

RENAN BATISTA QUEIROZ

ADUBAÇÃO COM ENXOFRE, NITROGÊNIO, CÁLCIO E POTÁSSIO
AFETANDO A INTERAÇÃO ENTRE *Tuta absoluta* E O TOMATEIRO

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

RENAN BATISTA QUEIROZ

ADUBAÇÃO COM ENXOFRE, NITROGÊNIO, CÁLCIO E POTÁSSIO
AFETANDO A INTERAÇÃO ENTRE *Tuta absoluta* E O TOMATEIRO

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2011.

Prof. Flávio Lemes Fernandes

Prof. Ézio Marques da Silva

Dr. Sérgio Tinôco Verçosa de
Magalhães

Prof. Marcelo Coutinho Picanço
(Orientador)

A Deus, pela minha existência.

Agradeço

À minha esposa Elaine Cordeiro do Nascimento, pelo amor, paciência e companheirismo nestes anos de convivência.

Ao meu filho Miguel Nascimento Queiroz, pelas experiências de amor e alegria vividas e tudo de bom que virá.

Aos meus Pais, Diosmar Gabriel de Queiroz e Leine Rose Batista Queiroz, por todos os ensinamentos e por sempre acreditarem em mim e terem feito o possível e o impossível para que eu chegasse até aqui.

À minha irmã, Kamila Batista Queiroz, pelo amor e estímulo fraternal.

Dedico

Ao amigo e mestre, Marcelo C. Picanço, pela amizade e ensinamentos.

Aos cientistas e aos brasileiros.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Entomologia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo, sem a qual seria impossível a conclusão do curso.

Ao professor Marcelo Coutinho Picanço pela participação na minha formação, orientação e amizade. Meus agradecimentos também a sua esposa Kátia, pelo agradável convívio.

Ao doutorando Jander Rosado e aos mestrandos Pablo Gontijo, Ricardo Siqueira e Tarcísio Visintin pela valiosa ajuda na condução dos experimentos.

Aos amigos do 2032, Eduardo, Fábio, Roni, Esley, Miquéias, Julierme, Renan Eliotério, Marcus Vinícius e Willer pela grande amizade, companheirismo e convívio no Alojamento.

Aos amigos da graduação Geraldo Júnior, Vitor Pirovani, Renan Lima, Luciano Satler, Ancidérton Castro, Mavenis Rassa e Hudson Vaner.

Aos amigos do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas: Adriano, Aelton, Alan, Ariel, Dalton, Diogo, Elisângela, Elizeu, Emerson, Gerson, Helen, Henrique, Jardel, Jorgiane, Júlio, Maíra, Maria Elisa, Mateus Chediak, Mayara, Nilson, Paulo, Reginaldo, Renata, Rodrigo, Rogério, Silvério, Suelen, Suzana, Tadeu e Vânia, pela amizade e valiosa colaboração durante a coleta dos dados.

Aos demais estagiários do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, pela amizade e agradável convivência.

Aos membros da banca de tese Dr. Ézio Marques da Silva, Dr. Flávio Lemes Fernandes e Dr. Sérgio Tinôco Verçosa de Magalhães pelas críticas e sugestões.

Aos docentes da Universidade Federal de Viçosa pelo aprendizado proporcionado ao longo da minha formação.

Aos colegas do curso de Pós-graduação em Entomologia pelas discussões durante as disciplinas cursadas.

Aos funcionários Domingos e Itamar do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFV.

À D. Paula, Miriam e José Evaristo pela amizade e solicitude no convívio na Entomologia.

À minha sogra D. Lia, e cunhadas, Fabiana, Flávia e Elisângela pela confiança depositada em mim e pelos deliciosos almoços em Turmalina.

A toda minha família pelo carinho, atenção e confiança.

A todos aqueles que, não mediram esforços para a realização desta pesquisa e para a minha formação pessoal e profissional.

BIOGRAFIA

RENAN BATISTA QUEIROZ, filho de Diosmar Gabriel de Queiroz e Leine Rose Batista Queiroz, nasceu em São Francisco, MG, no dia 22 de novembro de 1985.

No período de 1997 a 2000, cursou o ensino fundamental na Escola Estadual José Bernardino, Icaraí de Minas-MG.

No período de 2001 a 2003, cursou o ensino médio no Colégio Indyu, Montes Claros-MG.

Em março de 2004 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, onde iniciou seus trabalhos na de Entomologia Agrícola em 2005 com o Prof. Marcelo Coutinho Picanço. Foi bolsista de iniciação científica do PIBIC/CNPq durante dois, desenvolvendo pesquisas na área de manejo integrado de pragas de hortaliças, grandes culturas, fruteiras e ornamentais. Foi monitor da disciplina de Manejo Integrado de Pragas do curso de Agronomia durante dois anos.

Em março de 2009, ingressou no curso de Mestrado em Entomologia na UFV, o concluindo em fevereiro de 2011. Em março deste ano ingressou no curso de Doutorado em Entomologia nesta mesma instituição.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	3
RESULTADOS.....	7
DISCUSSÃO.....	14
CONCLUSÕES.....	17
LITERATURA CITADA.....	18

RESUMO

QUEIROZ, Renan Batista, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Adubação com enxofre, nitrogênio, cálcio e potássio afetando a interação entre *Tuta absoluta* e o tomateiro.** Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Co-orientadora: Hermínia Emília Prieto Martinez.

Os nutrientes utilizados na adubação das plantas afetam sua suscetibilidade aos insetos herbívoros. Entre as principais pragas do tomateiro no mundo está a traça *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a influência da adubação das plantas com cálcio, enxofre, nitrogênio e potássio na reprodução, desenvolvimento, sobrevivência e danos de *T. absoluta*. Este trabalho foi conduzido em casa de vegetação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com nove tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de níveis de adubação em deficiência e em excesso de cálcio, enxofre, nitrogênio e potássio. Além destes níveis estabeleceu-se um tratamento com adubação normal. Um mês após o início do experimento, foram transferidos ovos de *T. absoluta* para as folhas do tomateiro. Diariamente avaliaram-se o número de insetos sobreviventes, o estágio de desenvolvimento

dos insetos e o número de minas por folha. Foram determinados os teores de nutrientes nas folhas do tomateiro. Dos nutrientes estudados apenas as doses de enxofre e de nitrogênio usadas na adubação afetaram *T. absoluta*. Nas plantas com adubação normal foi menor a reprodução de *T. absoluta*, maior a mortalidade larval e estas plantas sofreram menores danos do que aquelas com deficiência nutricional. O máximo desempenho reprodutivo de *T. absoluta* ocorreu em plantas com deficiência nutricional. As plantas com maiores teores de nutrientes nas folhas foram menos suscetíveis a *T. absoluta*.

ABSTRACT

QUEIROZ, Renan Batista, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Fertilization with sulfur, nitrogen, potassium and calcium affect the interaction between tomato and *Tuta absoluta***. Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-adviser: Hermínia Emília Prieto Martinez.

The nutrients used for plant fertilization affect their susceptibility to insect herbivores. Among the major pests of tomato in the world is a leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Thus, the aim of this study was to determine the influence of plant fertilization with calcium, sulfur, nitrogen and potassium in reproduction, growth, survival and damage of *T. absoluta*. This study was conducted in a greenhouse. The experimental design was randomized blocks with nine treatments and five replications. The treatments consisted of fertilization levels of deficiency and excess calcium, sulfur, nitrogen and potassium. One treatment with normal fertilization was established beyond these levels. The eggs from *T. absoluta* were transferred for the leaves of tomato a month after the start of the experiment. The number of surviving insects, the developmental stage of insects and the number of mines per leaf were evaluated daily. The contents of nutrients were determined in leaves of

tomato. Among the nutrients studied, only the doses of sulfur and nitrogen fertilizer used in the affected *T. absoluta*. The reproduction of *T. absoluta* was lower in plants with normal fertilization, higher the mortality of larvae and these plants suffered less damage than those with nutritional deficiency. The maximum reproductive performance of *T. absoluta* occurred in plants with nutritional deficiency. The plants with higher levels of nutrients in leaves were less susceptible to *T. absoluta*.

INTRODUÇÃO

Um dos fatores que mais influenciam o crescimento, defesa, reprodução e sobrevivência das plantas é seu estado nutricional (Chen et al., 2004). Plantas bem nutridas crescem mais rápido, produzem mais tecido foliar e apresentam maiores teores de nutrientes nas folhas (Hartvigsen et al., 1995). Além disso, elas, geralmente, têm concentrações mais altas de compostos do metabolismo secundário, os quais estão envolvidos na sua defesa contra insetos herbívoros (Hartvigsen et al., 1995; Chen et al., 2010).

Os nutrientes utilizados na adubação das plantas exercem efeito “bottom-up” sobre os insetos herbívoros. Este efeito, descrito em diversos sistemas biológicos, está relacionado com forças exercidas pelas plantas em função de algumas características fisiológicas e/ou morfológicas das plantas com a capacidade de regular a população de insetos herbívoros (Wratten, 1992; Walker & Jones, 2001).

Como os nutrientes estão envolvidos nos processos fisiológicos e nas características morfológicas das plantas, todos os macronutrientes e micronutrientes podem afetar a relação inseto-planta (Schoonhoven et al., 2005). As plantas de tomate são exigentes em nutrientes recebendo altas doses destes compostos na sua adubação. Entre os nutrientes mais absorvidos pelo tomateiro estão o nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre (Fayad et al., 2002). Destes nutrientes, o nitrogênio tem sido o mais estudado em pesquisas na relação inseto-planta (Schoonhoven et al., 2005).

O nitrogênio participa da síntese de ácidos nucléicos, proteínas, fosfolipídios e metabólitos secundários (Marschner, 1995). Já o potássio

participa de ativações enzimáticas da síntese protéica, divisão celular e metabolismo dos carboidratos em plantas e animais (Marschner, 1995). O cálcio neutraliza os ácidos orgânicos nas plantas, estimula o desenvolvimento das raízes e folhas e é constituinte de compostos das paredes celulares (Marschner, 1995). O enxofre está envolvido na formação das estruturas terciárias das proteínas através das pontes dissulfeto, conferindo atividade biológica às proteínas e é componente de vitaminas como a tiamina e a biotina (Karmoker et al., 1991; Marschner, 1995). Além disso, participa de compostos do metabolismo secundário das plantas (Grubb et al., 2006; Halkier et al., 2006).

Todos estes nutrientes são essenciais para o crescimento, desenvolvimento e reprodução dos insetos herbívoros (Marschner, 1995). Um dos insetos herbívoros mais importantes em cultivos de tomate na América do Sul é a traça, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Picanço et al., 1997; 1998). Atualmente, a maioria dos países europeus e da região mediterrânea da África também tem sofrido com o ataque desta praga (Urbaneja et al., 2007; Potting, 2009). O ataque de *T. absoluta* se caracteriza pela alimentação do mesófilo foliar e broqueamento dos ápices caulinares e dos frutos pelas lagartas (Coelho & França, 1987; Picanço et al., 1997; Paula et al., 1998; Miranda et al., 2005). A produtividade e a qualidade dos frutos são reduzidas pela alimentação direta desta praga, na qual têm sido relatadas perdas de 50 a 100% (EPPO, 2005).

O ciclo de vida deste inseto varia de 24 a 76 dias (Barrientos, 1998). Seus ovos são encontrados nas folhas de forma isolada ou em grupos de dois a cinco. No estágio larval o inseto passa por quatro instares. Suas pupas são encontradas nos folíolos, nos frutos ou no solo. Os adultos têm coloração cinza prateada, abdome marrom-claro e vivem de 8 a 36 dias (Coelho & França, 1987).

Apesar da importância de *T. absoluta* e da interferência da adubação na interação inseto-planta, não existem trabalhos sobre este assunto envolvendo esta praga. Assim, o objetivo desse trabalho foi determinar a influência da adubação das plantas de tomateiro com cálcio, enxofre, nitrogênio e potássio na reprodução, desenvolvimento, sobrevivência e danos de *T. absoluta*, a fim de testar a hipótese: a adubação normal diminui o dano provocado pela *T. absoluta* e dificulta sua sobrevivência.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa de março a junho de 2010, sob temperatura de 25 ± 5 °C, umidade relativa de 50-70 % e fotofase de $11,90 \pm 0,04$ horas. Estas condições possibilitam um desempenho ótimo de *T. absoluta* (Barrientos, 1998) e, assim, não permitiu a interferência de fatores externos na condução do experimento.

Foram utilizadas mudas de tomate da variedade Santa Clara. Estas mudas foram produzidas em bandejas de isopor (68 x 34 x 5 cm) com 200 células. Aos 15 dias após a germinação as raízes das mudas foram lavadas em água corrente para retirada do substrato. As plantas foram conduzidas no sistema de hidroponia sem aeração, visto que plantas de tomate têm sido cultivadas com sucesso neste sistema (Kratky & Bowen, 1988; Kratky, 1993).

O cultivo das plantas foi realizado em vasos plásticos de cinco litros contendo solução nutritiva. Sobre cada vaso foi colocada uma tampa de isopor com 15 cm de diâmetro e 2 cm de espessura recoberta por tecido não tecido (TNT) preto. Na parte central desta tampa foi feito um orifício de 3 cm de diâmetro para passagem da planta. O material utilizado no experimento foi lavado com detergente neutro e água corrente para a eliminação de poeira e resíduos existentes.

O pH da solução contida em cada vaso foi medido diariamente utilizando-se pHmetro (modelo PHTEK). O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,5 utilizando-se NaOH 0,1 mol.L⁻¹ ou HCl 0,1 mol.L⁻¹. Semanalmente, foi avaliada a condutividade elétrica (mS.cm⁻¹) da solução nutritiva em cada vaso. Quando a condutividade da solução de uma parcela experimental diminuiu 50% do valor medido no início do experimento, realizou-se a troca das soluções de todas as parcelas.

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com nove tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de dois níveis de adubação (deficiente e excesso) dos nutrientes cálcio, enxofre, nitrogênio e potássio. As doses de cálcio, enxofre, nitrogênio e potássio em deficiência e excesso foram: 0,04 e 0,120; 0,016 e 0,08; 0,042 e 0,168; 0,078 e 0,234 g.L⁻¹, respectivamente. Além destes níveis de nutrientes estabeleceu-se um tratamento com adubação normal dos nutrientes. Neste tratamento, as doses de cálcio, enxofre, nitrogênio e potássio foram: 0,08; 0,048; 0,112 e 0,156 g.L⁻¹ (Adams, 1994). A parcela experimental foi constituída por um vaso contendo uma planta.

Ainda foi usado nas soluções nutritivas 0,036 g.L⁻¹ de magnésio; 0,062 g.L⁻¹ de fósforo; 0,50 mg.L⁻¹ de boro; 0,20 mg.L⁻¹ de cobre; 2,01 mg.L⁻¹ de ferro; 0,78 mg.L⁻¹ de manganês; 0,04 mg.L⁻¹ de molibdênio e 0,09 mg.L⁻¹ de zinco (Perez et al., 1977). As fontes dos macronutrientes utilizadas nas soluções nutritivas foram: MgSO₄, Ca(NO₃)₂, KNO₃, Mg(NO₃)₂, CaSO₄, KH₂PO₄, NaNO₃, CaCl₂, NH₄NO₃. As fontes dos micronutrientes foram: H₃BO₃, CuSO₄, MnSO₄, (NH₄)₆Mo₇O₂₄, ZnSO₄ e FeCl₃. Todas essas fontes são P.A. (puro para análise) e foram industrializadas por VETEC QUÍMICA FINA LTDA.

Avaliação das características do inseto

Um mês após o início do experimento, foram transferidos para a sexta folha das plantas a partir do ápice 12 ovos de *T. absoluta* com dois dias de

idade. Foi utilizada esta folha devido ela já ter se expandido totalmente e não ter entrado em senescência, permitindo a realização do experimento durante toda a fase larval de *T. absoluta* (Galdino et al., 2011). Após a transferência dos ovos, diariamente avaliaram-se o número de insetos sobreviventes, o estágio de desenvolvimento dos insetos e o número de minas por folha em cada parcela experimental. As folhas foram envolvidas por uma sacola de organza de 40 x 20 cm, quando as lagartas atingiram o quarto ínstar, para evitar a fuga dos insetos. Quando os insetos atingiram a fase pupal, eles foram separados por sexo de acordo com Coelho & França (1987) e pesados usando-se uma balança eletrônica de precisão de 0,1 mg (modelo Sartorius BP 210 D).

Os adultos emergidos por parcela experimental foram acondicionados em sacola de organza de 40 x 20 cm. Posteriormente, esta sacola foi colocada em uma folha da mesma parcela. Avaliaram-se diariamente a oviposição e mortalidade dos adultos.

A partir dos dados biológicos de *T. absoluta* confeccionou-se para cada parcela experimental uma tabela de vida de fertilidade conforme Krebs (1994), Price (1997) e Rabinovich (1978). A partir desta tabela determinaram-se a taxa líquida reprodutiva (R_0) e o tempo de uma geração (T). O valor de R_0 representa o número de fêmeas produzidas por fêmea e T é o tempo entre o nascimento dos pais e de seus descendentes.

Determinação dos teores de nutrientes nas folhas

Após as avaliações das características biológicas de *T. absoluta*, foram retiradas a terceira e quarta folhas a partir do ápice de cada planta. Esta folha foi utilizada porque ela reflete o estado nutricional da planta após o florescimento (Fontes, 2006; Mills & Jones Jr., 1996). Estas folhas foram lavadas com água destilada para eliminação de resíduos. As folhas de cada parcela experimental foram acondicionadas em saco de papel permeável (50 x 20 cm). Estes sacos foram colocados em estufa de ventilação forçada (modelo MA 037) a 75 °C, onde permaneceram até que as folhas atingissem peso

constante. Após a secagem, as folhas foram moídas usando-se um moinho analítico IKA (modelo A11 basic).

As análises de teores dos nutrientes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da UFV. Nas análises utilizou-se 1 g de amostra moída por parcela.

As amostras foram submetidas à digestão sulfúrica para determinação do teor de nitrogênio total. Para as demais determinações, empregou-se o extrato resultante da digestão nitroperclórica (Johnson & Ulrick, 1959). O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl (Bremner, 1965). O teor de fósforo foi dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C (Braga & Defelipo, 1974). O teor de potássio foi determinado por fotometria de emissão de chama. Os teores de cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Já o teor de enxofre foi determinado por turbidimetria do sulfato (Blanchar et al., 1965).

Análises estatísticas

Os dados de R_o , T , mortalidade larval, massa corporal de pupas por sexo e do número de minas por folha foram submetidos à análise de variância em função dos tratamentos a $p < 0,05$. As médias dos tratamentos de R_o , T , mortalidade larval e massa corporal de pupas por sexo foram comparadas pelo teste Duncan a $p < 0,05$. Os dados do número de minas do nutriente que apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) foram submetidos à análise de regressão em função do tempo após o início do estágio larval para cada nível de nutriente a $p < 0,05$. Para comparação das curvas de regressão dos diferentes níveis do nutriente na solução nutritiva foram usados os intervalos de confiança das curvas a 95% de probabilidade. Para os nutrientes que afetaram *T. absoluta* foram realizadas análises de correlação de Pearson entre suas doses na solução nutritiva com os teores de nutrientes na folha a $p < 0,05$.

RESULTADOS

As menores taxas líquidas reprodutivas (R_0) de *T. absoluta* foram verificadas ($F_{8;32}=4,091$, $p=0,003$) nas plantas de tomate com adubação normal e com excesso de enxofre e nitrogênio (Figura 1A). O menor número de ovos por fêmea foi verificado ($F_{8;32}=3,534$, $p=0,004$) em plantas com adubação normal e com excesso de nitrogênio (Figura 1B). Não detectaram-se influência dos tratamentos no tempo gasto pelo inseto para completar uma geração (T) ($F_{8;32}=1,668$, $p=0,140$).

A mortalidade larval foi maior ($F_{8;32}=3,167$, $p=0,012$) nas plantas de tomate com adubação normal do que naquelas com deficiência e excesso de enxofre. Portanto, *T. absoluta* teve menor sobrevivência na sua fase praga em plantas bem nutridas (Figura 2).

Não detectaram-se influência dos tratamentos nos pesos de pupas do sexo feminino ($F_{8;32}=1,456$, $p=0,212$) e masculino ($F_{8;32}=1,095$, $p=0,39$) (Figuras 3A e 3B).

Não detectaram-se efeitos das adubações com cálcio, enxofre e potássio no número de minas por folha ($p>0,05$). Com adubação nitrogenada, o

número de minas por folha aumentou em função do tempo após o início do estágio larval de *T. absoluta*. Este número foi maior em plantas com deficiência em nitrogênio do que naquelas com adubação normal e excessiva deste nutriente (Figura 4).

Dentre os nutrientes estudados, os teores de cálcio ($r=-0,64$, $p=0,03$), ferro ($r=0,61$, $p=0,04$), magnésio ($r=0,79$, $p<0,01$), manganês ($r=-0,74$, $p=0,01$), nitrogênio ($r=0,89$, $p<0,01$), fósforo ($r=0,70$, $p=0,01$) e zinco ($r=0,86$, $p<0,01$) nas folhas correlacionaram-se com as doses de nitrogênio na solução nutritiva. O teor de enxofre na folha ($r=0,92$, $p<0,01$) correlacionou-se com as doses de enxofre na solução nutritiva (Tabela 1).

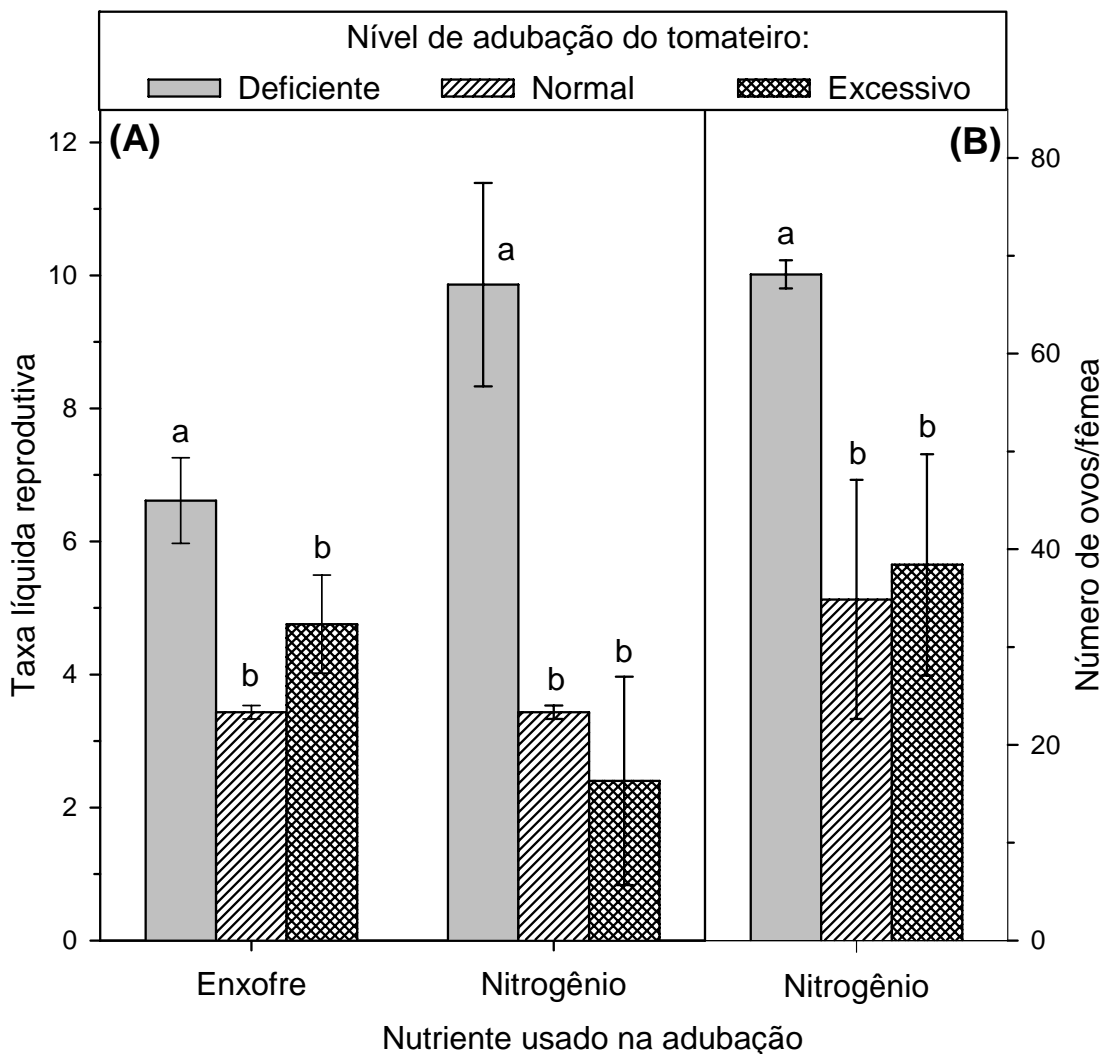


Figura 1. (A) Média \pm erro padrão da taxa líquida reprodutiva de *Tuta absoluta* em função dos níveis de adubação do tomateiro com enxofre e nitrogênio e (B) do número de ovos por fêmea em função dos níveis de adubação com nitrogênio. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem, entre si, pelo teste Duncan a $p < 0,05$.

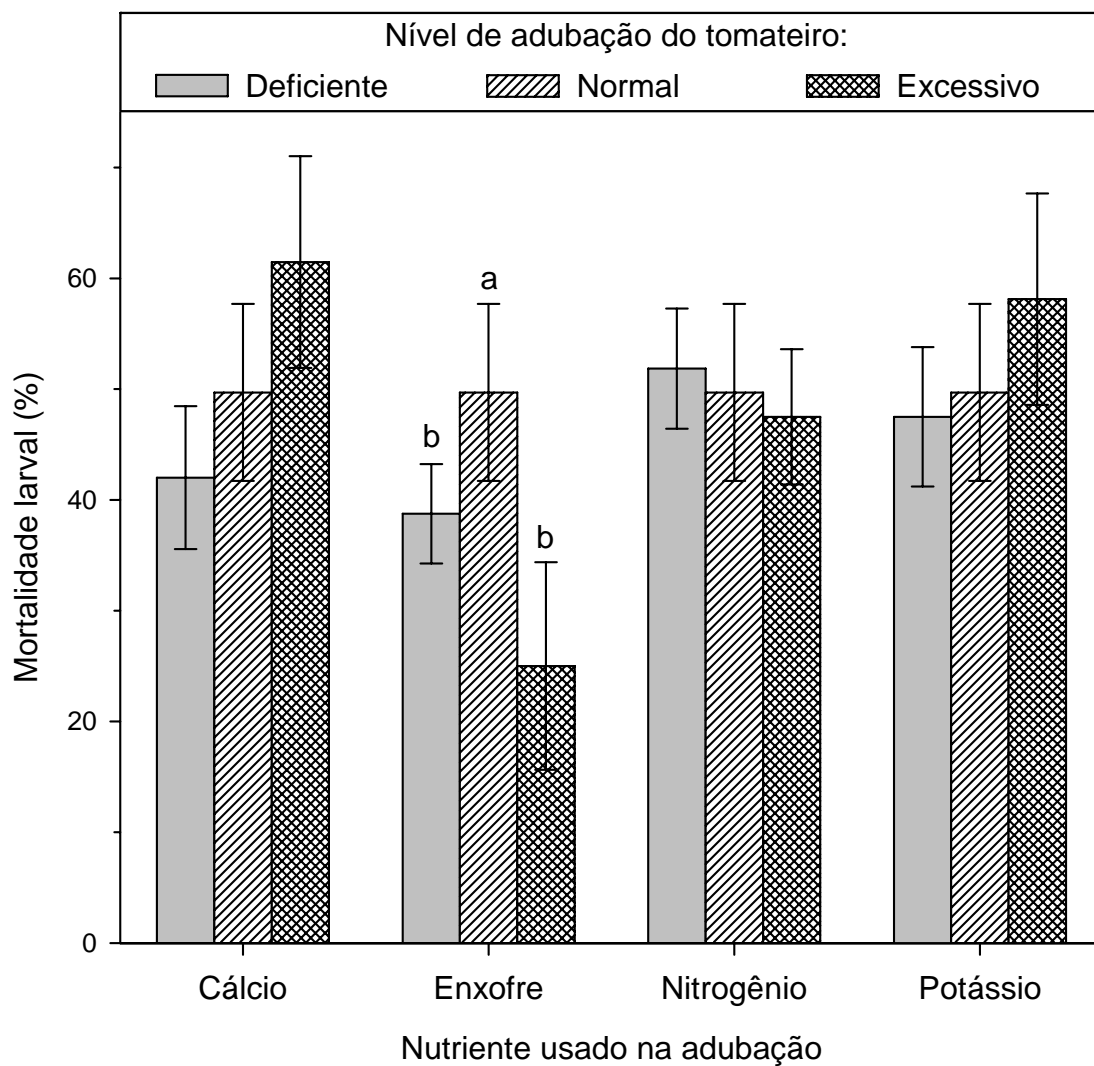


Figura 2. Média \pm erro padrão da mortalidade larval de *Tuta absoluta* em função dos níveis de adubação do tomateiro com cálcio, enxofre, nitrogênio e potássio. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem, entre si, pelo teste Duncan a $p < 0,05$.

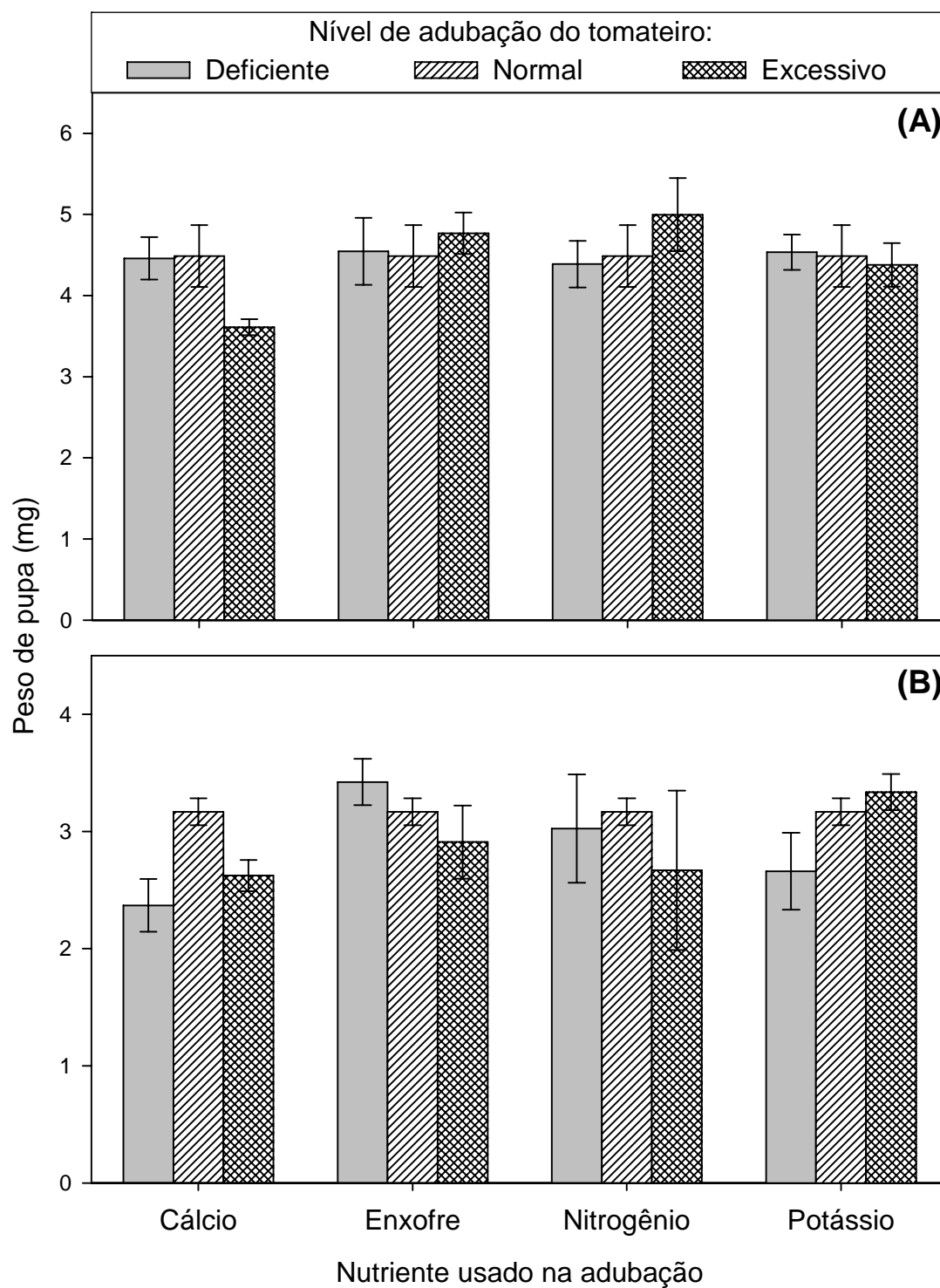


Figura 3. Média \pm erro padrão do peso de pupas de *Tuta absoluta* do (A) sexo feminino e (B) masculino em função dos níveis de adubação do tomateiro com cálcio, enxofre, nitrogênio e potássio. Não detectou-se diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste *F* a $p < 0,05$.

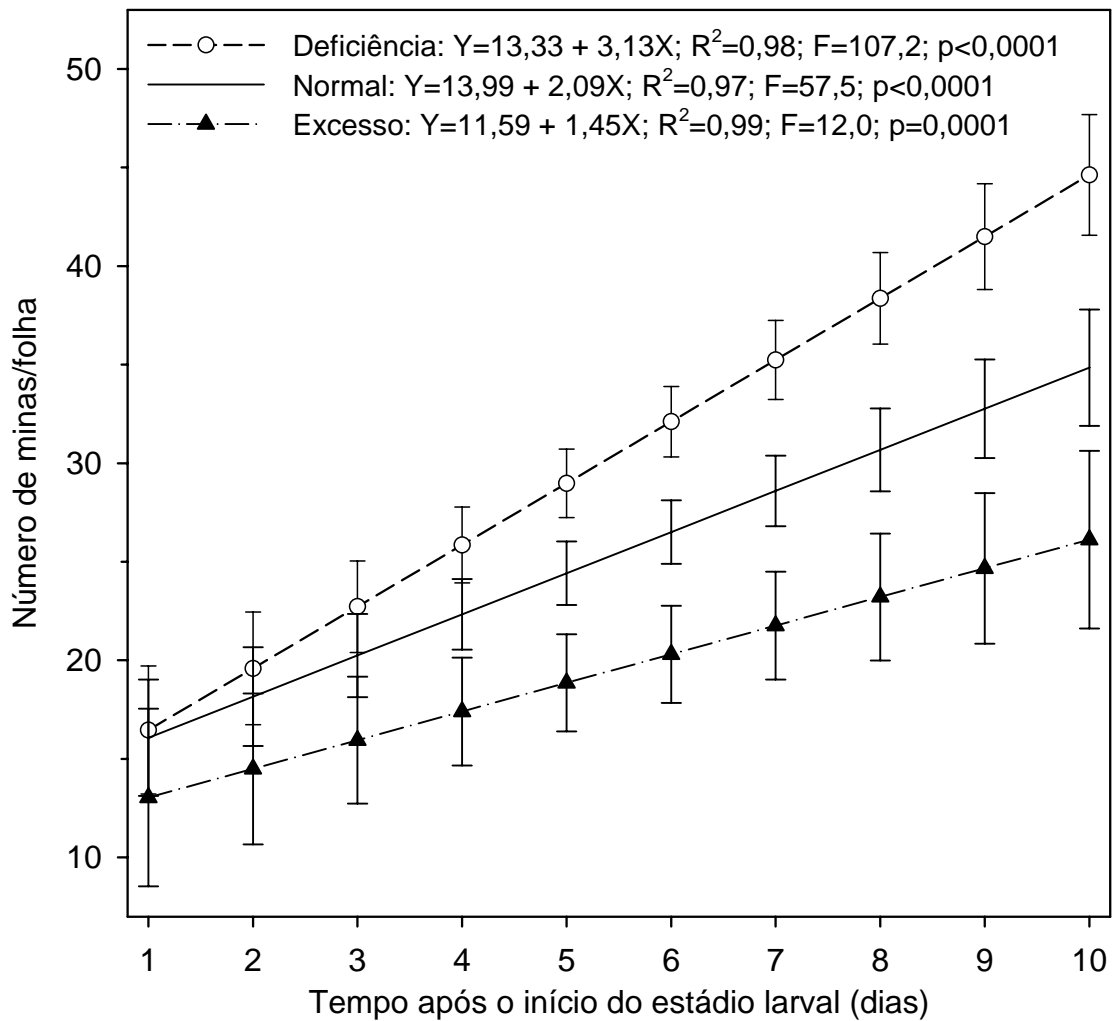


Figura 4. Número de minas por folha (\pm intervalo de confiança a 95% de probabilidade) em função do tempo após o início do estágio larval de *Tuta absoluta* em tomateiros submetidos à adubação nitrogenada com deficiência, normal e em excesso.

Tabela 1. Correlações de Pearson entre os teores de nitrogênio e de enxofre na solução nutritiva com os teores de nutrientes na folha do tomateiro.

Nutrientes na folha	Nutriente na solução nutritiva	
	Nitrogênio	Enxofre
Cálcio	-0,64*	-0,27
Cobre	0,34	0,34
Enxofre	0,28	0,92*
Ferro	0,61*	-0,42
Fósforo	0,70*	-0,37
Magnésio	0,79*	-0,31
Manganês	-0,74*	-0,26
Nitrogênio	0,89*	-0,22
Potássio	-0,06	0,44
Zinco	0,86*	-0,29

* Correlações significativas pelo teste t a $p < 0,05$.

DISCUSSÃO

Dos nutrientes estudados apenas as doses de enxofre e de nitrogênio afetaram *T. absoluta*. O mesmo não foi verificado para o cálcio e potássio. A influência da adubação com enxofre e nitrogênio sobre *T. absoluta* se deve, possivelmente, a estes serem os elementos que mais participam do metabolismo dos insetos e de serem componentes de substâncias que interferem na relação inseto-planta (Troufflard et al., 2010). Um exemplo disto é a diminuição da concentração de glucosinolatos envolvidos na defesa das plantas aos herbívoros em brássicas com deficiência em enxofre (Grubb et al., 2006; Halkier et al., 2006). Os glucosinolatos têm na sua estrutura átomos de enxofre e nitrogênio. Os glucosinolatos sofrem uma degradação mediante a enzima mirosinase liberando glucose. Os subprodutos dessa reação são também ações de defesa na planta. Essa degradação acontece quando ocorre alguma injúria nas folhas (Fahey et al., 2001).

Nossos resultados mostraram que no tomateiro com adubação normal foi menor a reprodução de *T. absoluta*, maior a mortalidade larval e as plantas sofreram menores danos do que aquelas com deficiência nutricional. Um dos principais mecanismos de defesa das plantas a insetos herbívoros é o químico

(Schoonhoven et al., 2005). Por este mecanismo plantas com menor disponibilidade de nutrientes e maiores concentrações de alomônios podem ter menor suscetibilidade a insetos herbívoros. Nossos resultados indicam que a principal causa da menor suscetibilidade das plantas com adubação normal a *T. absoluta* está relacionada aos alomônios, já que verificamos correlação positiva entre as doses de enxofre e de nitrogênio na solução nutritiva com os teores de nutrientes nas folhas de tomate. Corroborando com esta hipótese Hoffland et al., (2000) verificaram que em plantas de tomate com deficiência de nitrogênio há diminuição dos alomônios alfa-tomatina, rutina e o ácido clorogênico (Jovic, 1982; Bénard et al., 2009).

Em plantas bem nutridas os processos fisiológicos ocorrem de forma completa produzindo toxinas e moléculas complexas de difícil metabolização pelos insetos (Schoonhoven et al., 2005). Já em plantas com adubação excessiva ou deficiente há consumo de luxo de nutrientes e desequilíbrio nutricional, respectivamente (Marschner, 1995). Isto acarreta menor produção de substâncias de defesa e aumento dos teores de compostos de fácil digestão como aminoácidos livres, carboidratos solúveis e lipídeos de cadeia simples (Buchanan et al., 2001; Taiz & Zieger, 2010). Assim, estes fatores devem ser os responsáveis pelas plantas com adubação normal terem sido menos suscetíveis a *T. absoluta*.

Neste trabalho verificamos que o máximo desempenho reprodutivo de *T. absoluta* ocorreu em plantas com deficiência de enxofre e de nitrogênio. Em plantas com deficiências nestes dois elementos tem-se verificado diminuição da síntese protéica e acúmulo de amido (Karmoker et al., 1991; Fritz et al., 2006). A diminuição da síntese protéica aumenta a suscetibilidade da planta a herbívoros já que muitas proteínas são constituintes de tecidos que conferem

rigidez à planta e há enzimas que são resultantes deste metabolismo que estão envolvidas na produção de toxinas pela planta (Marschner, 1995; Phelan et al., 1996; Taiz & Zieger, 2010). Já o amido tem efeito fagoestimulante (Beck, 1965), fato este que possivelmente foi o responsável pela verificação de maior número de minas de *T. absoluta* em plantas com deficiência de nitrogênio.

Estudos mostram que com o aumento das concentrações de nitrogênio nas plantas, as populações de insetos sugadores aumentam e as populações de insetos mastigadores diminuem (Scriber, 1984; Pimentel & Warneke, 1989; Brodbeck et al., 2001). Isso ocorre porque os insetos sugadores não consomem os compostos secundários presentes nos vacúolos das células. Entretanto, o mesmo não é observado para insetos mastigadores que durante o processo de alimentação ingerem todo conteúdo celular, inclusive o vacúolo (Mattson, 1980). Este fato também foi verificado neste trabalho em que as plantas com maior teor de nitrogênio nas folhas foram menos suscetíveis as larvas de *T. absoluta*, que tem aparelho bucal mastigador no estágio em que se alimenta da planta.

Nossos resultados indicam que a adubação normal do tomateiro é um fator que afeta o desempenho biológico e os danos de *T. absoluta* às plantas. Assim, esta informação deve ser considerada no planejamento de estratégias e táticas de manejo desta praga.

CONCLUSÕES

Nas plantas com adubação normal é menor a reprodução de *Tuta absoluta*, maior a mortalidade larval e estas plantas sofrem menores danos do que aquelas com deficiência nutricional. O máximo desempenho reprodutivo de *T. absoluta* ocorre em plantas com deficiência nutricional. As plantas com maiores teores de nutrientes nas folhas são menos suscetíveis a *T. absoluta*.

LITERATURA CITADA

- Adams, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. **Acta Horticulturae**, v.361, p.245-257. 1994.
- Barrientos, Z.R.; Apablaza, H.J.; Norero, S.A.; Estay, P.P. Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ciência e Investigación Agraria**, v.25, p.133-137. 1998.
- Beck, S.D. Resistance of plants to insects. **Annual Review of Entomology**, v.10, p.207-232. 1965.
- Bénard, C.; Gautier, H.; Bourgaud, F.; Grasselly, D.; Navez, B.; Caris-Veyrat, C.; Weiss, M.; Génard, M. Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, p.4112-4123. 2009.
- Blanchard, R. W., Rehm, G.; Caldwell, A.C. Sulfur in plant materials by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceedings-Soil Science Society of America**, v.29, p.71-72. 1965.
- Braga, J.M.; Defelipo, B.V. Determinação espectrofométrica do fósforo em extratores de solos e plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85. 1974.
- Bremner, J.M. Total nitrogen: macro-Kjeldahl method to include nitrate. In: Black, C.A. (Ed.). **Methods of soil Analysis**. Madison: American Society of Agronomy. 1965. 1164p.
- Brodbeck, B.V.; Stavisky, J.; Funderburk, J.E.; Andersen, P.C.; Olson, S.M. Flower nitrogen status and population of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.99, p.165-172. 2001.

- Buchanan, B.B.; Gruissem, W.; Jones, R.L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant. 2001. 1367p.
- Chen, Y.Z.; Lin, L.; Wang, C.W.; Yeh, C.C.; Hwang, S.Y. Response of two *Pieris* (Lepidoptera: Pieridae) species to fertilization of a host plant. **Zoological Studies**, v.43, p.778-786. 2004.
- Chen, Y.Z.; Olson, D.M.; Ruberson, J.R. Effects of nitrogen fertilization on tritrophic interactions. **Arthropod-Plant Interactions**, v.4, p.81-94. 2010.
- Coelho, M.C.F.; França, F.H. Biologia, quetotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traça do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.129-135. 1987.
- EPPO. European and Mediterranean Plant Protection Organization. Data sheets on quarantine pest *Tuta absoluta*. **EPPO Bulletin**, v.35, p.434-435. 2005.
- Fahey, J.W.; Zalcmann, A.T.; Talalay, P. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. **Phytochemistry**, v.56, p.5-51. 2001.
- Fayad, J.A.; Fontes, P.C.R.; Cardoso, A.A.; Finger, F.L.; Ferreira, F.A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.90-94. 2002.
- Fontes, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV. 2006. 122p.
- Fritz, C.; Palacios-Rojas, N.; Feil, R.; Stitt, M. Regulation of secondary metabolism by the carbon-nitrogen status in tobacco: nitrate inhibits large sectors of phenylpropanoid metabolism. **The Plant Journal**, v.46, p.533-548. 2006.
- Galdino, T.V.S.; Picanço, M.C.; Morais, E.F.G.; Silva, N.R.; Silva, G.A.R.; Lopes, M.C. Bioassay method for toxicity studies of inseticides formulations to *Tuta absoluta*. **Ciência e Agrotecnologia**, no prelo. 2011.
- Grubb, C.D.; Abel, S. Glucosinolate metabolism and its control. **Trends Plant Science**, v.11, p.89-100. 2006.
- Halkier, B.A.; Gershenzon, J. Biology and biochemistry of glucosinolates **Annual Review Plant Biology**, v.57, p.303-333. 2006.
- Hartvigsen, G.; Wait, D.A.; Coleman, J.S. Tri-trophic interactions influenced by resource availability: predator effects on plant performance depend on plant resources. **Oikos**, v.74, p.463-468. 1995.
- Hoffland, E.; Dicke, M.; Van Tintelen, W.; Dijkman, H.; Van Beusichem, M.L. Nitrogen availability and defense of tomato against two-spotted spider mite. **Journal of Chemical Ecology**, v.26, p.2697-2711. 2000.

- Johnson, C.M.; Ulrich, A. **Analytical Methods for Use in Plant Analysis**. Los Angeles: University of California. 1959. 247p.
- Jovic, J.A.; Sterens, M.A.; Rick, C.M. Survey of the genus *Lycopersicon* for the variability in alpha-tomatine content. **HortScience**, v.179, p.764-766. 1982.
- Karmoker, J.L.; Clarkson, D.T.; Saker, L.R.; Rooney, J.M.; Purves, J.V. Sulphate deprivation depresses the transport of nitrogen to the xylem and the hydraulic conductivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) roots. **Planta**, v.185, p.269-278. 1991.
- Kratky, B.A. A capillary, noncirculating hydroponic method for leaf and semi-head lettuce. **HortTechnology**, v.3, p.206-207. 1993.
- Kratky, B.A.; Bowen, J.E. Observations on a noncirculating hydroponic system for tomato production. **HortScience**, v.23, p.906-907. 1988.
- Krebs, C.J. Ecology: **The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. Harper Collins: New York. 1994. 801p.
- Marschner, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic. 1995. 889p.
- Mattson, W.J. Herbivory in relation to plant nitrogen-content. **Annual Review Ecology Systematic**, v.11, p.61-119. 1980.
- Mills, H.A.; Jones Jr., J.B. **Plant analysis handbook II**. Georgia: Micromacro. 1996. 422p.
- Miranda, M.M.M.; Picanço, M.C.; Zanoncio, J.C.; Bacci, L.; Silva, E.M. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. **Ciência Rural**, v.35, p.204-208. 2005.
- Paula, S.V.; Picanço, M.C.; Fontes, P.C.R.; Vilela, E.F. Fatores de perdas no tomateiro com a adoção de nível de controle e de faixas circundantes. **Agro-Ciencia**, v.14, p.262-273. 1998.
- Perez, G.M.; Santana, O.; Luque, A.E.; Carpena, O. A. Absorción de água y iones por plantas de tomates. **Annals of Edafology and Agrobiology**, v.36, p.739-754. 1977.
- Phelan, P.L.; Norris, K.H. Mason, J.F. Soil-management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: Evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. **Environmental Entomology**, v.25, p.1329-1336. 1996.
- Picanço, M.C.; Faleiro, F.G.; Pallini Filho, A.; Matioli, A.L. Perdas na produtividade do tomateiro em sistemas alternativos de controle fitossanitário. **Horticultura Brasileira**, v.15, p.88-91. 1997.

- Picanço, M.C.; Leite, G.L.D.; Guedes, R.N.C.; Silva, E.A. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal spray and plant spacing. **Crop Protection**, v.17, p.447-452. 1998.
- Pimentel, D.; Warneke, A. Ecological effects of manure, sewage sludge and other organic wastes on arthropod populations. **Agricultural Zoology Reviews**, v.3, p.1-30. 1989.
- Potting, R. Pest risk analysis, *Tuta absoluta*, tomato leaf miner moth. **Plant protection service of the Netherlands**. 2009. 24p. Disponível em [www.minInv.nl].
- Price, P.W. **Insect Ecology**. New York: John Wiley & Sons. 1997. 874p.
- Rabinovich, J.E. **Ecología de poblaciones animales**. Washington: OEA. 1978. 144p.
- Schoonhoven, L.M.; van Loon, J.J.A.; Dicke, M. **Insect-Plant Biology**. Oxford: Oxford University. 2005. 440p.
- Scriber, J.M. Nitrogen nutrition of plants and insect invasion. In: Hauck, R.D. (Ed.). **Nitrogen in Crop Production**. Madison: American Society of Agronomy. 1984. 804p.
- Taiz, L.; Zieger, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 2010. 819p.
- Troufflard, S.; Mullen, W.; Larson, T.R.; Graham, I.A.; Crozier, A.; Amtmann, A.; Armengaud, P. Potassium deficiency induces the biosynthesis of oxylipins and glucosinolates in *Arabidopsis thaliana*. **BMC Plant Biology**, v.10, p.172-185. 2010.
- Urbaneja, A.; Vercher, R.; Navarro, V.; Marí, F.G.; Porcuna, J.L. La polilla del tomate, *Tuta absoluta*. **Phytoma Españã**, v.194, p.16-13. 2007.
- Walker, M.; Jones, T.H. Relative roles of top-down and bottom-up forces in terrestrial tritrophic plant-insect herbivore-natural enemy systems. **Oikos**, v.93, p.177-187. 2001.
- Wratten, S. Population regulation in insect herbivores: top-down or bottom-up? **New Zealand Journal of Ecology**, v.16, p.145-147. 1992.