culturas.

Este trabalho de revisão teve como objetivo relatar o efeito dos fertilizantes sobre a resistência de plantas a doenças e nematóides.

2 – EFEITO DOS NUTRIENTES SOBRE A INCIDÊNCIA DE DOENÇAS

2.1 – Nitrogênio

A maior parte das pesquisas sobre o efeito da fertilidade do solo na resistência das plantas às doenças têm sido concentrada nos macronutrientes, principalmente N, P, K. Mas alguns trabalhos têm sido realizados para o estudo dos efeitos do Ca e de alguns micronutrientes.

PENNYPACKER (1990), revisando o efeito do N na resistência de alguns vegetais à murcha de *Verticillium*, verificou que a maioria dos trabalhos baseou-se na correlação entre a avaliação visual da doença e a quantidade de nutrientes adicionada ao solo. Poucos incluem análises da concentração de nutrientes nos tecidos dos hospedeiros. O nitrogênio tem maior efeito no sistema hospedeiro-patógeno, estando claro que não há consenso com relação ao efeito deste elemento na resistência. Embora alguns

-
- 1 - Mestre em Melhoramento Vegetal, doutoranda em Agricultura na UNESP-FCA, Campus Botucatu, Professora Assistente do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, CEP 86051-970, Londrina - Paraná - Brasil.
 - 2 - Doutorando em Agricultura na UNESP, FCA, Campus de Botucatu.
 - 3 - Doutoranda em Agricultura na UNESP-FCA, Campus de Botucatu.
-

resultados conflitantes possam ser atribuídos às razões antes mencionadas, a comparação de resultados onde as fontes de N foram citadas indicam que diferenças entre fontes de N também estão envolvidas. Níveis altos de $N-NH_4$ no solo aumentaram a resistência da alfafa, batata e tomate ao *Verticilium*; ao contrário, níveis altos de $N-NO_3$ no solo diminuíram a resistência da batata e do tomate ao mesmo fungo. Níveis baixos de $N-NO_3$, no solo, aumentaram a resistência do algodão ao *Verticilium*.

As duas fontes de nitrogênio, $N-NH_4$ e $N-NO_3$, também causam diferenças nos níveis de carboidratos solúveis na raiz. Devido à sua inerente toxidez para a planta, o NH_4 é imediatamente incorporado em aminoácidos e amidas quando entra nas células da raiz. Este processo requer um grande suprimento de carboidratos para fornecer os esqueletos carbônicos necessários e, conseqüentemente, haverá aumento da taxa de respiração e redução da quantidade de carboidratos solúveis. Nitrato, por outro lado, pode ser armazenado na célula ou pode ser reduzido a NH_3 nas células da raiz. A redução do nitrato também requer esqueletos carbônicos e, portanto, reduz o nível de carboidratos solúveis na raiz. Entretanto, quando o nível de $N-NO_3$ no solo é alto, $N-NO_3$ é translocado no xilema para os ramos onde é então reduzido. Assim, sob altos níveis de fertilização com $N-NO_3$ os níveis de carboidratos solúveis na raiz podem ser mais altos do que quando os níveis de $N-NO_3$ são baixos.

Para KEINATH & LORIA (1990), o nitrogênio parece influenciar o desenvolvimento da sarna da batata, indiretamente através de sua influência no pH do solo. Formas amoniacais de N, como o sulfato de amônio, e as que produzem amônia quando adicionadas ao solo, como a uréia, podem acidificar o solo ao longo do processo. Em primeiro lugar durante a nitrificação ions H são liberados no solo durante a conversão do amônio a nitrato. Em segundo lugar os ions amônio são absorvidos pelas raízes, que exudam ions para manter a eletroneutralidade. Amônia é tóxica para *S. scabies* "in vitro", mas a formação de NH_3 a partir de fertilizantes com NH_4 é improvável que ocorra no solo. Apesar disso não é possível considerar uma regra o efeito direto do NH_4 ou NH_3 sobre a doença.

STAKMAN & HARRAR (1957) salientam que o efeito dos nutrientes sobre a resistência das plantas a doença é muito variável, dificultando, assim, o estabelecimento de qualquer generalização. Um fato a ser considerado é o efeito do nutriente sozinho atuando sobre a resistência de plantas a doenças bem como os nutrientes que estão associados. O nitrogênio sozinho produz um efeito que é bem diferente se existir um balanço entre o nitrogênio o fósforo e o potássio e outros elementos, essenciais ou não.

Por outro lado, segundo AGRIOS (1969), a abundância de nitrogênio pode resultar plantas muito suculentas com período vegetativo muito prolongado, tornando-as mais suscetíveis a patógenos. É sabido que altas fertilizações com nitrogênio aumentam a suscetibilidade de pereiras a *Erwinia amylovora*, de fumo a *Pseudomonas tabaci* e ao vírus do mosaico do tabaco, de trigo à ferrugem e ao

oídio, e ainda aumenta a suscetibilidade de várias plantas à *Verticilium*. AGRIOS (1969) comenta ainda que deficiências de nitrogênio podem aumentar a suscetibilidade de algumas plantas a certas doenças como por exemplo tomate a murcha de *Fusarium*, de muitas solanáceas a *Pseudomonas solanacearum*, de beterraba a *Sclerotium rolfsii*, etc.

Segundo MARSCHINER (1989), as diferenças nas respostas de parasitas, obrigatórios e facultativos, quanto ao nitrogênio são baseadas nos requerimentos nutricionais dos dois tipos de parasitas. Parasitas obrigatórios retiram seus suprimentos de assimilados de células vivas. Por outro lado, parasitas facultativos ou semisaprófitos preferem tecidos em senescência.

Como regra geral, todos os fatores que dão suporte às atividades metabólicas e de síntese das células hospedeiras, e retardam a senescência da planta, aumentam a resistência a parasitas facultativos.

De acordo com HUBER & WATSON (1974), o nitrogênio tem sido intensamente estudado no que se refere a nutrição do hospedeiro e à severidade das doenças, principalmente porque frequentemente ele diminui a resistência a doenças. Estes estudos propõem que as desordens provocadas pelo aumento de nitrogênio na célula devem ser contornadas com um balanço proporcional de carboidratos. A maior parte das interações de patógenos e hospedeiro que provocam resistência ou suscetibilidade a doenças estão associadas à forma inorgânica em que se encontra o nitrogênio na planta: nitrato ou amônio. Nutrientes minerais inorgânicos parecem influenciar o potencial da doença mais do que o potencial do inóculo, e a origem do nitrogênio parece ser mais importante do que a quantidade. Corretivos orgânicos, ricos em nitrogênio, podem diminuir a doença mesmo aumentando a população do patógeno. O efeito da forma do nitrogênio, sobre os patógenos do solo que atacam as plantas, tem sido observado por muitos anos. A ocorrência de *Rhizoctonia solani* em beterraba é duas vezes maior na presença de $N-NH_4$ do que de $N-NO_3$. De forma semelhante a ocorrência de "damping-off" em alface e couve-flor foi maior com doses crescentes de $N-NH_4$, do que de $N-NO_3$. Isto pode ser explicado pelo aumento do nível de glutamina e asparagina pelo $N-NH_4$, em comparação com o $N-NO_3$. Doenças radiculares em feijão são reduzidas com $N-NO_3$ e aumentadas com $N-NH_4$. Resíduos que estimulam a oxidação biológica de $N-NH_4$ para $N-NO_3$ reduzem a severidade de doenças de raízes, entretanto, resíduos e fertilizantes químicos que inibem a nitrificação aumentam as doenças de raízes quando aplicados com $N-NH_4$. Doenças vasculares causadas por *Verticilium*, *Fusarium*, *Erwinia* e *Corynebacterium* são influenciadas pelas formas de nitrogênio (HUBER & WATSON, 1974).

ROBINSON & HODGES (1977) sugerem que a redução no teor de açúcares solúveis em função da adubação nitrogenada pode induzir o crescimento de *Drechslera sorokiniana* na superfície de *Poa pratensis*, mas tem pouca influência na severidade da doença.

MENEZES (1977) avaliou a influência de diferentes doses de nitrogênio na incidência de doenças foliares de

Phaseolus vulgaris. Os níveis de adubação nitrogenada não influenciaram a intensidade da doença.

2.2 – Fósforo

Os efeitos do fósforo sobre doenças ainda não estão esclarecidos. Para KEINATH & LORIA (1990), a forma do fósforo pode influenciar o ataque da sarna da batata se o pH do solo for alterado, como ocorre com a aplicação de escória básica $[(CaO)_5.P_2O_5.SiO_2]$, um fertilizante fosfatado utilizado na Europa. Depois de repetir a aplicação de escórias por 4 a 15 anos, esses autores observaram que tanto o pH do solo como o índice de infestação por sarna foram aumentados em quatro ou cinco experimentos. Em comparação com superfosfato e hiperfosfato aplicados, a uma taxa de 100kg de P_2O_5 /ha em um período de 14 anos, a escória básica aumentou significativamente o pH e o índice de sarna. Estes fertilizantes fosfatados têm efeito diferentes no pH do solo devido aos seus diferentes teores de CaO e à forma de Ca neles contido. Escórias básicas contém 45% de CaO e Ca_2SiO_4 , ambos com disponibilidade satisfatória de Ca. Hiperfosfato tem 48% de CaO, principalmente como carbonato apatita, um material relativamente insolúvel. Embora o superfosfato seja solúvel, ele é rapidamente convertido a formas menos disponíveis de P, e assim causa efeito no pH do solo.

TOUSSON et al. (1970) estudando o efeito do fósforo no controle de *Phytophthora cinnamoni*, verificaram que a aplicação de 628kg/ha de superfosfato em florestas de *Phytophthora radiata*, deficiente em P, causou uma recuperação das árvores, melhorou o desenvolvimento da copa e das raízes, e aumentou a população de micorrizas, o que diminuiu a população do patógeno.

MASCARENHAS et al. (1976), estudando diferentes doses de fósforo e potássio na adubação de soja variedade Sta. Rosa, em lassolo roxo de cerrado, verificaram que durante a época da maturação, quando ocorreram pesadas chuvas, o ataque de *Diaporthe phaseolorum var. sojae* foi intenso nas hastes, vagens e sementes das plantas que não receberam potássio. No entanto, nas que receberam potássio, houve pouco ou nenhum ataque do fungo. Observou-se ainda que onde aplicaram 20kg de K₂₀/ha não houve ataque do fungo e a qualidade das sementes foi mantida. Não foi possível, entretanto, correlacionar o teor de potássio nas folhas com a resistência das plantas ao fungo, uma vez que não houve diferença significativa entre os teores de potássio; porém as plantas adubadas com potássio apresentaram apreciável resistência ao patógeno.

2.3 – Potássio

O potássio não é um componente estrutural das plantas, mas sim, um elemento móvel transportador de cargas. Está envolvido na ativação de enzimas, mecanismos de transporte da membrana, síntese protéica e extensão celular. É claro que um desequilíbrio na quantidade deste elemento na planta tem o potencial de alterar o metabolismo do hospedeiro e reduzir sua habilidade de responder à

invasão do patógeno. HAFEZ et al. (1975), citados por PENNYPACKER (1990), notaram que a adição de potássio em solos deficientes nesse elemento não somente reduziu a incidência de murcha *Verticillium*, mas também diminuiu sua severidade. É possível que o maior alongamento da raiz foi responsável pela redução na incidência da murcha de *Verticillium* enquanto um aumento na capacidade para responder à invasão de patógenos, foi responsável pela redução na severidade da doença.

O efeito da adição de K na resistência a *Verticillium* é evidente, quando o elemento é deficiente no solo. Estudos realizados com fertilizantes potássicos demonstraram que geralmente existe uma relação inversa entre a quantidade de potássio no solo e a severidade da maioria das doenças, embora tal afirmação não possa ser generalizada. Quanto ao modo de ação, sabemos que o potássio afeta o metabolismo. A deficiência de potássio provoca o acúmulo de compostos de baixo peso molecular contendo especialmente nitrogênio e açúcares, porque há um aumento da ação enzimática e redução da fosforilação. Isto é frequentemente acompanhado pelo aumento da população de parasitas, provavelmente porque tais componentes constituem substâncias da dieta desses microrganismos. A adequada nutrição potássica aumenta o conteúdo de fenóis, os quais podem ter um papel benéfico na resistência da planta. O potássio enrijece o tecido da planta aumentando a resistência à penetração e à alimentação por insetos e outros parasitas. Em plantas deficientes em potássio os estômatos ficam abertos por mais tempo que o necessário aumentando as chances de penetração do patógeno. (USHERWOOD, 1980).

Tem-se afirmado que doenças de plantas foram controladas mais pelo uso do adubo potássico do que de qualquer outra substância, por ser o potássio um catalizador das atividades celulares. O potássio atua no desenvolvimento estrutural, favorecendo o espessamento das paredes externas da epiderme. O K participa das atividades enzimáticas, da síntese de proteínas atuando também na diminuição de compostos nitrogenados não protéicos, no aumento da taxa e duração do armazenamento de assimilados, no reforço dos caules, colmos e raízes, reduzindo o acamamento, na redução da senescência prematura, na melhoria da aparência e qualidade do produto, na melhor lignificação e composição bioquímica e na neutralização parcial de alguns dos aspectos não desejáveis da adubação nitrogenada (PRETTY, 1982).

Segundo HUBER & ARNY (1985), a adubação potássica tem aumentado a produtividade de culturas afetadas por doenças tendo-se conseguido aumentos de produtividade de 48%, 70% e 99% para doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, respectivamente. Em algodão, foi encontrado que a adubação potássica reduziu a incidência de *Verticillium* de 27% para 7% em solo não tratado. Quando tratado, não houve diferenças entre solo fumigado e solo com adição de K; no entanto, obtiveram maiores produções de fibra com adubação potássica. Nos EUA, a adição de K em soja, reduziu de 75% para 13% as sementes atacadas por *Diaporthe sojae* L.. A resistên-

cia de plantas de arroz à infecção por doenças é principalmente de natureza mecânica, dependendo da espessura da cutícula e da epiderme, do diâmetro da parede celular, da abertura estomática e da silicificação das células da epiderme. De forma geral, nas plantas a resistência ao alastramento de uma doença está altamente relacionada com a composição química dos conteúdos das células, embora sejam importantes a espessura e o grau de lignificação das paredes celulares.

MUNIZ & PONTE (1989) estudaram, como forma alternativa de controle do fungo *Alternaria dauci*, agente causal da "queima das folhas" de cenoura, a eficiência de três fungicidas combinados com suprimento de potássio (K_2SO_4 a 1%). Todos os tratamentos químicos superaram a testemunha. Dentre todos, o melhor foi constituído por pulverizações alternadas de captafol e oxicloreto de cobre, mais suprimento adicional de potássio, que apresentou 60% de controle da doença e superávit econômico sobre a testemunha.

BORKERT et al. (1987), em Londrina (PR), avaliaram o efeito da adubação com potássio na qualidade de sementes de soja. Os autores concluíram que deficiências de potássio causam redução na qualidade das sementes e diminuem seu rendimento. Sementes de soja produzidas em condições de deficiência de potássio apresentaram maior porcentagem de infecção por *Phomopsis* sp; *Cercospora kikuchii* e maiores danos provocados por percevejos.

2.4 – Cálcio

BLODGETT & COWAN (1935) citados por KEINATH & LORIA (1999), conseguiram mostrar que adição de CaO , $CaCO_3$, $CaSO_4$ e Na_2CO_3 não têm efeito sobre a sarna da batata, independentemente do efeito do pH do solo. Quando o $Ca(HO)_2$ foi aplicado ao solo para ajustar o pH de 5,0 para 9,0, encontraram uma correlação positiva entre ocorrência da doença e pH do solo. Pesquisas conduzidas em meio de cultura indicam que não há relação entre conteúdo de Ca nos tubérculos e suscetibilidade à sarna. Entretanto, há evidências de um efeito direto do Ca na suscetibilidade de tubérculos de batata ao *S. scabies*.

BANGERTH (1979), em um estudo sobre dosagens de cálcio nos tecidos das plantas, evidenciou que a presença desse elemento normalmente diminui a ocorrência de doenças. O cálcio é o principal constituinte da lamela média das paredes das células e, sendo assim, é um importante fator na resistência dos tecidos ao ataque de fungos, à infecção de raízes e, ainda, à rachadura de frutos.

BRATZ et al. (1992) estudaram um solo arenoso da Flórida durante três anos (1984-1986). As aplicações de Ca, na forma de $CaSO_4$, afetaram inconsistentemente o potencial bacteriano da podridão mole de tubérculos de batata *Solanum tuberosum*. O potencial foi estimado pela severidade da enfermidade (porcentagem de área da superfície afetada), em tubérculos que haviam sido submersos em uma suspensão aquosa de *Erwinia carotovora* subspécie *carotovora* e logo incubada por quatro dias em uma

câmara nebulizadora a 24°C. Com tubérculos recém-colhidos, a severidade da enfermidade foi em média de 49, 11 e 4% sobre todos os tratamentos em 1984, 1985, 1986, respectivamente. A severidade da enfermidade diminuiu, não variou e aumentou com o aumento da dose de CaO , para 450 e para 900kg/ha em 1984, 1985 e 1986, respectivamente. Em cada temporada, a severidade foi afetada por interações, incluindo os tratamentos com Ca. A eficácia das aplicações de Ca nas batatas, cultivadas em solos de baixo teor de Ca, para melhorar a resistência dos tubérculos à podridão mole bacteriana pode ser limitada por fatores associados com o ambiente e a cultivar utilizada.

2.5 – Enxofre

Um dos primeiros exemplos de controle de patógenos no solo com aplicação de nutrientes, foi dado por WHEELER & ADAMS (1987), citados por KEYNATH & LORIA (1990). Eles aplicaram enxofre elementar no solo para controlar a sarna da batata. A partir daí, outros mecanismos têm sido propostos para explicar o efeito supressivo do enxofre sobre a doença, e muitos estudos indicam que a supressão da doença é devida à redução do pH do solo quando o S é oxidado. A doença normalmente é menos severa em solos com pH abaixo de 5,4 do que acima deste valor.

2.6 – Cobre

Cobre (Cu), na forma de $CuSO_4$, tem sido usado para controlar sarna. Antes de 1900, $CuSO_4$, foi um dos compostos testados mais efetivos para controle de sarna, quando usado como meio para imersão de tubérculos ou aplicado no solo. Outros autores têm confirmado que $CuSO_4$ reduziu significativamente a sarna quando 56 kg/ha foram aplicados ao solo com pH de 5,5, mas essa taxa não é efetiva em solo com pH 4,9. Entretanto, índices de sarna foram mais baixos nos solos mais ácidos e o efeito do pH pode mascarar o efeito do Cu. Em outros estudos, $Cu SO_4$ não teve efeito para o controle de sarna, mas o pH do solo não foi determinado. Óxido cuproso reduziu a sarna em solo de pH 5,2-5,8, embora a redução não tenha sido estatisticamente significativa. O Cu-EDTA solúvel no solo foi negativamente correlacionado com a sarna em regressão múltipla para um entre três anos. Cobre parece ser tóxico para *S. scabies*, na concentração de 100ppm, comparável ao encontrado em alguns solos não adubados, reduziu o número de colônias de *S. scabies* da mesma forma que reduziu o índice da doença em experimentos em casa de vegetação. Entretanto o nível de cobre em plantas de batata não parece estar relacionado com a doença. Em outro experimento, no qual somente as raízes das plantas de batata foram expostas ao cobre, não houve redução dos sintomas nos tubérculos. Além disso, sob condições de campo, o conteúdo de Cu na periderme dos tubérculos não estava correlacionado com o índice de sarna. Embora o Cu controle a sarna da batata, não é usado comercialmente por causa do seu efeito negativo no crescimento da planta e na pro-

ção. Algumas das concentrações de Cu testadas eram tóxicas para o vegetal, resultando em baixo crescimento dos tubérculos, redução da formação de bulbos e queda na produção (KEINATH & LORIA, 1990).

2.7 – Ferro

Poucos estudos tem sido feitos para examinar as relações entre o ferro e o controle de sarna. Sulfato ferroso aplicado ao solo não controlou a sarna em teste de campo, mas mergulhando-se batata semente sadia em sulfato ferroso conseguiu-se uma redução de 47 para 18% na taxa de incidência de sarna. A concentração de Fe-EDTA solúvel no solo e o conteúdo de Fe na epiderme do tubérculo tem sido negativamente correlacionados com a sarna. Além disso, a deficiência de Fe inibe a suberização em raízes de feijão, e lenticelas suberizadas de tubérculos de batata são resistentes a *S. scabies*. Entretanto, não há dados disponíveis sobre a relação entre concentração de Fe e suberização em lenticelas de tubérculos de batata. (KEINATH & LORIA, 1990).

2.8 – Nutrientes Associados

SOAVE et al. (1977), estudando os elementos N, P, K, Mg e Si, isolados e conjuntamente, com relação à incidência de *Piricularia oryzae*, verificaram que, embora as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio tivessem aumentado significativamente, em função da aplicação desses nutrientes ao solo, não foi observada alteração significativa na produção de matéria seca. Dentre os elementos estudados, apenas o nitrogênio afetou significativamente aumentando a incidência de brusone, em concordância com os dados já obtidos por outros autores.

SINGH & SIRADHANA (1990) também realizaram experimentos aplicando diferentes doses de N, P e K e diferentes níveis de Fe, Mn, Zn e Cu na cultura de milho em Udaipur, na Índia. Esses autores verificaram que a severidade da doença foi significativamente menor nas plantas adubadas com 60kg/ha de P_2O_5 + 60kg/ha K_2O combinado com 90kg/ha de N e com 120kg/ha de N; porém a severidade da doença aumentou quando a combinação foi com 60kg/ha de N. Os resultados evidenciam que pequenas doses de N aumentam a severidade da doença em relação a doses maiores. As diferentes doses de P e K, isoladamente ou em combinação, reduzem a incidência da doença mas não tem efeito quando combinados com 60kg/ha de N. Com relação aos micronutrientes observou-se que a aplicação de cobre na faixa de 10 a 20 kg/ha reduziu a murcha significativamente. Aparentemente, os micro nutrientes diminuíram a severidade da doença, uma vez que a taxa máxima do ataque foi observada nas plantas que não receberam micronutrientes. Também o ferro, nas doses de 10 a 20kg/ha, teve efeito positivo para reduzir a enfermidade. O ferro ocorre nas células na forma de porfirinas, substâncias que fazem parte do sistema de enzimas oxidativas, essenciais para a fotossíntese e para a sín-

tese de clorofila. Assim, o metabolismo normal das plantas é afetado pela deficiência de ferro.

SALGADO & BALMER (1975) cultivaram plantas de algodoeiro em diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, sendo posteriormente, inoculadas com *xantomonas malvacearum* três folhas de idades fisiológicas diferentes. A avaliação dos sintomas da doença foi efetuada através do maior diâmetro das manchas. Foi observado, ainda, que a reação de plantas de algodoeiro, suscetíveis a *xantomonas malvacearum*, foi influenciada pelos diferentes níveis de N, P e K, e que as folhas superiores mostraram-se mais suscetíveis do que as folhas medianas e estas às inferiores. Para plantas resistentes, foi observado que os diferentes níveis de nutrientes não influenciaram a reação das plantas ao patógeno em questão.

3 – EFEITO DOS NUTRIENTES SOBRE O PARASITISMO DE NEMATÓIDES

LINFORD (1941) estudando o parasitismo do *Meloidogyne sp* em partes aéreas de várias plantas, observou que os machos eram relativamente abundantes em folhas de feijão *Vigna sinensis* Endl, especialmente nas nervuras menores e perto das margens, onde o pequeno crescimento das fêmeas indicava nutrição deficiente do hospedeiro.

MACLURE & VIGLIERCHIO (1966), trabalhando com cultura de raiz de pepino *Cucumis sativus* L., observaram diminuição do crescimento da população de *M. incognita* quando as concentrações de sacarose e de ferro quelatado do meio eram diminuídas e aumentava quando diminuíam as concentrações de vitaminas e macronutrientes. A razão sexual de *M. incognita* mostrou-se dependente da nutrição do hospedeiro. Em meio com concentração mínima de sacarose ocorreu 100% de machos.

DAVID & TRIANTAPHYLLOU (1967), em experimento com tomateiros em vasos, observaram que o crescimento de *M. incognita* era retardado nas plantas sujeitas a tratamentos com deficiências simples ou combinadas de nitrogênio, fósforo e potássio. A porcentagem de machos foi maior em todos os tratamentos deficientes, mas as relativamente baixas em todos os casos.

3.1 – Nitrogênio

OTEIFA (1955) verificou menor número de fêmeas e ootecas de *M. incognita* em raízes de feijoeiro *P. lunatus* L. quando a fonte de nitrogênio na solução nutritiva era amônia em lugar de nitrato. Admitiu-se que isto seria possivelmente devido ao efeito inibidor dos íons de amônia no nascimento das larvas.

BIRD (1960) observou crescimento mais rápido de *M. incognita* em tomateiro deficiente em nitrogênio. A proporção de fêmeas com ootecas aos 24 dias foi de 55% e 8% respectivamente nas plantas com e sem deficiência. Embora menos evidente, o ciclo também foi acelerado na ausência de magnésio, ferro e potássio.

KAMPFE & KERSTAN (1964) notaram aumento de machos de *Heterodera schachtii* quando as plantas infestadas de *Brassica rapa* L. cresciam sob condições de deficiência de nitrogênio.

3.2 – Potássio

OTEIFA (1951) verificou que em feijoeiro *Phaseolus lunatus* L. cultivado em vasos em casa de vegetação, infestados pelo *M. incognita*, os níveis médio e alto do nutriente potássio proporcionaram desenvolvimento de maior número de galhas, fêmeas e ootecas. OTEIFA (1953) demonstrou, experimentalmente, que a nutrição potássica teve efeito considerável no tempo necessário para que as fêmeas de *M. incognita*, parasitando o feijoeiro, atingissem a maturidade e iniciassem a postura. A produção de ovos foi iniciada aos 40, 24 e 16 dias para os tratamentos deficientes, ótimo e excessivo, respectivamente.

MARKS & SAYRE (1964) estudaram a correlação entre a nutrição de potássio com o desenvolvimento de nematóide de galhas em pepino. O crescimento de *M. incognita* foi retardado em baixos níveis de potássio e acelerado com altos teores. As populações finais deste nematóide foram significativamente maiores quando havia excesso do nutriente. As espécies *M. javanica* e *M. hapla* não foram influenciadas por esse elemento.

SANTOS (1978) inoculou *M. exigua* em mudas de café *Coffea arabica* variedade Mundo Novo e observou diminuição do número de galhas e de produção de ovos com a aplicação crescente de cloreto de potássio.

FERRAZ & FUZZATO (1987), visando conhecer os efeitos do emprego de fertilizantes no mecanismo de resistência à fusariose e ao nematóide *Meloidogyne incognita*, instalaram em 1960-62 dois ensaios em Guararapes-SP. A adubação potássica em seus diferentes níveis

não favoreceu o controle da fusariose.

3.3 – Nitrogênio e Potássio

SHANDS & CRITTENDEN (1957) relataram que as maiores doses de nitrogênio e de potássio aumentaram a penetração de larvas de *M. incognita* na cultivar de soja Anderson (resistente) e o número de galhas nas cultivares de soja Adams (suscetível) e Wakash (moderadamente suscetível).

JAEHN (1980) estudou os efeitos do nitrogênio e do potássio na infestação, crescimento e reprodução de *M. incognita* em mudas de café. O número total de ovos foi maior nos tratamentos com dose dupla de nitrogênio e menor com a omissão de nitrogênio. De forma semelhante os tratamentos com adubação potássica apresentaram maior número de ovos que os sem adubação. O tratamento sem adubação potássica apresentou menor número de ovos que todos os demais. O excesso de potássio resultou em menor número de ovos dentro das doses zero e normal de nitrogênio.

NOVARETTI et al. (1989), em Piracicaba (SP), avaliaram o efeito do composto de bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro, palha de algodão e esterco de curral no controle de nematóides. Embora os resultados não tenham indicado uma ação nematicida significativa do composto, os autores concluíram que o composto aplicado no solo apresenta um certo efeito sobre os nematóides; efeito esse que não tem como reflexo uma redução da população desses fitoparasitas, mas, provavelmente devido ao fortalecimento da planta em função da melhoria nas características físico químicas do solo, o que possibilita a ela suportar maiores níveis de ataque, sem registrar grandes reduções na produtividade.

PÍPOLO, V.C.; ASSIS, J.S.; GARCIA, I.P. Fertilization and resistance of plants to diseases and nematodes. *Semina: Ci. Agr.*, Londrina, v.14, n.1, p.40-48, Mar. 1993.

ABSTRACT: *The degree and level of the development of plant are typic for each combination host-pathogen-environment and, among others factors, soil fertility determines the frequency and the geographyc distribution of the plant diseases. In addition to the genetic resistance, the plant nature is the most acceptable form of the fertilizer influence on resistance, since fertilizers are, frequently related to the phisiologic characteristics of the plants. Most of the researchs on the effect of soil fertility on plant resistance to diseases have been conducted with N, P, K, Ca and some nutrients. The studies have shown that: a) the effect of a single nutrient on the plant resistance to disease is different of that when several nutrients are combined; b) the way by which the nutrient is supplied affects the plant resistance; c) the great variability observed in respect to the effect of a nutrient on the plant resistance to diseases permits no generalization.*

KEY-WORDS: *Resistance to diseases; Soil fertility; Plant breeding.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, S.N. *Plant Pathology*. New York: Academic Press, 1969, p.161-173: Effect of enviroment on development of infectious plant diseases.

BANGERTH, F. Calcium related physiological disorders of plants. *Ann. Rev. Phytopathol.*, n.17, p.97-122, 1979.

BIRD, A.F. The effect of some single element deficiencies on the growth of *Meloidogyne javanica*. *Netatologia*, v.5, p.78-85, 1960.

BLODGETT, F.M., COWAN, E.K. Relative effects of calcium and acidity of the soil on the occurrence of potato Scab. *Amer. Potato Journal*, Florida, v.12, p.265-274, 1935.

Semina: Ci. Agr., v.14, n.1, p.40-46, mar. 1993.

- BORKERT, C.M.; COSTA, N.P. da; FRANÇA NETO, J. de B.; SFREGO, G.J.; HENNING, A.A. Potassium Fertilization Reduces Disease and Insect Damage in Soybean. *Better Crops International*, v.3, n.2, p.3-5, 1987.
- BRATZ, J.A.; LOCASCIO, S.; WEINGARTNER, D.P. Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in north Flórida. II Effect on the bacterial soft rot potential in the tubers. *Amer. Potato Journal*, Florida, v.69, p.39-50, 1992.
- DAVID, R.G.; TRIANTAPHYLLOU, A.C. Influence of the environment on development and sex differentiation of root-knot nematodes. II Effect of host nutrition. *Nematologica*, n.13, p.111-117, 1967.
- FERRAZ, C.A.M.; FUZATTO, M.G. Efeito de aplicação de fertilizantes no controle da Fusariose do algodoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.12, n.2, p.123-128, 1987.
- HAFEZ, A.A.R.; STOUT, P.R.; DE VAY, T.E. Potassium uptake by cotton in relation to verticillium wilt. *Agronomy Journal*, v.67, p.359-361, 1985.
- HUBER, D.M.; WATSON, R.D. Nitrogen form and plant disease. *An. Rev. of Phytopathology*, v.12, p.139-165, 1974.
- HUBER, D.M.; ARNY, D.C. Interactions of potassium with plant disease. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM POTASSIUM IN AGRICULTURE, Munson, Atlanta, 1985. Proceeding of International Symposium Potassium in Agriculture, p.468-488.
- JAEHN, A. Efeito de nitrogênio e de Potássio em *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949, como parasito do cafeeiro (*Coffea arábica* L.). Piracicaba, 1980. 47p. Dissertação (Mestrado)—ESALQ.
- KAMPFE, L.; KERSTAN, V. Die Beeinflussung des gescerlechtsverhältnisses, in der gattung *Heterodera schimidti*. *Nematologica*, v.10, p.388-398, 1964.
- KEINATH, A.P.; In: ENGELHARD, A.W. (ed) *Soilborne plant pathogen: management of diseases with macro and micronutrients*. New York. Aps Press, p.152-166, 1990.
- LINFORD, M.B. Parasitism of the root-knot nematode in leaves and stems. *Phytopathology*. v.31, p.634-648, 1941.
- MACLURE, M.A.; VIGLIERCHIO, D.R. The influence of host nutrition and intensity of infection on the sex ratio and development of *Meloidogyne incognita* in sterile agar cultures of excised cucumber roots. *Nematologica*, v.12, p.248-258, 1966.
- MARSCHINER, H. *Mineral nutrition fo higler plants* 3. ed. San Diego, [s.n.], 1989, p.369-391.
- MARKS, C.F.; SAYRE, R.M. The effect of potassium on the rate of development of the root - knot nematodes *Meoidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. hapla*. *Nematologica*, v.10, p.323-327, 1964.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; BATAGLIA, O.C.; TISELLI, O.F.; BRAGA, N.R.; SOAVE, J. Efeito da adubação potássica sobre o ataque da soja pelo *Diaporthe phaseolum*. *Summa Phytopatologica*, São Paulo, v.2, n.3, p.230-234, 1976.
- MENEZES, J.R. Comportamento de seis cultivares de feijoeiro comum ao complexo de doenças fúngicas, principalmente antracnose e ferrugem. *Fitopatologia Brasileira*, v.12, n.7, 1987.
- MUNIZ, J.O. de L., PONTE, J. Combinação de Fungicidas e Potássio no controle da queima das folhas da cenoura. *Fitopatologia Brasileira*, v.14, n.1, p.86-88, 1989.
- NOVARETTI, W.R.T.; CALDERÁN, J.O.; STRABELLI, J.; AMORIM, E. Efeitos da utilização de compostos associado ou não a nematicida e adubos minerais, no controle de nematóides e na Produtividade da cana-de-açúcar. Piracicaba. *Nematologia Brasileira*, v.13, p.93-107, 1989.
- OTEIFA, B.A. Effects of potassium nutrition and amount of inoculum on rate of reproduction of *Meloidogyne incognita*. *J. Wash. Acad. Sci.*, v.41, p.393-395, 1951.
- Nitrogen source of the host nutrition in relation to infection by a root nematode, *Meloidogyne-incognita*. *Plant disease reporter*, v.39, p.902-903, 1955.
- PENNYPACKER, B.W. Nutrition and resistance to *Verticillium* wilt. In: ENGELHARD, A.W. (ed.) *Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro and micronutrients*, New Aps Press, p.34-41, 1990.
- PRETTY, K.M. Potassium and crop quality. In: Potassium for Agriculture a situation analysis. Atlanta: Phosphate & Phosphate Institute, 1980. p.177-194.
- ROBINSON, W.P.; HODGES, C.F. Effect of nitrogen on free amino acids and soluble content of *Poa pratensis* an infection and disease severity by *Drechslera sorokiniana*. *Phytopathology*, v.67, n.10, p.1239-1244, 1977.
- SANTOS, J.M. Efeitos de fertilizantes sobre *Meloidogyne exigua* e influencia de seu parasitismo sobre a absorção e translocação de nutrientes em mudas de *Coffea arabica* L. Viçosa, 1978. 49p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Viçosa.
- SALGADO, C.L.; BALMER, E. Influência do estado nutricional nas reações do algodoeiro a *Xantomonas malvacearum* (E.F. SMITH) DOWSON. *Summa Phytopatologica*, São Paulo, v.1, p.119-124, 1975.
- SHANDS, W.A.; CRITTENDEN, H.W. The influence of nitrogen and potassium on the relationship of *Meloidogyne incognita* and soybeans. *Phytopathology*. v.47, p.454, 1957.
- SINGH, S.D.; SIRADHANA, B.S. Effect of macro and micronutrients on the development of late wilt of maize induced by *Cephalosporim maydis*. *Phytopathology*, v.16, p.140-145, 1990.
- SOAVE, J., FURLANI, P.R.; AZINI, L.E. Relação entre o estado nutricional do arroz *Oriza sativa* L. e a suscetibilidade a *Piricularia oryzae* CAV., agente causal da bruzone. *Summa Phytopatologica*, São Paulo, v.3, p.118-123, 1977.
- STAKMAN, E.C.; HARRAR, J.G. *Principles of plant pathology*. New York: Ronald Press. 1957, 581p.
- TOUSSON, T.A.; BEGA, R.V.; NELSON, D.E. *Root diseases and Soilborne pathogen*. Brevieley: Ub. Calf. Press, 1970. 252p.
- USHERWOOD, N.R. The effects of potassium on plant disease. In. POTASSIUM OF AGRICULTURE A SITUATION ANALYSIS. Atlanta: Potash e Phosphate Institute, 1980, p.240, p.151-163.
- WHELLER, H.J., ADAMS, G.E. On the use of flowers of sulfur and sulfate of ammonia as preventive of the potato Scab in contaminated soils. *Rode Is. Expt. Stn. Ann. Rept.*, v.10, p.154-268, 1897.

Recebido para publicação em 24/09/92