**PATOGENICIDADE DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, ADUBAÇÃO
NITROGENADA E PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO**

MARCIO AKIRA ITO

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro - 2004

**PATOGENICIDADE DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, ADUBAÇÃO
NITROGENADA E PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO**

MARCIO AKIRA ITO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **DURVAL DOURADO NETO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro – 2004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Ito, Marcio Akira

Patogenicidade de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, adubação nitrogenada e produtividade de feijão / Marcio Akira Ito. - - Piracicaba, 2004.
61 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
Bibliografia.

1. Doença de planta 2. Feijão 3. Fertilizante nitrogenado 4. Fungo do solo 5. Murcha-de-fusario-do-feijoeiro 6. Nutriente 7. Patogenicidade 8. PH 9. Produtividade agrícola I. Título

CDD 635.652

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

DEDICO

Aos meus pais, *Umberto* e *Margarida*, pelo amor, confiança e incentivo;

aos meus irmãos, *Carla* e *Humberto*, pela amizade e carinho; e

à minha *Érika*, pelo amor e compreensão.

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

Ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Prof. Dr. Durval Dourado Neto, ESALQ/USP, Piracicaba-SP, pela amizade, confiança, orientação e ensinamentos.

À Dra. Margarida Fumiko Ito, minha mãe, pela amizade, carinho, apoio e orientação em todas as fases de minha vida.

Ao Dr. Jairo Lopes de Castro pela amizade, confiança, orientação e apoio.

À minha Érika, pela amizade, apoio, carinho e colaboração.

Ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade do Instituto Agrônômico de Campinas, por ter aceito o desenvolvimento dos experimentos.

Ao Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Sudoeste Paulista-APTA, pela oportunidade do desenvolvimento dos experimentos.

Aos Professores Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello, Dr. Luis Ignácio Prochnow e Dr. Antonio Luis Fancelli, pela colaboração e ensinamentos.

Ao colega Thomas Newton Martin, pela colaboração na realização das análises estatísticas.

Aos pesquisadores e funcionários do Centro de Fitossanidade do Instituto Agronômico de Campinas, pela amizade e colaboração.

Aos funcionários do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Sudoeste Paulista, pela colaboração no desenvolvimento dos experimentos.

Às funcionárias do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, pela colaboração na realização das análises químicas foliares.

Aos grandes amigos da família ARADO, pelo incentivo nas horas difíceis.

Às funcionárias Airton Barbosa, Conceição Augusti, Eliana Garcia, Lurdes Gandra, Ronaldo Caprecci, Silvia Zinsly e Thais Moraes, da Biblioteca da ESALQ/USP, pelo auxílio prestado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES/MEC), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xv
SUMMARY	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Importância da cultura	3
2.2 Estádios fenológicos da cultura	3
2.3 Murcha de fusarium em feijão	4
2.3.1 Ocorrência	4
2.3.2 Epidemiologia e sintomatologia	5
2.3.3 Etiologia	6
2.3.4 Variabilidade fisiológica de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i>	7
2.3.5 Controle de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i>	7
2.4 Influência da nutrição de plantas na ocorrência de doenças em feijão	8
2.4.1 Influência de nitrogênio em doenças do feijão	9
2.4.2 Influência de potássio em doenças de feijão	11
2.4.3 Influência de cálcio em doenças de feijão.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Efeito do pH do meio de cultura no desenvolvimento micelial de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> <i>in vitro</i>	14
3.1.1 Local – experimento <i>in vitro</i>	14

3.1.2	Obtenção e manutenção dos isolados de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i>	14
3.1.3	Delineamento experimental	15
3.1.4	Cultivo dos isolados de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , preparo do meio de cultura e das placas de Petri	16
3.1.5	Avaliações	16
3.2	Efeito de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , cultivado em meio de cultura BDA com diferentes faixas de pH, sobre a severidade da murcha de fusarium em casa-de-vegetação	16
3.2.1	Local – experimento em casa-de-vegetação	16
3.2.2	Delineamento experimental	17
3.2.3	Preparo do inóculo	17
3.2.4	Inoculação de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> pelo método <i>deeping</i>	17
3.2.5	Avaliação	17
3.3	Efeito da adubação nitrogenada e do tratamento químico das sementes de feijão sobre a incidência da murcha de fusarium em campo	18
3.3.1	Local – experimento em campo	20
3.3.2	Análises química e física de solo	20
3.3.3	Tratamento químico das sementes	21
3.3.4	Variedade cultivada de feijão (IAC Carioca Tybatã)	22
3.3.5	Delineamento experimental	22
3.3.6	Implantação e manejo da cultura	23
3.3.7	Avaliações	23
3.3.7.1	População de plantas	23
3.3.7.2	Incidência da doença murcha de fusarium	24
3.3.7.3	Produtividade e massa de 100 grãos	24
3.3.7.4	Análise de material de tecido foliar	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26

4.1	Efeito do pH do meio de cultura no desenvolvimento micelial de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> <i>in vitro</i>	26
4.2	Efeito de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , cultivado em meio de cultura BDA com diferentes valores de pH, sobre a severidade da murcha de fusarium em casa-de-vegetação	35
4.3	Efeito da adubação nitrogenada e do tratamento químico das sementes de feijão sobre a incidência da murcha de fusarium em campo	38
4.3.1	Experimento sem tratamento químico de sementes	38
4.3.2	Experimento com tratamento químico de sementes	41
4.3.3	Análise de material de tecido foliar	46
4.3.3.1	Experimento sem tratamento químico de sementes	46
4.3.3.2	Experimento com tratamento químico de sementes	50
5	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Desenvolvimento das quatro raças de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função da variação do pH do meio de cultura BDA, 168h após a repicagem	15
2 Diâmetros (D, cm) das colônias de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 24h após a repicagem	27
3 Diâmetros (D, cm) das colônias de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 48h após a repicagem	28
4 Diâmetros (D, cm) das colônias de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 72h após a repicagem	29
5 Diâmetros (D, cm) das colônias de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 96h após a repicagem	29
6 Diâmetros (D, cm) das colônias de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 120h após a repicagem	30
7 Diâmetros (D, cm) das colônias de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 144h após a repicagem	31
8 Diâmetros (D, cm) das colônias de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 168h após a repicagem	31
9 Diâmetros (D, cm) das colônias de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 192h após a repicagem	32
10 Diâmetros (D, cm) das colônias da raça I de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função do pH do meio de cultura BDA, de 24h a 192h após a repicagem	33

11	Diâmetros (D, cm) das colônias da raça II de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função do pH do meio de cultura BDA, de 24h a 192h após a repicagem	34
12	Diâmetros (D, cm) das colônias da raça III de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função do pH do meio de cultura BDA, de 24h a 192h após a repicagem	34
13	Diâmetros (D, cm) das colônias da raça IV de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , em função do pH do meio de cultura BDA, de 24h a 192h após a repicagem	35
14	Severidade da murcha de fusarium em plantas de feijão da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã, causada pelas raças I, II, III e IV de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , cultivadas em meio de cultura BDA com diferentes valores de pH, Campinas-SP, agosto de 2004	37
15	Produtividade de grãos de feijão da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã, de acordo com as fontes e combinações de doses da adubação nitrogenada. Capão Bonito-SP, 2003	39
16	Produtividade de grãos de feijão da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã, semeada com tratamento químico das sementes, de acordo com as fontes e combinações de doses da adubação nitrogenada. Capão Bonito-SP, 2003	40

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Escala fenológica do feijoeiro comum	4
2	Descrição dos tratamentos do experimento <i>in vitro</i>	15
3	Doses de adubação nitrogenada, aplicadas na semeadura e em cobertura em experimento com a variedade cultivada de feijão IAC Carioca Tybatã em condições de campo. Capão Bonito-SP, 2003	19
4	Doses de adubação nitrogenada, aplicadas na semeadura e em cobertura em experimento com a variedade cultivada de feijão IAC Carioca Tybatã, sementes tratadas quimicamente, em condições de campo. Capão Bonito-SP, 2003	20
5	Análise química dos macronutrientes presentes no solo onde foram instalados os experimentos de campo, antes da realização da adubação de correção. Capão Bonito-SP.....	21
6	Análise química dos micronutrientes (mg.dm ⁻³) presentes no solo onde foram instalados os experimentos de campo, antes da realização da adubação de correção. Capão Bonito-SP	21
7	Análise física (granulometria, %) do solo onde foram instalados os experimentos de campo, antes da realização da adubação de correção. Capão Bonito-SP	21
8	Descrição dos produtos utilizados no tratamento químico das sementes	22
9	Quadrados médios para o diâmetro (cm) das colônias de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , para as fontes de variação (F.V.) , conforme os graus de liberdade (G.L.). Campinas-SP, 2004	26

10	Quadrados médios para severidade da murcha de fusarium (SF, nota) de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade. Campinas-SP, 2004	36
11	Severidade da murcha de fusarium (SF, nota), variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, causada por raças de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> , cultivadas em meio de cultura BDA, em diferentes valores de pH. Campinas-SP, 2004	36
12	Quadrados médios para população (P, número de plantas em 10m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g), produtividade de grãos (PG, kg.ha ⁻¹) de feijão, para as fontes de variação, conforme os graus de liberdade (G.L.), referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003	38
13	Valores de população (P, número de plantas em 10m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, kg.ha ⁻¹) da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003	40
14	Coeficientes de correlação de Pearson entre a população (P, número de plantas em 10m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, kg.ha ⁻¹) de feijão referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes	41
15	Quadrados médios para população (P, número de plantas em 10m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG) de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.), referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003	42

16	Valores de população (P, número de plantas em 10m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, kg.ha ⁻¹) da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003	43
17	Coeficientes de correlação de Pearson entre a população (P, número de plantas em 10m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, kg.ha ⁻¹) de feijão referentes ao experimento com tratamento químico de sementes	44
18	Quadrados médios para os teores de amônio (NH ₄ ⁺), nitrato (NO ₃ ⁻), nitrogênio total (NT) fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.). Capão Bonito-SP, 2003	46
19	Quadrados médios para os teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.). Capão Bonito-SP, 2003	47
20	Teores de amônio (NH ₄ ⁺), nitrato (NO ₃ ⁻), nitrogênio total (NT) fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003 .	48
21	Teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003 .	49

22	Quadrados médios para os teores de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrogênio total (NT) fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.), referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003	50
23	Quadrados médios para os teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.), referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003	51
24	Teores (g.kg^{-1}) de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrogênio total (NT) fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003	52
25	Teores (mg.kg^{-1}) de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003	53

**PATOGENICIDADE DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, ADUBAÇÃO
NITROGENADA E PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO**

Autor: MARCIO AKIRA ITO

Orientador: Prof. Dr. DURVAL DOURADO NETO

RESUMO

O Brasil se encontra entre os maiores produtores e consumidores mundiais de feijão, o qual representa a principal fonte de proteína vegetal na dieta alimentar de significativa parcela da população. Apesar de apresentar destaque na produção mundial de feijão, a produtividade média brasileira é muito baixa. Na safra das águas de 2002, o Brasil obteve uma produtividade de $926\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, valor muito aquém do potencial genético da cultura, que pode chegar a $4.000\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. As doenças estão entre os principais fatores que contribuem para a baixa produtividade e o alto risco dessa cultura. As doenças causadas por fungos de solo são um dos fatores de maior contribuição, com destaque para a murcha ou amarelecimento de *Fusarium*. Alguns estudiosos apontam, como uma das principais causas para a ocorrência e predisposição das plantas a patógenos e insetos-praga, o desequilíbrio nutricional (carência ou excesso) aliado ao estágio fenológico do hospedeiro, além do componente genético. Nas condições do Brasil, ainda são escassos os trabalhos visando ao controle cultural da murcha de fusarium em feijão. Assim, o presente trabalho teve por objetivos: (i) a avaliação do efeito da variação do pH do meio de cultura sobre o desenvolvimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*; (ii) a verificação do efeito da variação do pH do meio de cultura, na patogenicidade de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*; e (iii) a verificação e a quantificação dos efeitos das fontes e distribuição da adubação nitrogenada e do

tratamento químico das sementes, na incidência e severidade da murcha de fusarium e na produtividade de feijão. Foram avaliadas quatro raças de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função de seis valores de pH *in vitro*. Em casa-de-vegetação, foram testadas as mesmas quatro raças provenientes do experimento *in vitro*. E em campo, foram avaliadas duas fontes e cinco combinações de doses de adubação nitrogenada, em relação à incidência da murcha de fusarium e à produtividade de feijão. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que: (i) as quatro raças de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* apresentaram reações distintas, em função da variação do pH do meio de cultura; (ii) as raças III e IV apresentaram desenvolvimento mais rápido; (iii) as diferenças proporcionadas pela variação do pH do meio de cultura foram menores que as causadas pelas raças; (iv) a variação do pH do meio de cultura não proporcionou diferenças na patogenicidade das mesmas; (v) apesar de não terem sido observadas diferenças estatísticas entre as raças de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, a raça I, foi mais patogênica; (vi) o tratamento químico de sementes de feijão, assim como a adubação nitrogenada de feijão, não proporcionou diferenças na população, incidência da murcha de fusarium e produtividade de grãos de feijão; (vii) não houve influência da adubação nitrogenada na população, incidência da murcha de fusarium e produtividade de grãos de feijão; (viii) as fontes e combinações de doses de N, assim como o tratamento químico das sementes, não proporcionaram diferenças nos teores dos macronutrientes e micronutrientes, exceto para o ferro, nas folhas de feijão; e (ix) a adubação nitrogenada com 0+80kg.ha⁻¹ e 10+70kg.ha⁻¹ (semeadura+cobertura) proporcionaram maiores teores de ferro em folhas de feijão.

Palavras-chave: Agricultura, Fungos de Solo, Fontes de Nitrogênio, *Phaseolus vulgaris*, pH, doença, nutrientes.

**PATHOGENICITY OF *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, NITROGEN
FERTILIZATION AND COMMON BEAN YIELD**

Author: MARCIO AKIRA ITO

Adviser: Prof. DURVAL DOURADO NETO Phd

SUMMARY

Brazil is one of the biggest world growers and consumers of common bean, that is one of the main protein sources in the feeding habits of the significantly population plot. Even if present prominence in the world common bean production, the Brazilian yield is very low. In the spring-summer 2002 the yield was about 926 kg.ha⁻¹, a value much lower than the crop genetic potential, that can reach 4,000 kg.ha⁻¹. Between the mainly factors that contribute for the low yield and the unstability of this crop, diseases have an important place. The diseases caused by soil fungi are one of the most important factors, with prominence to the fusarium wilt. Some researchers point the nutritional imbalance (lack or excess) as one of the mainly causes for the occurrence and predisposition of the plants to the pathogens and insects-pests attack, in addition with the plant growing phase and the climate conditions, beyond of the genetics interference. In the Brazilian conditions, there are a few studies that aimed the cultural control of the bean yellows. This study aimed: (i) the evaluation of the culture media pH variation effect at the mycelia development of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*; (ii) the verification of the culture media pH variation effects at the pathogenicity of *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*; and (iii) the verification and quantification of the N sources and doses combinations effects at the incidence of fusarium wilt and

common bean yield. Four strains of *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* were evaluated in relation of six culture media pH values. The same four strains proceeding from the *in vitro* experiment were tested in a green house experiment. Two sources and five doses combination of nitrogen fertilization were evaluated in relation of bean yellows incidence and common beans yield. The results obtained in this study showed that: (i) the four strains of *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* showed distinct reactions according the culture media pH variation; (ii) the strains III and IV showed faster development; (iii) the differences caused by the culture media pH variation were smaller than those caused by the strains; (iv) the culture media pH variation did not cause pathogenicity variation; (v) although statistical differences were not observed between the strains of *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, the strain I was the most pathogenic; (vi) the chemical common bean seeds treatment, as well the nitrogen fertilization did not cause differences in the population, fusarium wilt incidence and common bean yield; (vii) the sources and combinations of nitrogen doses, as well the chemical common bean seeds treatment, did not cause differences in the macronutrients and micronutrients content, except for iron in the common bean leaves; and (viii) the nitrogen fertilization with $0+80\text{kg.ha}^{-1}$ and $10+70\text{kg.ha}^{-1}$ (planting and cover) caused greater iron content in common bean leaves.

Key words: Agriculture, soil fungi, nitrogen sources, *Phaseolus vulgaris*, pH, disease, nutrients.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) desempenha um importante papel na alimentação humana, constituindo a principal fonte de proteína vegetal. O Brasil situa-se entre os principais produtores mundiais de feijão, sendo superado apenas pela Índia, que devido à sua maior área cultivada, ocupa o primeiro lugar (FAO, 2000).

A produção brasileira de feijão caracteriza-se pela sua diversidade de cultivo, podendo se encontrar desde lavouras altamente tecnificadas até aquelas conduzidas em pequenas áreas rurais, com pouco ou nenhum emprego de insumo (Theodoro, 2004).

Anualmente, uma área de 4,5 milhões de hectares vem sendo ocupada pela cultura do feijão, em diferentes condições edafoclimáticas, proporcionando rendimento de grãos desde 600kg.ha⁻¹ a 3.800kg.ha⁻¹. O rendimento de grãos depende da interação do material genético com o ambiente, podendo ser estimado o rendimento de grãos em vista de fatores bióticos (pragas, doenças e plantas daninhas) e abióticos (disponibilidade de água no solo, clima e fertilidade do solo) (Dourado Neto et al., 2002).

Apesar de apresentar destaque na produção mundial de feijão, a produtividade brasileira é muito baixa. Na safra das águas de 2002 obteve-se uma produtividade de 926 kg.ha⁻¹ (Companhia Brasileira de Abastecimento, 2003), valor muito aquém do potencial genético da cultura, que pode atingir 4.000 kg.ha⁻¹.

Dentre os mais importantes fatores da queda de produtividade no feijoeiro, encontram-se as doenças, que podem provocar prejuízos severos da ordem de até 100% de perda na produção, diminuindo as qualidades fisiológicas, nutricionais e sanitárias do produto colhido, afetando o preço e sua comercialização (Biazon, 2003). As doenças causadas por fungos de solo são um dos fatores de maior contribuição, com destaque para a murcha ou amarelecimento de *Fusarium* (Nunes, 2003).

Essa doença foi relatada em diversos países, causando sérios prejuízos na produtividade da cultura (Kendrick & Snyder, 1942; Cardoso et al., 1966 e Ribeiro & Ferraz, 1984). As perdas variam de acordo com a variedade utilizada, nível de infestação e propriedades e características físico-químicas e biológicas do solo, sendo que no Brasil, têm sido relatadas perdas de produtividade de 80% a 100% (Costa et al., 1993).

Alguns estudiosos apontam como uma das principais causas para a ocorrência e predisposição das plantas a patógenos e insetos (praga) o desequilíbrio nutricional (Fancelli, 2003). Sabe-se da influência que determinados elementos minerais, tal como nitrogênio, exerce sobre a severidade de doenças em plantas, determinando sua resistência ou suscetibilidade. A presença ou ausência desse elemento na planta pode gerar modificações anatômicas, bioquímicas, fisiológicas e a síntese de compostos tóxicos que podem influenciar a patogênese (Theodoro, 2004).

A estratégia mais viável para o controle da murcha de fusarium é o uso de variedades resistentes ou tolerantes para semeadura em solos infestados. Entretanto, recomendam-se outras medidas como: realizar rotação de culturas por mais de três anos, utilizar sementes saudáveis e tratadas com fungicidas, evitar condições de excesso ou falta de água, realizar bom preparo de solo e adicionar matéria orgânica ao solo (Schwartz et al., 1996).

A resistência da planta pode ser aumentada por meio de fertilização adequada e equilibrada de nutrientes, evitando o uso de nitrogênio na forma amoniacal (NH_4^+), elevando o pH do solo para valores próximos a 7,0 (Vale & Zambolim, 1997).

Nas condições do Brasil, ainda são escassos os trabalhos visando o controle cultural da murcha de fusarium em feijão. Assim, o presente trabalho teve por objetivos: (i) a avaliação do efeito da variação do pH do meio de cultivo sobre o desenvolvimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*; (ii) a verificação do efeito da variação do pH do meio de cultura, na patogenicidade de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*; e (iii) a verificação e a quantificação dos efeitos das fontes e distribuição da adubação nitrogenada e do tratamento químico das sementes, na incidência e severidade da murcha de fusarium e na produtividade de feijão. Para tal, foram conduzidos experimentos *in vitro*, em casa-de-vegetação e em campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cultura

O mercado mundial de feijão movimenta anualmente mais de 18 milhões de toneladas, sendo o Brasil o seu segundo maior produtor e consumidor, com aproximadamente 3 milhões de toneladas (FNP Consultoria & Comércio, 2003).

O feijão é um dos alimentos básicos do povo brasileiro e de grande parte da América Latina, constituindo uma das principais fontes de proteína vegetal e de ferro.

Os principais Estados produtores de feijão no Brasil são Paraná, Minas Gerais, Bahia e São Paulo, nesta ordem, sendo o feijoeiro cultivado em três épocas: safra das águas, da seca e de inverno.

2.2 Estádios fenológicos da cultura

Para uma maior segurança e precisão nas ações de manejo da cultura de feijão, é recomendado o uso de uma escala (Tabela 1) baseada nas mudanças morfológicas da planta, correlacionadas a eventos fisiológicos, que se sucedem no ciclo dessa cultura, denominada escala fenológica (Dourado & Fancelli, 2000).

Tabela 1. Escala fenológica do feijoeiro comum

Fase	Estádio	Descrição
Vegetativa	V ₀	Emergência
	V ₁	Cotilédones ao nível do solo
	V ₂	Folhas 1 ^{árias} completamente expandidas
	V ₃	1 ^a Folha trifoliada completamente expandida
	V ₄	3 ^a Folha trifoliada completamente expandida
Reprodutiva	R ₅	Aparecimento dos 1 ^{os} botões florais
	R ₆	Abertura da 1 ^a flor
	R ₇	Aparecimento das 1 ^{as} vagens cheias
	R ₈	1 ^{as} Vagens cheias
	R ₉	Modificação da cor das vagens (ponto de maturidade fisiológica)

Fonte: adaptada de Dourado & Fancelli (2000).

2.3 Murcha de fusarium em feijão

2.3.1 Ocorrência

O agente causal da murcha ou amarelecimento de fusarium é o fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, que sobrevive no solo em restos culturais ou na forma de estruturas de resistência, os clamidosporos.

O primeiro relato da doença ocorreu em 1929, em campos de feijão localizados no Vale de Sacramento, na Califórnia, Estados Unidos da América, tendo reaparecido na mesma área em 1933 e 1940, quando foi cultivado o feijoeiro novamente (Kendrick & Snyder, 1942). A doença também foi assinalada na Carolina do Sul por Armstrong & Armstrong (1963) e na Inglaterra por Davies (1942), citado por Armstrong & Armstrong (1964).

Já em 1987 e 1989, a ocorrência da doença foi observada por Schwartz & Mcmillan (1989), em campos de produção da variedade cultivada Pinto, no Estado do Colorado (EUA), sob condição de alta temperatura, baixa disponibilidade de água e solo compactado.

Especificamente no caso do Brasil, os primeiros a relatarem a doença foram Cardoso et al. (1966), no município de Laranjal Paulista-SP. Posteriormente, foi diagnosticada em campos de feijão tipo vagem, ainda no Estado de São Paulo, provenientes de Juquiá, Cosmópolis, Campinas, Itariri e Mogi Guaçu (Cruz et al., 1974).

Costa et al. (1982) constataram a murcha de *Fusarium* na variedade IPA-74-19, em amostras coletadas nas áreas experimentais de Santa Ipanema - AL, em Águas Belas, Sertão de Arcoverde - PE e no Agreste Meridional.

Sintomas típicos de murcha de *Fusarium* também foram relatados por Mohan et al. (1983), em regiões do Estado do Paraná.

No Estado de Minas Gerais a ocorrência da doença foi constatada em 1986, nos municípios de Mercês, Alto do Rio Doce, Viçosa e Coimbra, relatada por Zambolim et al. (1987) e Goulart (1988).

Pastor-Corrales & Abawi (1987) observaram a ocorrência epidêmica da doença na região Nordeste do Brasil. Balardin et al. (1990) relataram um aumento significativo da doença em áreas de cultivo de feijão no Estado de Santa Catarina.

No Estado do Espírito Santo, o primeiro relato ocorreu em 1981. Entretanto, perdas significativas na produção foram observadas a partir de 1985, com a introdução do cultivo sob pivô central na região Norte daquele Estado (Costa et al., 1993).

2.3.2 Epidemiologia e sintomatologia

A penetração de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* ocorre geralmente próxima aos ápices radiculares, além de ferimentos e aberturas naturais radiculares do feijoeiro (Bianchini et al., 1997).

A infecção pode ocorrer em qualquer época do ciclo da planta, principalmente quando jovem (Tuset-Barrachina, 1973). Sua incidência ocorre em reboleiras (Mohan et al., 1983), podendo levar a planta à morte (Cardoso et al., 1966; Costa et al., 1982 e Pastor-Corrales & Abawi, 1987).

As plantas infectadas por *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* são identificadas pelo sintoma de murcha e/ou amarelecimento. Esse último ocorre de modo progressivo, inicialmente nas folhas inferiores e posteriormente nas superiores. Com o

desenvolvimento da doença, as folhas adquirem um tom amarelo claro, evoluindo para uma senescência prematura (Bianchini et al., 1997).

Freqüentemente, esses sintomas ocorrem em apenas um ramo ou em um dos lados do ramo, como também pode ocorrer em metade do folíolo, correspondendo ao lado da planta cujos feixes vasculares estão colonizados pelo fungo. Plantas severamente afetadas e cultivadas em locais úmidos apresentam uma massa cotonosa branca ou rosada externamente no caule, composta de micélio e conídios do fungo. Devido à colonização pelo fungo nota-se, na região do xilema, coloração marrom escuro, estendendo-se no caule principal, ramos laterais e pecíolo das folhas (Cardoso et al., 1966; Costa et al., 1982; Mohan et al., 1983 e Hagedorn, 1991).

2.3.3 Etiologia

O agente causal da murcha de *Fusarium* é o fungo *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder, que pertence à ordem Hypocreales. O fungo produz macroconídios em fiálides curtas, situadas diretamente nas hifas ou ramos finais dos conidióforos, têm forma de canoa com extremidades pontiagudas, ligeiramente curvados, com parede delgada e presença de dois a cinco septos, predominantemente com 3 septos e dimensões de 15 x 5 μ . Os microconídios são unicelulares de 11 x 3,5 μ ou bicelulares de 18 x 4 μ , de forma oval-elipsóide, retos ou ligeiramente curvos, produzidos em fiálides curtas que saem, na maioria das vezes, lateralmente das hifas agrupadas em cabeça (Tuset-Barrachina, 1973).

A temperatura ótima para o desenvolvimento do fungo *in vitro* é de 28°C, e para o desenvolvimento da doença, 20°C (Ribeiro & Hagedorn, 1979; Bianchini et al., 1997 e Hagedorn, 1991).

Esse fungo é um habitante do solo e vive saprofiticamente sobre a matéria orgânica e restos culturais (Goth, 1966; Tuset-Barrachina, 1973; Kimati, 1980 e Mohan et al., 1983), podendo sobreviver por vários anos na forma de clamidosporos (Kimati, 1980), além de apresentar hospedeiros alternativos. As espécies *Cajanus cajan*, *Crotalaria spectabilis*, *Dolichos lablab* e *Mucuna aterrima* podem ser consideradas hospedeiras do *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* (Coelho Netto & Dhingra, 1999), assim

como duas variedades de *Lupinus* sp. foram suscetíveis ao fungo, podendo ser consideradas hospedeiras (Armstrong & Armstrong, 1963).

O fungo é disseminado de um campo para outro principalmente por sementes infestadas por meio dos esporos aderidos à superfície das mesmas (Kendrick & Snyder, 1942; Echandi, 1967; Tuset-Barrachina, 1973; Costa et al., 1982; Mohan et al., 1983; Hagedorn, 1991 e Bianchini et al., 1997). Essa disseminação também pode ser realizada pelo vento e pela água de irrigação, que transportam partículas de solo infestadas por conídios produzidos sobre a planta morta (Bianchini et al., 1997).

2.3.4 Variabilidade fisiológica de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*

O fungo *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* apresenta um grande potencial patogênico sobre as plantas de feijão. Dois isolados provindos da Carolina do Norte e da Califórnia, nos EUA foram testados, apresentando a mesma patogenicidade sobre três variedades de feijão (Armstrong & Armstrong, 1963).

Vários estudos foram realizados visando comparar isolados de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* provenientes de locais diferentes e observar a sua patogenicidade em diferentes variedades de feijão.

Quando testados 17 isolados provenientes dos Estados de São Paulo, Pernambuco e Paraná, foi concluído que todos pertenciam à raça denominada raça brasileira (Nascimento et al., 1995). Outros sete isolados provenientes do Estado de São Paulo foram testados, sendo três classificados como da raça brasileira, dois da raça americana e outros dois em uma nova raça (Ito et al., 1997).

2.3.5 Controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*

A murcha de fusarium pode ser controlada de diversas maneiras, porém, em áreas contaminadas, o uso de variedades resistentes ou tolerantes é o método mais eficiente (Cruz et al., 1974; Ribeiro & Ferraz, 1984; Queiroz et al., 1988; Hagedorn, 1991 e Bianchini et al., 1997).

Com relação à resistência genética à murcha de fusarium, diversos trabalhos foram realizados nos últimos anos, visando a obtenção de variedades cultivadas resistentes a esse patógeno. No Espírito Santo, município de Linhares, foram testadas

diversas linhagens em solo naturalmente infestado e foi verificado que as variedades cultivadas EMCAPA-404-Serrano e Rio Tibagi foram resistentes e a variedade cultivada Carioca foi suscetível (Costa et al., 1993). Outra forma de controle, em áreas isentas de contaminação, é o uso de sementes sadias (Kimati, 1980) e/ou tratadas quimicamente (Hagedorn, 1991).

Em solos ácidos, a calagem aliada à adubação equilibrada tem reduzido os danos causados por esse patógeno; a calagem eleva o pH do solo e otimiza a utilização de nutrientes pelas plantas, além de estimular o desenvolvimento de microrganismos antagonistas ao patógeno (Bianchini et al., 1997).

Outra possibilidade de controle é o biológico. Dois isolados (fungo) de *Trichoderma* spp. (*T. viride* e *T. aureoviride*) apresentaram resultados promissores para o controle dessa doença do feijão (Reis et al., 1995).

2.4 Influência da nutrição de plantas na ocorrência de doenças em feijão

Alguns estudiosos apontam, como uma das principais causas para a ocorrência e predisposição das plantas a patógenos e insetos-praga, o desequilíbrio nutricional (carência ou excesso), aliado ao estágio fenológico do hospedeiro e das condições climáticas reinantes, além do componente genético envolvido no processo (Fancelli, 2003).

O estado de equilíbrio nutricional das plantas pode ser considerado um dos principais fatores responsável pelo desencadeamento dos mecanismos de defesa (Choboussou, 1999). Esse desencadeamento pode se dar em diferentes intensidades, em consequência de diversos processos, nos quais os nutrientes estão relacionados, como: modificações na anatomia da planta (epiderme revestida de cera e presença de células espessas, lignificadas e silicatadas), síntese e liberação controlada de substâncias tóxicas, inibidoras ou repelentes, as fitoalexinas, e acúmulo de substâncias na célula na forma de compostos solúveis (estado de proteólise).

Dessa maneira, a disponibilidade dos nutrientes para as plantas, uma vez que a presença de um nutriente no solo não necessariamente implica em disponibilidade do elemento às plantas, influenciada pela forma e concentração de todos os elementos

presentes no solo, além de seu teor nos tecidos da planta, está diretamente relacionada à maior ou menor incidência de doenças.

2.4.1 Influência de nitrogênio em doenças do feijão

O nitrogênio (N) é um importante nutriente para as plantas, sendo constituinte de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e outros compostos, que causam mais alterações morfológicas, anatômicas e químicas, quando comparado a qualquer outro nutriente mineral (Marschner, 1995).

Devido a sua grande importância, o N tem sido correlacionado com a suscetibilidade e a resistência às doenças em algumas culturas. A deficiência de nutrientes necessários à síntese de compostos químicos e barreiras físicas, em pontos de infecção, pode resultar na suscetibilidade de plantas às doenças; embora a resistência possa aparecer na ausência de nutrientes essenciais à atividade do patógeno (Marschner, 1995).

A maneira pela qual os nutrientes entram em contato com as raízes das plantas é de suma importância. O fluxo de massa é o mecanismo dominante para o nitrato, que em geral, está em maior concentração na solução do solo, em relação aos outros nutrientes. Para o N-amoniaco, o mecanismo de difusão, além do fluxo de massa, também tem importância significativa. Entretanto, independente do nutriente e do mecanismo, é fundamental que haja boa taxa de crescimento radicular, durante o ciclo de desenvolvimento da planta (Yamada, 2002).

A influência da nutrição mineral na resistência de plantas às doenças é relativamente pequena em variedades cultivadas altamente suscetíveis ou altamente resistentes, mas importante em variedades cultivadas moderadamente suscetíveis ou parcialmente resistentes (Marschner, 1995).

Na variedade cultivada de feijoeiro Red Kidney, desenvolvida sob várias concentrações de N, P e K em solução completa de Hoagland & Arnon (1950), constatou-se que o desenvolvimento do cretamento bacteriano comum (CBC) e do cretamento de halo, causados por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* e *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, respectivamente, foram alterados, dependendo

das concentrações dos nutrientes na solução completa. As dosagens baixa e alta de N (25 e 600 $\mu\text{g.mL}^{-1}$), K (12 e 1000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$) e baixa de P (3 $\mu\text{g.mL}^{-1}$) diminuíram a severidade, enquanto que a dose mais alta de P (93 $\mu\text{g.mL}^{-1}$) e normal de K (234 $\mu\text{g.mL}^{-1}$) acentuaram o desenvolvimento do CBC (Patel & Walker, 1963).

As variedades cultivadas de feijão, IAC Carioca e IAPAR-14, submetidas a diferentes concentrações de Ca e de N em solução nutritiva completa de Sarruge (1975), não exibiram correlação entre os níveis de Ca empregados na solução nutritiva e os sintomas de CBC. Entretanto, para a variedade cultivada IAPAR-14 houve correlação negativa entre os níveis de N e os sintomas, além de correlação negativa para os teores foliares de N e K e positiva para o de P com a severidade dos sintomas, em função dos níveis crescentes de N (Biazon, 1999).

A diferença nas duas formas de N, amoniacal e nítrica, pode refletir no fornecimento de N intermediário requerido por patógenos obrigatórios, os quais estão prontamente disponíveis nos tecidos foliares como nitrato, sendo reduzido e metabolizado, enquanto que o amônio é primeiramente metabolizado nas raízes. As diferenças na severidade da doença entre as duas formas de N, podem ser resultado do aumento na absorção de Mn com o amônio, com o aumento da lignificação e desenvolvimento de calos ou inibição da atividade da peptidase, associada com a resistência da planta (Huber, 1991), assim como pela alteração do pH da rizosfera, o que pode afetar a patogenicidade de fungos de solo, uma vez que a absorção de N amoniacal pelas plantas reduz o pH da rizosfera e a absorção de N nítrico eleva (Huber, 1974).

Rodrigues et al. (2002) avaliaram o efeito da calagem, fontes e doses de N e concluíram que o uso de nitrogênio na forma nítrica contribui mais para o aumento da podridão radicular causada pela *Rhizoctonia solani* em feijoeiro, em comparação com a fonte amoniacal.

O N é absorvido pelas plantas na forma de amônio (NH_4^+) e de nitrato (NO_3^-). A forma predominante tem efeito sobre o patógeno. Muitas vezes, a forma de N aplicada tem maior efeito sobre a resistência do hospedeiro ou severidade da doença, do que a quantidade de N aplicada (Kommedahl, 1984).

Assim, as formas e concentrações do N no solo podem afetar a germinação dos esporos dos patógenos, seu desenvolvimento micelial e sua patogenicidade, além da penetração no hospedeiro. Essas alterações devem-se ao efeito do N com relação à alteração da resistência do hospedeiro, desenvolvimento, constituintes e exsudados das plantas e ao pH do solo e da rizosfera, que constituem os mecanismos nos quais deve-se basear o manejo nutricional de doenças (Yamada, 2002).

2.4.2 Influência de potássio em doenças de feijão

O íon potássio é essencial para que as plantas se desenvolvam e completem seu ciclo biológico, devido ao fato de que o K participa direta ou indiretamente de processos bioquímicos envolvidos com o metabolismo de carboidratos, como a fotossíntese e a respiração. A adubação potássica, geralmente, aumenta a eficiência da adubação nitrogenada, acentua a quantidade e a qualidade da proteína e, pelo menos parcialmente, neutraliza as consequências de níveis excessivos de N. A falta de K afeta tanto o crescimento vegetativo das plantas como o desenvolvimento de tecidos e órgãos de armazenamento. Em geral, a adubação potássica é mais propensa a aumentar a resistência da planta às doenças, quando o K no solo encontra-se num nível de disponibilidade no qual uma resposta na produção é também esperada (Pretty, 1982).

A nutrição vegetal pode melhorar o controle de muitos patógenos de plantas e reduzir a severidade das doenças. Isto pode ser obtido pela aplicação direta do nutriente no solo ou na planta, ou pela modificação da rizosfera, através de várias práticas culturais ou microrganismos, os quais interferem na disponibilidade dos nutrientes para absorção da planta (Huber, 1994).

A resistência às doenças em culturas é geneticamente controlada. Entretanto, mecanismos de resistência natural às doenças podem ser acentuados por nutrientes de plantas. Sintomas de deficiência de K, tais como paredes celulares mais finas, talos e hastes debilitados, raízes menores, acúmulo de açúcar nas folhas, estimula infecção de doenças. Cada um destes itens reduz a habilidade da planta em resistir à entrada e infecção por fungos, bactérias e vírus. Plantas saudáveis, livres de estresse, são mais resistentes à incidência de doenças (Dibb, 1998).

Vários fatores influenciam a eficiência do potássio em reduzir o estresse na cultura e incidência de doenças. Esses fatores incluem a forma do K presente no solo, nível e fonte, balanço nutricional, suscetibilidade de variedades/híbridos e população e virulência dos organismos fitopatogênicos (Dibb, 1998).

A resistência de plantas tem sido relacionada com maiores níveis de K, comparadas a plantas suscetíveis. Dessa forma, uma variedade resistente absorve e concentra mais K que uma variedade suscetível (Huber & Arny, 1985).

Em espécies de feijão ocorreram muitas podridões de mudas, causadas por *Rhizoctonia solani*, em solo arenoso fertilizado com uréia, nitrato de potássio, fosfato monocálcico ou fosfato potássico, sendo que a aplicação no solo de nitrato de amônio, cloreto de potássio ou sulfato de potássio, diminuiu a severidade da doença. Em testes com aplicação no solo de N (uréia), P (fosfato monocálcico) e K (cloreto de potássio) combinados, a doença foi maior em todas as combinações com P (Kataria & Grover, 1987).

A variedade cultivada de feijoeiro Red Kidney, fertilizada com várias doses dos nutrientes N, P e K, apresentou aumento no desenvolvimento do crestamento bacteriano comum, quando a dose normal de K ($234\mu\text{g.mL}^{-1}$) e alta de P ($93\mu\text{g.mL}^{-1}$) foram utilizadas. As doses de N (25 e $600\mu\text{g.mL}^{-1}$), de K (12 e $1000\mu\text{g.mL}^{-1}$) e de P ($3\mu\text{g.mL}^{-1}$) diminuíram a severidade da doença (Patel & Walker, 1963).

Folíolos da variedade cultivada de feijão IAPAR 31, de plantas adubadas com diferentes concentrações de K na forma de KCl, apresentaram menor valor de severidade do crestamento bacteriano comum, enquanto que a adubação com K_2SO_4 promoveu, na variedade cultivada IAC Carioca, valores máximos de severidade em menor tempo (Biazon, 2003).

2.4.3 Influência de cálcio em doenças de feijão

O estado nutricional do hospedeiro pode acarretar várias doenças de etiologia biótica. Dentro desse aspecto, estudos relativos à nutrição com cálcio têm merecido destaque não só pela importância desse elemento nos processos fisiológicos e nutricionais nas plantas (Loneragan & Snowball, 1969), mas também pela relação que

apresenta com a incidência de doenças, por afetar a estabilidade de biomembranas e da parede celular dos tecidos de plantas (Marschner, 1986).

O cálcio, além de apresentar função primordial na divisão e no desenvolvimento celular, bem como na estrutura da parede celular e na formação da lamela média (Huber, 1980), ainda complementa o papel do potássio na manutenção da organização celular, economia de água e permeabilidade de membranas.

Grande parte dos fungos patogênicos atinge o tecido da planta pela produção de enzimas pectolíticas extracelulares, como a galacturonase, que dissolvem a lamela média e, segundo Marschner (1986), a atividade desta enzima é praticamente inibida pela presença do cálcio.

O conteúdo de cálcio nos tecidos das plantas, de acordo com Mcguire & Kelman, (1986), pode restringir a incidência de doenças parasíticas mediante dois mecanismos básicos: (i) redução da taxa de efluxo de compostos de baixo peso molecular (açúcares) do citoplasma para o apoplasto, assegurada pelo adequado suprimento de cálcio na célula; e (ii) manutenção de elevado teor de poligalacturonatos de cálcio requeridos pela lamela média, visando a estabilidade da parede celular.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados experimentos *in vitro*, em casa-de-vegetação e em campo.

3.1 Efeito do pH do meio de cultura no desenvolvimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* in vitro

Os valores de pH considerados são aqueles para os quais o meio de cultura foi ajustado inicialmente, assim, o pH do meio de cultura não foi aferido após a repicagem das quatro raças de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*.

3.1.1 Local – experimento *in vitro*

O experimento foi realizado no laboratório do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade do Instituto Agrônômico (IAC).

3.1.2 Obtenção e manutenção dos isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*

Os isolados de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* foram obtidos da Micoteca do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade do IAC, sendo provenientes de diversas regiões, além de terem sido classificados como quatro raças distintas do patógeno, o que assegura maior variabilidade fisiológica. A identificação dos isolados é dada pelo seu número de registro no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade do IAC.

Esses quatro isolados foram mantidos em placas de Petri e tubos de ensaio contendo meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA) e incubados a 28°C, durante a realização dos experimentos.

3.1.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 24 tratamentos (Tabela 2) e 4 repetições. Cada parcela foi constituída de uma placa de Petri de nove cm de diâmetro (Figura 1).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos do experimento *in vitro*

Isolado de	pH do meio de cultura BDA					
<i>Fusarium</i> *	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
2556 (RI)	Trat 1	Trat 5	Trat 9	Trat 13	Trat 17	Trat 21
8278 (RII)	Trat 2	Trat 6	Trat 10	Trat 14	Trat 18	Trat 22
9840-2 (RIII)	Trat 3	Trat 7	Trat 11	Trat 15	Trat 19	Trat 23
9455 (RIV)	Trat 4	Trat 8	Trat 12	Trat 16	Trat 20	Trat 24

* Material fornecido pelo IAC (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade).

RI = raça 1, RII = raça 2, RIII = raça 3 e RIV = raça 4.

Figura 1 - Desenvolvimento das quatro raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da variação do pH do meio de cultura BDA, 168h após a repicagem

3.1.4 Cultivo dos isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, preparo do meio de cultura e das placas de Petri

Os quatro isolados de *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* foram cultivados em placas de Petri contendo meio de cultura BDA, com pH 7,0 e incubados a 28°C por cinco dias.

Foram preparados meios de cultura BDA, com pH ajustado, em erlenmeyers com capacidade de 1000mL, pela utilização de soluções a 1N de hidróxido de potássio (KOH) e ácido clorídrico (HCl), conforme descrição dos tratamentos (Tabela 2).

Após a esterilização, os meios foram vertidos em placas de Petri e armazenados por três dias para a eliminação de possíveis placas contaminadas por fungos e/ou bactérias. Após esse período, discos de 0,5cm de diâmetro foram retirados das extremidades das colônias de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* e colocados no centro de cada placa de Petri, conforme os tratamentos descritos na Tabela 2. Essas placas foram incubadas a 28°C até a colonização total do diâmetro da placa.

3.1.5 Avaliações

Foram tomadas medidas ortogonais da colônia a cada 24h, obtendo-se a média dessas medidas, até a colonização da área total da placa de Petri (9cm). As medidas foram tomadas por blocos, para eliminar quaisquer variações causadas pelo tempo de avaliação.

3.2 Efeito de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, cultivado em meio de cultura BDA com diferentes faixas de pH, sobre a severidade da murcha de fusarium em casa-de-vegetação

No experimento em casa-de-vegetação foram utilizadas as quatro raças de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, provenientes do experimento *in vitro*, sendo avaliada a severidade da murcha de *Fusarium* sobre a variedade IAC-Carioca Tybatã de feijão, considerada suscetível.

3.2.1 Local – experimento em casa-de-vegetação

Os experimentos foram realizados em casa-de-vegetação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade do IAC.

3.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 24 tratamentos (Tabela 2) e quatro repetições. Cada parcela foi constituída de 1 vaso de aproximadamente 1,0L de volume, com duas plantas.

3.2.3 Preparo do inóculo

O inóculo foi obtido pelo preparo de suspensões de esporos e micélios, de cada raça de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* cultivada em diferentes faixas de pH (Tabela 2), provenientes do teste *in vitro* (item 4.1.2), através da adição de água esterilizada sobre a superfície da colônia e a leve raspagem dessa superfície com lâmina de vidro; foram raspadas quatro placas de Petri por tratamento. Essas suspensões foram filtradas em gaze e as concentrações ajustadas para 10^6 esporos.mL⁻¹, em câmara de Neubauer.

3.2.4 Inoculação de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* pelo método *deeping*

As plântulas de feijão foram obtidas a partir da semeadura em caixas de plástico de 35 cm x 50 cm contendo areia esterilizada, mantidas em casa-de-vegetação. No momento em que as plantas atingiram o estágio V₃ (Tabela 1), foram retiradas das bandejas e seu sistema radicular foi lavado em água corrente e posteriormente, 1/3 de seu comprimento foi cortado com o auxílio de uma tesoura e imediatamente mergulhado no inóculo por 10 minutos (Sala, 2001). As plântulas foram transplantadas para vasos contendo uma mistura esterilizada de solo e areia (2:1) e mantidas em casa-de-vegetação.

3.2.5 Avaliação

Apenas a severidade foi avaliada, devido ao método drástico de inoculação adotado, no qual dificilmente não há manifestação dos sintomas. No caso de dúvida na identificação patógeno apenas pelos sintomas da doença, plantas “extras” de cada tratamento foram utilizadas para a identificação do patógeno em laboratório.

A avaliação dos sintomas foi realizada aos 34 dias após a inoculação do patógeno, conforme a escala de notas proposta pelo CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical (Abawi & Pastor-corrales, 1990), cujos valores variam de 1 a 9: (1)

plantas sem sintomas visíveis da doença, (3) poucas folhas murchas (1 a 3 folhas, que representam 10 % ou menos da folhagem), sintoma acompanhado de descoloração vascular limitada aos tecidos radiculares e ao hipocótilo, (5) aproximadamente 50 % das folhas e hastes com murcha e clorose, (7) aproximadamente 75 % das folhas e hastes com murcha, clorose e necrose limitada. Planta com nanismo, e (9) 75 % ou mais das folhas e dos ramos com murcha, nanismo severo e necrose com desfolha prematura, o que freqüentemente resulta em morte da planta.

3.3 Efeito da adubação nitrogenada e do tratamento químico das sementes de feijão sobre a incidência da murcha de fusarium em campo

Foram realizados dois experimentos concomitantemente, utilizando-se a uréia e o sulfato de amônio como fontes de nitrogênio, com cinco combinações de doses (semeadura e cobertura) diferentes (Tabelas 3 e 4). Apenas em um dos experimentos foi utilizado o tratamento químico das sementes de feijão (Tabela 4).

Tabela 3. Doses de adubação nitrogenada, aplicadas na semeadura e em cobertura em experimento com a variedade cultivada de feijão IAC Carioca Tybatã em condições de campo. Capão Bonito-SP, 2003

Tratamento	Adubação Nitrogenada (kg.ha ⁻¹)				
	Semeadura		Cobertura		Total
	Uréia	S. de Amônio*	Uréia	S. de Amônio*	
1	0	0	80	0	80
2	10	0	70	0	80
3	20	0	60	0	80
4	30	0	50	0	80
5	40	0	40	0	80
6	0	0	0	80	80
7	0	10	0	70	80
8	0	20	0	60	80
9	0	30	0	50	80
10	0	40	0	40	80
11	0	0	0	0	0

* Sulfato de amônio

Tabela 4. Doses de adubação nitrogenada, aplicadas na semeadura e em cobertura em experimento com a variedade cultivada de feijão IAC Carioca Tybatã, sementes tratadas quimicamente, em condições de campo. Capão Bonito-SP, 2003

Tratamento	Adubação Nitrogenada (kg.ha ⁻¹)				
	Semeadura		Cobertura		Total
	Uréia	S. de Amônio*	Uréia	S. de Amônio*	
1	0	0	80	0	80
2	10	0	70	0	80
3	20	0	60	0	80
4	30	0	50	0	80
5	40	0	40	0	80
6	0	0	0	80	80
7	0	10	0	70	80
8	0	20	0	60	80
9	0	30	0	50	80
10	0	40	0	40	80
11**	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0

* Sulfato de amônio.

** Sem tratamento químico das sementes.

3.3.1 Local – experimento em campo

Os experimentos foram realizados em Capão Bonito-SP, na área experimental do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios (PRDTA/APTA).

3.3.2 Análises química e física de solo

Foi coletada amostra de solo composta do campo onde foram instalados os experimentos, para a realização das análises química e física (Tabelas 5, 6 e 7).

Tabela 5. Análise química dos macronutrientes presentes no solo onde foram instalados os experimentos de campo, antes da realização da adubação de correção. Capão Bonito-SP

pH	M.O.	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S.B.	CTC	V%	m%	SO ₄
CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mmol _c .dm ⁻³				mg.dm ⁻³					
6,1	29,0	44,0	3,5	33,0	14,0	28,0	0,0	50,5	78,5	64,0	0,0	7,0

Tabela 6. Análise química dos micronutrientes (mg.dm⁻³) presentes no solo onde foram instalados os experimentos de campo, antes da realização da adubação de correção. Capão Bonito-SP

Cu	Fe	Zn	Mn	B
0,4	41,0	2,6	3,1	0,20

Tabela 7. Análise física (granulometria, %) do solo onde foram instalados os experimentos de campo, antes da realização da adubação de correção. Capão Bonito-SP

Argila (<0,002mm)	Silte (0,053mm – 0,002mm)	Areia (2,0mm – 0,053mm)
36,0	15,0	49,0

3.3.3 Tratamento químico das sementes

No experimento constituído por 12 tratamentos, descritos na Tabela 4, foi realizado o tratamento químico das sementes (Tabela 8), exceto no tratamento 11.

Tabela 8. Descrição dos produtos utilizados no tratamento químico das sementes

Produto comercial	Ingrediente ativo	Formu- lação	Concentração (g.i.a.kg ⁻¹ ou L ⁻¹)	Classe toxicológica	Dose (mL.100 kg sem. ⁻¹)
Derosal Plus*	Carbendazim +Tiram	SC	150 + 350	III	200
Gaucho**	Imidacloprid	PM	700	IV	200
Moncerem*	Pencycuron	PM	250	IV	200

*Fungicidas

**Inseticida

3.3.4 Variedade cultivada de feijão (IAC Carioca Tybatã)

Foi utilizada a variedade IAC Carioca Tybatã, que apresenta resistência aos vírus do mosaico dourado e mosaico comum e ao fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib., patógeno causador da antracnose.

Essa variedade é recomendada para a semeadura no Estado de São Paulo nas três safras, apresentando um ciclo de 87, 95 e 95 dias para os cultivos das águas, da seca e de inverno, respectivamente. A população ideal para essa variedade, que apresenta porte mais ereto e vagens mais altas é de 220.000 plantas.ha⁻¹, objetivando-se¹ uma produtividade de 2.200 kg.ha⁻¹.

3.3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 repetições, no esquema fatorial 2 x 5, envolvendo 2 fontes e 5 doses de nitrogênio.

Nos tratamentos de 1 a 5 foi utilizada uréia como fonte amínica de nitrogênio e nos tratamentos de 6 a 10 sulfato de amônio como fonte amoniacal, nas doses de 0, 10, 20, 30 e 40kg.ha⁻¹ na semeadura, e 80, 70, 60, 50 e 40kg.ha⁻¹ em cobertura, totalizando 80kg de nitrogênio aplicados em cada tratamento (Tabelas 3 e 4).

¹ Informação pessoal – Pompeu, A.S., 2003

Cada parcela foi constituída de 4 linhas de 5m de comprimento, espaçadas de 0,50m, totalizando 10m² de área total e 5m² de área útil (2 linhas centrais).

3.3.6 Implantação e manejo da cultura

Foi utilizado o sistema convencional de preparo do solo com aração e gradagem. A semeadura foi realizada em 02/10/2003, utilizando-se 20 sementes por metro linear. Após a emergência, que ocorreu sete dias após a semeadura, e a avaliação da população de plantas, foi realizado o desbaste, em 22/10/2003, almejando-se uma população final de 12 plantas por metro, totalizando 240 mil plantas por hectare.

A adubação de semeadura foi realizada com 80kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 50kg.ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fontes o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. Os adubos foram aplicados no sulco de semeadura, sendo levemente incorporados ao solo antes da disposição das sementes.

A adubação nitrogenada, na semeadura e em cobertura, foi realizada segundo as especificações descritas nos tratamentos (Tabelas 3 e 4). A adubação nitrogenada em cobertura, realizada em 24/10/2003, quando a cultura encontrava-se no estágio V₃ (Tabela 1), foi incorporada ao solo, pela realização da capina manual das entrelinhas. Foram realizadas aplicações de inseticidas recomendados para a cultura do feijão para o controle das pragas larva minadora e mosca branca.

3.3.7 Avaliações

Nesse experimento foram avaliadas a população de plantas, a incidência de plantas com sintomas de murcha de fusarium, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos de feijão.

3.3.7.1 População de plantas

A população da cultura foi obtida pela contagem do número de plantas nas duas linhas centrais de cada parcela, quando a cultura encontrava-se no estágio V₁ (Tabela 1).

3.3.7.2 Incidência da doença murcha de fusarium

Para a quantificação da incidência da murcha de fusarium foram contadas as plantas com sintomas da doença, no estágio fenológico R₈ (Tabela 1) e, de acordo com a população de plantas, foi calculada a porcentagem de plantas com sintomas.

No caso de dúvidas na diagnose da doença apenas através da sintomatologia, plantas da bordadura da parcela com sintomas semelhantes foram coletadas e analisadas no laboratório do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do IAC. A confirmação da diagnose da doença foi através da observação de sinais (estruturas fúngicas) pelo uso de estereoscópio e, quando preciso, realização de câmara úmida e isolamento do patógeno.

3.3.7.3 Produtividade e massa de 100 grãos

A produtividade (kg.ha⁻¹) foi obtida pela pesagem dos grãos da área útil de 5m² e extrapolação para 1 hectare, sendo que a colheita foi realizada manualmente. A massa de 100 grãos foi obtida também manualmente pela contagem e pesagem de 100 grãos.

3.3.7.4 Análise de material de tecido foliar

Para a realização da análise de tecido foliar foram amostrados 30 folíolos terminais (terceiras folhas) com pecíolo, por parcela, componentes de folhas do terço médio da planta, na fase de pleno florescimento, segundo a metodologia descrita por Van Raij (1997), entre os estádios R₆ e R₇ da cultura (Tabela 1). O material foi lavado em água adicionada de detergente, depois em água de torneira e, em seguida, lavado em água deionizada por duas vezes, para se eliminar quaisquer resíduos que pudessem interferir nos resultados. Após o acondicionamento das amostras em sacos de papel, estas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até atingir massa seca constante.

Depois de secas, as amostras foram moídas (moinho do tipo “Wiley”) e analisadas no Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

A análise dos teores dos nutrientes nas amostras de planta foi realizada conforme a metodologia descrita por Sarruge & Haag (1974) e Malavolta et al. (1997). Para a extração do nitrogênio, foi pesado 0,1g de cada amostra adicionado de 10mL de KCl 1N

e, esta solução foi agitada por 5 minutos. A seguir, foi determinado o teor de amônio, adicionando-se 0,2g de MgO calcinado à solução, seguido da destilação por arraste de vapores e da titulação do destilado em 5mL do indicador (ácido bórico + verde de bromocresol e vermelho de metila) com ácido sulfúrico. A determinação do nitrato seguiu a mesma metodologia da determinação de amônio, porém, substituindo-se o MgO por Liga Devarda.

A digestão nítrico-perclórica foi utilizada na preparação do extrato a partir do qual foram determinados os outros nutrientes. Os micronutrientes ferro, zinco, manganês e cobre foram determinados no extrato por espectrometria de absorção atômica. O fósforo foi determinado pelo método colorimétrico, o potássio pelo método de fotometria de chama, o cálcio e magnésio, após a diluição também foram determinados por espectrometria de absorção atômica e o enxofre foi determinado por turbidimetria de sulfato de bário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito do pH do meio de cultura no desenvolvimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* in vitro

De acordo com a análise da variância, observou-se que os diferentes valores de pH (inicial) do meio de cultura, as raças e as combinações dessas duas variáveis causaram diferenças significativas no desenvolvimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, cultivado em meio de cultura BDA, nas primeiras oito avaliações (Tabela 9).

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados devido a uma possível variação de temperatura durante a incubação do fungo no período de nove dias e, devido também a uma possível variação decorrente do tempo de avaliação, que foi de aproximadamente 2h.

Tabela 9. Quadrados médios para o diâmetro (cm) das colônias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.). Campinas-SP, 2004

F.V.	G.L.	Quadrado Médio							
		Avaliação							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	5	0,0375*	0,1077*	0,3350*	1,2079*	1,9103*	2,5977*	2,8465*	1,0399*
D	3	1,1904*	1,7554*	2,5597*	5,6042*	8,6415*	11,4889*	7,4062*	1,2925*
AxD	15	0,0235*	0,0545*	0,0593*	0,0670*	0,0772*	0,1311*	0,2236*	0,1809*
Resíduo	96	0,0128	0,0137	0,0154	0,0230	0,0380	0,0382	0,0470	0,0523

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

A = pH; D = raças

Para a última avaliação não foram encontradas respostas significativas, devido ao pequeno crescimento das colônias de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* apresentado até o fechamento total das placas de Petri, uma vez que grande parte das placas tiveram a cobertura total de sua área pelo fungo na oitava avaliação (192 após a repicagem do fungo).

Figura 2 - Diâmetros (D, cm) das colônias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 24h após a repicagem

Na primeira avaliação, realizada 24h após a repicagem de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, as raças I e III não apresentaram diferenças em seu desenvolvimento em função da variação do pH do meio de cultura, sendo consideradas as médias do diâmetro das colônias de cada raça, que foram de 1,67cm e 1,84cm, respectivamente (Figura 2).

Para a raça II, foi observado que, quando cultivada em condições de pH 5,0, as colônias apresentaram diâmetro médio próximo a 1,47cm. Em condições de pH 5,5, observou-se um desenvolvimento bem menor e com a elevação do pH ocorreu o aumento do diâmetro médio das colônias até o valor de pH 7,0, para o qual foi observado o maior desenvolvimento de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Para o pH 7,5,

observou-se novamente redução do diâmetro médio das colônias, o que caracterizou uma curva cúbica (Figura 2).

Com relação à raça IV, foi observado o aumento do desenvolvimento micelial com o aumento dos valores de pH do meio de cultura até 6,0, seguido da redução do desenvolvimento até o pH 7,5, o que foi caracterizado por uma curva tipo parábola (Figura 2).

Figura 3 - Diâmetros (D, cm) das colônias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 48h após a repicagem

Na segunda avaliação, realizada 48h após a repicagem de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, foram observados desenvolvimentos praticamente semelhantes das raças III e IV, em função da variação do pH do meio de cultura, caracterizados por duas curvas do tipo parábola. Para a raça II, foi observado, um desenvolvimento caracterizado por uma curva cúbica, em função da variação do pH do meio de cultura, assim como na primeira avaliação. A raça I apresentou aumento constante no desenvolvimento das colônias, em função do aumento do pH do meio de cultura, caracterizado por uma reta (Figura 3).

Na terceira avaliação, realizada 72h após a repicagem de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, foi observado um aumento constante no desenvolvimento da raça I, em função do aumento do pH do meio de cultura, assim como na avaliação 2. Com relação à raça

II, observou-se, novamente um desenvolvimento caracterizado por uma curva cúbica, em função do aumento do pH do meio de cultura. Para as raças III e IV, foram observados desenvolvimentos caracterizados por duas curvas cúbicas, em função do aumento do pH do meio de cultura (Figura 4).

Figura 4 - Diâmetros (D, cm) das colônias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 72h após a repicagem

Figura 5 - Diâmetros (D, cm) das colônias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 96h após a repicagem

Na quarta avaliação, realizada 96h após a repicagem de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, foi observado um desenvolvimento caracterizado por uma curva cúbica para a raça I, em função do aumento do pH do meio de cultura. Para a raça II, foi observado um desenvolvimento caracterizado por uma curva em forma de parábola, em relação ao aumento do pH do meio de cultura. Com relação às raças III e IV, foram observados desenvolvimentos caracterizados por duas curvas do tipo parábola, praticamente paralelas, em função do aumento do pH do meio de cultura (Figura 5).

Figura 6 - Diâmetros (D, cm) das colônias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 120h após a repicagem

Na quinta avaliação, realizada 120h após a repicagem de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, foram observados desenvolvimentos caracterizados por curvas em forma de parábola para as raças I, III e IV, em função da variação do pH do meio de cultura. Para a raça II, foi observado um aumento quase linear do diâmetro das colônias, em função do aumento do pH do meio de cultura (Figura 6).

Na sexta avaliação, realizada 144h após a repicagem de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, foi observado um aumento constante no desenvolvimento para a raça I, em função do aumento do pH do meio de cultura, assim como para as avaliações 1, 2, e 3. Para a raça II, foi observado um desenvolvimento caracterizado por uma curva cúbica,

em função do aumento do pH do meio de cultura. Com relação às raças III e IV, foram observados desenvolvimentos caracterizados por duas curvas do tipo parábola, em função do aumento do pH do meio de cultura (Figura 7).

Figura 7 - Diâmetros (D, cm) das colônias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 144h após a repicagem

Figura 8 - Diâmetros (D, cm) das colônias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 168h após a repicagem

Na sétima avaliação, realizada 168h após a repicagem de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, foi observado um aumento constante no desenvolvimento da raça I, em função do aumento do pH do meio de cultura, assim como nas avaliações 2, 3 e 6. Para a raça II, foi observado um desenvolvimento caracterizado por uma curva cúbica, em função do aumento do pH do meio de cultura, assim como para as avaliações 1, 2, 3 e 6. Com relação à raça III, assim como para as avaliações 1, 2, 3 e 6, foi observado um desenvolvimento caracterizado por uma curva do tipo cúbica. E para a raça IV, foi observado um aumento constante no desenvolvimento de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função do aumento do pH do meio de cultura (Figura 8).

Figura 9 - Diâmetros (D, cm) das colônias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da raça e do pH do meio de cultura BDA, 192h após a repicagem

Na oitava avaliação, realizada 192h após a repicagem de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, foi observado um desenvolvimento caracterizado por uma curva cúbica para a raça I, em função do aumento do pH do meio de cultura, assim como para a avaliação 4. Para a raça II, foi observado um aumento constante no desenvolvimento caracterizado por uma curva do tipo parábola, em função do aumento do pH do meio de cultura, assim como para a avaliação 5. Com relação à raça III, foi observado um aumento no desenvolvimento, em função do aumento do pH do meio de cultura. E para a raça IV,

foi observado um desenvolvimento sem influência do pH do meio de cultura, fato devido à cobertura total da área da placa em todos os valores de pH (Figura 9).

Figura 10 - Diâmetros (D, cm) das colônias da raça I de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função do pH do meio de cultura BDA, de 24h a 192h após a repicagem

Na Figura 10, foi observado um aumento no desenvolvimento da raça I de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função de valores crescentes de pH do meio de cultura, havendo um incremento dessa variação no decorrer do tempo, o que torna as linhas de tendência mais divergentes.

Figura 11 - Diâmetros (D, cm) das colônias da raça II de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função do pH do meio de cultura BDA, de 24h a 192h após a repicagem

Na Figura 11, foi observado um comportamento repetitivo de divergência seguida de convergência das linhas de tendência do desenvolvimento da raça II de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*.

Figura 12 - Diâmetros (D, cm) das colônias da raça III de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função do pH do meio de cultura BDA, de 24h a 192h após a repicagem

Na Figura 12, foi observado um aumento da variação do desenvolvimento da raça III de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função da variação do pH do meio de

cultura, até a avaliação 6, às 144h após a repicagem, seguido da convergência das linhas até a última avaliação.

Figura 13 – Diâmetros (D, cm) das colônias da raça IV de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função do pH do meio de cultura BDA, de 24h a 192h após a repicagem

Na Figura 13, foi observada pouca variação no desenvolvimento da raça IV de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, em função de valores crescentes de pH do meio de cultura, até a avaliação 6, às 144h após a repicagem, seguida da convergência das linhas de tendência até a última avaliação, com a cobertura total da área da placa.

4.2 Efeito de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, cultivado em meio de cultura BDA com diferentes valores de pH, sobre a severidade da murcha de fusarium em casa-de-vegetação

Pela análise da variância, observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 10). Os valores referentes à severidade da murcha de fusarium variaram entre 2,0 e 8,5, de acordo com as raças de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* e o pH do meio de cultura onde foram cultivadas (Tabela 11).

Foi utilizado delineamento experimental em blocos ao acaso para a redução de possíveis variações causadas por diferença de iluminação no interior da casa-de-vegetação.

Tabela 10. Quadrados médios para severidade da murcha de fusarium (SF, nota) de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade. Campinas-SP, 2004

F.V.	Graus de liberdade	Quadrado Médio SF
Tratamento	23	16,2242 ^{ns}
Bloco	3	2,2882 ^{ns}
Resíduo	69	1,3896

^{ns}: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 11. Severidade da murcha de fusarium (SF, nota), variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, causada por raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, cultivadas em meio de cultura BDA, em diferentes valores de pH. Campinas-SP, 2004

Tratamento	SF	Tratamento	SF	Tratamento	SF
1. RI pH 5,0	8,00*	9. RI pH 6,0	8,00	17. RI pH 7,0	8,50
2. RII pH 5,0	6,50	10. RII pH 6,0	3,25	18. RII pH 7,0	6,00
3. RIII pH 5,0	3,00	11. RIII pH 6,0	3,50	19. RIII pH 7,0	8,50
4. RIV pH 5,0	4,00	12. RIV pH 6,0	4,00	20. RIV pH 7,0	4,75
5. RI pH 5,5	8,00	13. RI pH 6,5	8,00	21. RI pH 7,5	7,75
6. RII pH 5,5	5,50	14. RII pH 6,5	4,50	22. RII pH 7,5	6,25
7. RIII pH 5,5	4,00	15. RIII pH 6,5	4,00	23. RIII pH 7,5	5,50
8. RIV pH 5,5	4,00	16. RIV pH 6,5	3,75	24. RIV pH 7,5	2,00
Média	5,47				
CV (%)	21,56				

* Média de 4 repetições. Escala de notas de 1 a 9 (Pastor-Corrales & Abawi, 1987).

RI = raça 1, RII = raça 2, RIII = raça 3 e RIV = raça 4.

Nota-se, na Figura 9, que a raça I apresentou severidade da murcha de fusarium mais elevada (entre 8,0 e 8,5) que as demais raças em quase todos os valores de pH, sendo igual apenas à raça III para o pH 7,0, onde foi alcançado o valor de severidade

mais elevado (8,5). A raça II apresentou decréscimo na severidade da doença entre o pH 5,0 e 6,0, seguido de elevação da mesma com o aumento do pH até 7,5, semelhante à severidade no pH 5,0. As raças III e IV apresentaram níveis de severidade praticamente estáveis entre o pH 5,0 e 6,5, porém houve aumento da severidade da murcha de fusarium no pH 7,0, mais acentuado para a raça III, seguido de decréscimo da severidade com pH 7,5.

Figura 14 - Severidade da murcha de Fusarium em plantas de feijão da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã, causada pelas raças I, II, III e IV de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, cultivadas em meio de cultura BDA com diferentes valores de pH, Campinas-SP, agosto de 2004

De maneira geral, cada raça de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* apresentou característica distinta de severidade na variedade cultivada IAC Carioca Tybatã. A diferença foi mais evidente na influência das raças na severidade da murcha de fusarium, do que o efeito do pH do meio de cultura onde se desenvolveu o patógeno.

Para a raça I, não houve efeito do pH do meio de cultura, uma vez que essa raça apresentou valores de severidade elevados em todas as situações. Para as demais raças, foram observados menores valores de severidade da murcha de fusarium.

A partir do pH 6,5, todas as raças apresentaram aumento da severidade da murcha de fusarium, sendo que para as raças II e III, esse aumento foi observado a partir do pH 6,0. A partir do pH 7,0 houve a redução da severidade para todas as raças, exceto para a raça II (Figura 14).

4.3 Efeito da adubação nitrogenada e do tratamento químico das sementes de feijão sobre a incidência da murcha de fusarium em campo

4.3.1 Experimento sem tratamento químico de sementes

De acordo com a análise de variância, não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação à população de plantas, incidência da murcha de fusarium, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijão. Porém, houve diferença significativa entre os blocos para incidência da murcha de fusarium, massa de 100 grãos e produtividade de grãos (Tabela 12).

Tabela 12. Quadrados médios para população (P, número de plantas em 10 m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g), produtividade de grãos (PG, kg.ha⁻¹) de feijão, para as fontes de variação, conforme os graus de liberdade (G.L.), referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003

Fontes de variação	Quadrado Médio				
	G.L.	P	IF	MCG	PG
Tratamento	10	34,1727 ^{ns}	0,3288 ^{ns}	0,5434 ^{ns}	196040,4545 ^{ns}
Bloco	3	27,1742 ^{ns}	7,8950*	7,3921*	1026638,6364*
Resíduo	30	24,5909	0,2612	0,6559	171491,9697

* e ^{ns}: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

No caso da população, ocorreu uma emergência altamente homogênea, variando de 186,25 plantas a 195,75 plantas (Tabela 13), o que representa 93,13% a 97,88%, respectivamente. Essa homogeneidade deveu-se à alta qualidade das sementes utilizadas que, em laboratório, apresentaram germinação acima de 98%, associada a condições climáticas favoráveis na fase de emergência.

A incidência da murcha de fusarium variou de 1,67% a 4,59% (Tabela 13). Nota-se, pela análise da variância (Tabela 12), que houve diferença significativa entre blocos. Essa diferença ocorreu devido à incidência da doença murcha de fusarium distribuída de

forma heterogênea, mais especificamente na forma de reboleiras dentro da área do experimento. Essa distribuição explica o elevado coeficiente de variação de 33,74% (Tabela 13).

Figura 15 - Produtividade de grãos de feijão da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã, de acordo com as fontes e combinações de doses da adubação nitrogenada. Capão Bonito-SP, 2003

Na Figura 15 pode ser observado que a uréia proporcionou a obtenção de valores de produtividade de grãos mais elevados, sendo semelhante ao sulfato de amônio apenas na dose de 30+50kg.ha⁻¹ de N (semeadura+cobertura). Pela utilização de sulfato de amônio, obteve-se valores de produtividade praticamente constantes, havendo maior incremento apenas para a dose de 30+50kg.ha⁻¹ de N (semeadura+cobertura).

A massa de 100 grãos variou entre 21,15g e 22,13g e a produtividade de grãos variou de 3662,50kg.ha⁻¹ a 4292,50kg.ha⁻¹ (Tabela 13). Mesmo não havendo diferença significativa entre os tratamentos, a adubação nitrogenada causou uma tendência de aumento da produtividade de grãos, que variou de 4,57% a 17,20%.

Pelo cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson, foram encontradas correlações negativas entre a incidência da murcha de fusarium com a massa de 100 grãos e a incidência da murcha de fusarium com a produtividade de grãos, sendo os coeficientes de -0,4750 e -0,4099, respectivamente. As correlações negativas indicam que com o aumento da incidência da murcha de fusarium ocorre a diminuição na massa

de 100 grãos e na produtividade de grãos do feijão. Houve também correlação positiva entre a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos, com um coeficiente de 0,5940; o qual indica que com o aumento da massa de 100 grãos ocorre o aumento da produtividade de grãos e vice-versa (Tabela 14).

Tabela 13. Valores de população (P, número de plantas em 10 m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, kg.ha⁻¹) da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003

Tratamento	P	IF	MCG	PG
1	194,00	2,86	21,15	4292,50
2	189,25	3,20	21,47	4177,50
3	192,75	2,88	22,11	4275,00
4	195,75	3,38	22,13	4127,50
5	194,00	2,50	21,79	4285,00
6	191,25	3,86	21,16	3875,00
7	189,00	2,47	21,59	3910,00
8	191,25	4,59	21,21	3830,00
9	188,00	3,18	21,21	4157,50
10	186,25	3,37	21,24	3840,00
11	189,25	1,67	21,35	3662,50
Média	190,98	3,09	21,49	4039,32
CV (%)	2,60	33,74	3,77	10,25

Tabela 14. Coeficientes de correlação de Pearson entre a população (P, número de plantas em 10m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, kg.ha⁻¹) de feijão referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes

	P	IF	MCG
IF	0,1725 ^{ns}		
MCG	0,1096 ^{ns}	-0,4750*	
PG	0,1899 ^{ns}	-0,4099*	0,5940*

* e ^{ns}: significativo e não significativo pelo teste de correlação de Pearson a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

4.3.2 Experimento com tratamento químico de sementes

Pela análise de variância, observou-se que neste experimento também não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação à população, incidência da murcha de fusarium, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijão. Porém, houve diferença significativa entre os blocos para incidência da murcha de fusarium, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de feijão (Tabela 15).

No caso da população, ocorreu uma emergência altamente homogênea, variando de 183,75 plantas a 193,00 plantas (Tabela 16), o que representa 91,88% a 96,50%, respectivamente. Essa homogeneidade, assim como no experimento sem tratamento químico das sementes (item 4.3.1), deveu-se à alta qualidade das sementes utilizadas associada às condições climáticas favoráveis na fase de emergência.

Tabela 15. Quadrados médios para população (P, número de plantas em 10 m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG) de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.). Capão Bonito-SP, 2003

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		P	IF	MCG	PG
Tratamento	11	24,7935 ^{ns}	0,6088 ^{ns}	1,2871 ^{ns}	169545,4545 ^{ns}
Bloco	3	25,4097 ^{ns}	12,6699*	4,9077*	2400350,0000*
Resíduo	33	32,6976	0,5458	0,6687	156265,1515

* e ^{ns}: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Com relação à incidência da murcha de fusarium, os valores obtidos variaram entre 1,02% e 6,57%. Observa-se, pela análise da variância (Tabela 18), que houve diferença significativa entre blocos que, como no experimento sem tratamento químico das sementes (item 4.3.1), ocorreu devido à incidência da doença murcha de fusarium distribuída na forma de reboleiras dentro da área do experimento. Essa distribuição explica o elevadíssimo coeficiente de variação de 61,62%.

A massa de 100 grãos variou de 20,60g a 22,65g e a produtividade de grãos variou de 3392,50kg.ha⁻¹ a 4100,00kg.ha⁻¹.

Pelo cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson, foi encontrada correlação positiva apenas entre a massa de 100 grãos e a produtividade do feijão, obtendo-se um coeficiente de 0,5734 (Tabela 17), o qual indica que com o aumento da massa de 100 grãos ocorre o aumento da produtividade de grãos e vice-versa.

Tabela 16. Valores de população (P, número de plantas em 10 m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, kg.ha⁻¹) da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003

Tratamento	P	IF	MCG	PG
1	190,25	6,57	22,45	3392,50
2	188,00	3,39	21,79	3432,50
3	192,00	4,13	21,96	3795,00
4	188,75	3,63	21,68	3617,50
5	190,50	3,73	22,48	3832,50
6	183,75	2,20	21,45	3975,00
7	192,50	2,85	21,97	3885,00
8	190,75	1,23	21,98	3820,00
9	189,75	1,36	21,79	3880,00
10	188,25	1,51	22,65	4100,00
11*	193,00	1,34	20,60	3800,00
12	190,75	1,02	21,27	3830,00
Média	189,85	2,74	21,84	3780,00
CV (%)	3,01	61,62	3,74	10,47

* Testemunha sem TQS (Tratamento Químico de Sementes).

Figura 16 - Produtividade de grãos de feijão da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã, semeada com tratamento químico das sementes, de acordo com as fontes e combinações de doses da adubação nitrogenada. Capão Bonito-SP, 2003

Tabela 17. Coeficientes de correlação de Pearson entre a população (P, número de plantas em 10m), incidência da murcha de fusarium (IF, %), massa de 100 grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, kg.ha⁻¹) de feijão referentes ao experimento com tratamento químico de sementes

	P	IF	MCG
IF	0,2342 ^{ns}		
MCG	-0,2636 ^{ns}	-0,1979 ^{ns}	
PG	-0,1214 ^{ns}	0,0175 ^{ns}	0,5734*

* e ^{ns}: significativo e não significativo pelo teste de correlação de Pearson a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Os resultados obtidos nos dois experimentos não permitem que sejam tiradas conclusões sobre a influência da adubação nitrogenada na incidência da murcha de fusarium. Devido à grande variação ocorrida na incidência da doença, houve grande variação também nos valores de produtividade e massa de 100 grãos.

Biazon (2003) testou cinco fontes de nitrogênio (uréia, nitrato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio e sulfato de amônio), na dose de 1,2g de N em 9L de terra, para a variedade cultivada IAC Carioca e verificou que plantas adubadas com uréia

apresentaram maior severidade do crestamento bacteriano comum, causado pela *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, enquanto que as plantas adubadas com nitrato de potássio apresentaram menor severidade. Com relação à massa de 100 grãos e produção de grãos por planta, não observou diferenças entre as fontes de nitrogênio testadas. Em outros experimentos com a cultura de feijão, foi verificado que os sintomas do crestamento bacteriano comum tenderam a diminuir em função do aumento do N em solução nutritiva, tanto para a variedade cultivada IAC Carioca, considerada suscetível, quanto para a “IAPAR 14”, considerada resistente (Biazon et al., 2000; Biazon et al., 2004).

Em um experimento onde foram testadas cinco doses de uréia (150, 125, 100, 75 e 50 kg.ha⁻¹ de N) para as variedades cultivadas IAC Carioca Pyatã, IPR 88 – Uirapuru e SCS 202 - Guará, Theodoro (2004) verificou que, para a variedade cultivada IAC Carioca Pyatã, houve influência significativa das doses de uréia na severidade da murcha-de-curtobacterium do feijoeiro, a qual indicou que a adubação nitrogenada acima da dose recomendada favoreceu o progresso da murcha-de-curtobacterium no tempo. Para as variedades IPR 88 – Uirapuru e SCS 202, a murcha-de-curtobacterium não foi influenciada pelas doses de N aplicadas.

O aumento da severidade de doenças de plantas em decorrência de doses elevadas de N também foi observado em outros patossistemas (Tanaka et al., 2000; Tanaka et al., 2002; Rodrigues et al., 2002). Muitas vezes, a forma de N aplicada tem maior efeito sobre a resistência do hospedeiro ou severidade da doença, do que a quantidade de N aplicada (Kommedahl, 1984).

Dessa maneira, não há um desempenho típico da incidência ou severidade de doenças com relação às variações na adubação nitrogenada de feijão e de outras culturas, devendo ser realizados experimentos específicos para cada variedade, em relação às fontes e doses de N.

4.3.3 Análise de material de tecido foliar

4.3.3.1 Experimento sem tratamento químico de sementes

Pela análise de variância observou-se que, neste experimento, não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação aos teores de amônio, nitrato, nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão. Porém, houve diferença significativa entre os blocos para o teor de potássio (Tabela 18).

Tabela 18. Quadrados médios para os teores de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrogênio total (NT), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.). Capão Bonito-SP, 2003

F.V.	G.L.	Quadrado Médio							
		NH_4^+	NO_3^-	NT	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	10	734,6559 ^{ns}	71,1692 ^{ns}	0,0506 ^{ns}	0,0893 ^{ns}	4,4534 ^{ns}	18,0344 ^{ns}	3,2127 ^{ns}	0,1205 ^{ns}
Bloco	3	342,1908 ^{ns}	3,2769 ^{ns}	0,0383 ^{ns}	0,1158 ^{ns}	40,6105*	54,5961 ^{ns}	1,2936 ^{ns}	0,8922 ^{ns}
Resíduo	30	210,0663	7,0764	0,0239	0,0650	10,1819	25,7895	1,0323	0,0613

* e ^{ns}: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Tabela 19. Quadrados médios para os teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.). Capão Bonito-SP, 2003

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamento	10	4,4390 ^{ns}	583,3047*	268,8097 ^{ns}	9,0712 ^{ns}
Bloco	3	14,4087 ^{ns}	341,1718 ^{ns}	3065,1158 ^{ns}	96,3406 ^{ns}
Resíduo	30	1,3750	239,8838	243,7586	10,8776

* e ^{ns}: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

De acordo com a análise da variância (Tabela 19), observou-se que, para os teores dos micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco, houve diferença apenas para os teores de ferro, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, de acordo com os tratamentos.

Tabela 20. Teores (g.kg^{-1}) de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrogênio total (NT) fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003

Tratamento	NH_4^+	NO_3^-	NT	P	K	Ca	Mg	S
1	48,21	9,80	58,01	3,46	22,00	29,85	8,13	2,06
2	60,46	5,43	65,89	3,71	24,04	30,00	7,45	2,30
3	68,43	4,03	72,45	3,91	24,10	26,05	6,38	2,36
4	76,13	8,49	84,61	3,76	24,36	32,76	6,28	2,37
5	65,45	9,98	75,43	3,81	24,16	28,53	6,58	2,53
6	59,50	7,35	66,85	3,83	23,66	28,56	5,43	2,58
7	35,88	19,60	55,48	3,82	24,36	28,86	5,78	2,65
8	39,11	14,00	53,11	3,88	24,87	26,83	5,13	2,58
9	54,78	11,29	66,06	3,97	23,65	29,78	5,55	2,40
10	55,65	8,66	64,31	3,91	26,33	26,31	6,03	2,51
11	35,26	9,10	44,36	3,61	24,99	25,76	5,75	2,25
Média	54,44	9,79	64,23	3,79	24,23	28,48	6,22	2,42
CV (%)	26,62	27,17	24,21	6,73	13,17	17,83	16,33	10,24

Os teores de amônio, nitrato e N total, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, variaram de $35,26\text{g.kg}^{-1}$ a $76,13\text{g.kg}^{-1}$, de $4,03\text{g.kg}^{-1}$ a $19,60\text{g.kg}^{-1}$ e de $44,36\text{g.kg}^{-1}$ a $84,61\text{g.kg}^{-1}$, respectivamente. Para fósforo, potássio e cálcio, os teores variaram de $3,46\text{g.kg}^{-1}$ a $3,97\text{g.kg}^{-1}$, de $22,00\text{g.kg}^{-1}$ a $26,33\text{g.kg}^{-1}$ e de $25,76\text{g.kg}^{-1}$ a $32,76\text{g.kg}^{-1}$, respectivamente. E para magnésio e enxofre, variaram de $5,13\text{g.kg}^{-1}$ a $8,13\text{g.kg}^{-1}$ e de $2,06\text{g.kg}^{-1}$ a $2,65\text{g.kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 20).

Tabela 21. Teores (mg.kg^{-1}) de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento sem tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003

Tratamento	Cu	Fe	Mn	Zn
1	3,03	127,20 ab*	53,08	31,03
2	2,55	134,65 a	48,75	31,68
3	2,80	124,40 ab	59,80	33,68
4	2,43	133,30 a	58,98	32,53
5	1,55	118,03 abc	47,98	32,00
6	2,10	108,85 abc	64,93	32,68
7	1,70	115,78 abc	62,03	33,43
8	1,60	95,48 c	67,23	34,73
9	1,38	105,18 bc	59,90	34,45
10	2,78	113,95 abc	72,75	35,30
11	5,13	124,75 ab	48,50	30,83
Média	2,46	118,32	58,54	32,94
C.V. (%)	47,73	13,09	26,67	10,01

* valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si (Duncan 5%).

Os teores de cobre, ferro, manganês e zinco, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, variaram de $1,38\text{mg.kg}^{-1}$ a $5,13\text{mg.kg}^{-1}$, de $95,48\text{mg.kg}^{-1}$ a $134,65\text{mg.kg}^{-1}$, de $48,50\text{mg.kg}^{-1}$ a $72,75\text{mg.kg}^{-1}$ e de $30,83\text{mg.kg}^{-1}$ a $35,30\text{mg.kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 21).

Com relação ao teor de ferro, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca de feijão, foram obtidos valores mais elevados para os tratamentos 2 e 4, seguidos dos tratamentos 1, 3 e 11, seguidos dos demais, que foram intermediários e não diferiram da testemunha (Tabela 21).

4.3.3.2 Experimento com tratamento químico de sementes

Pela análise de variância, observou-se que, neste experimento, não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação aos teores (g.kg^{-1}) de amônio, nitrato, nitrogênio total, fósforo, cálcio e magnésio, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão. Porém, houve diferença significativa entre os tratamentos para o teor (g.kg^{-1}) de potássio e entre os blocos para o teor (g.kg^{-1}) de enxofre (Tabela 22).

Tabela 22. Quadrados médios para os teores de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrogênio total (NT), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.), referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		NH_4^+	NO_3^-	NT	P
Tratamento	11	394,6440 ^{ns}	11,0908 ^{ns}	481,3255 ^{ns}	0,1495 ^{ns}
Bloco	3	27,6476 ^{ns}	0,9281 ^{ns}	19,6434 ^{ns}	0,8779 ^{ns}
Resíduo	33	73,3419	3,0310	83,4993	0,1283
F.V.	G.L.	K	Ca	Mg	S
Tratamento	11	11,2748*	32,7645 ^{ns}	2,1397 ^{ns}	0,3236 ^{ns}
Bloco	3	42,5462 ^{ns}	53,4080 ^{ns}	7,4339 ^{ns}	0,3401*
Resíduo	33	0,0912	21,7764	0,5709	0,0959

* e ^{ns}: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

De acordo com a análise da variância (Tabela 23), observou-se que, para os teores (mg.kg^{-1}) dos micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco, assim como no experimento anterior, houve diferença apenas para os teores (mg.kg^{-1}) de ferro, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, de acordo com os tratamentos.

Tabela 23. Quadrados médios para os teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, para as fontes de variação (F.V.), conforme os graus de liberdade (G.L.), referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamento	11	0,5068 ^{ns}	318,5707*	548,1715 ^{ns}	42,9049 ^{ns}
Bloco	3	11,6600 ^{ns}	26,6241 ^{ns}	7232,8100 ^{ns}	273,8847 ^{ns}
Resíduo	33	0,5353	129,2226	118,5903	6,6464

* e ^{ns}: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Os teores de amônio, nitrato e N total, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, variaram de $12,43\text{g.kg}^{-1}$ a $42,70\text{g.kg}^{-1}$, de $2,63\text{g.kg}^{-1}$ a $8,84\text{g.kg}^{-1}$ e de $16,28\text{g.kg}^{-1}$ a $48,74\text{g.kg}^{-1}$, respectivamente. Para fósforo, potássio e cálcio, os teores variaram de $3,46\text{g.kg}^{-1}$ a $4,15\text{g.kg}^{-1}$, de $20,53\text{g.kg}^{-1}$ a $26,08\text{g.kg}^{-1}$ e de $22,70\text{g.kg}^{-1}$ a $33,28\text{g.kg}^{-1}$, respectivamente. E para magnésio e enxofre, variaram de $5,80\text{g.kg}^{-1}$ a $7,90\text{g.kg}^{-1}$ e de $1,98\text{g.kg}^{-1}$ a $2,82\text{g.kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 24).

Tabela 24. Teores (g.kg^{-1}) de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrogênio total (NT) fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003

Tratamento	NH_4^+	NO_3^-	NT	P	K	Ca	Mg	S
1	27,48	8,31	35,79	3,53	22,64 bc*	25,59	7,50	2,07
2	32,29	8,84	41,13	3,65	23,02 abc	24,06	7,90	1,98
3	42,70	6,04	48,74	3,85	25,95 ab	27,80	6,63	2,22
4	39,81	5,78	45,59	3,66	24,48 ab	33,28	7,58	2,16
5	36,49	5,51	42,00	3,81	25,76 ab	30,31	7,23	2,17
6	20,83	5,08	25,90	3,67	23,34 abc	25,28	5,95	2,04
7	28,09	4,29	32,38	3,90	26,08 a	25,01	5,95	2,46
8	16,10	4,73	20,83	4,15	23,47 abc	22,70	5,80	2,37
9	21,96	5,16	27,13	3,67	20,53 c	26,28	7,15	2,81
10	21,88	4,99	26,86	3,55	25,95 ab	25,24	6,45	2,82
11	15,14	2,63	17,76	3,56	24,04 ab	26,70	6,43	2,13
12	12,43	3,85	16,28	3,46	23,53 abc	25,33	7,55	2,10
Média	26,26	5,43	31,70	3,70	24,06	26,46	6,84	2,28
CV (%)	32,73	32,05	28,83	9,67	8,41	17,63	11,04	13,60

* valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si (Duncan 5%).

Com relação ao teor de potássio (g.kg^{-1}), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca de feijão, foram obtidos valores mais elevados para o tratamento 7, seguido dos tratamentos 3, 4, 5, 10 e 11, seguidos dos demais, que foram intermediários e não diferiram da testemunha (Tabela 24).

Tabela 25. Teores (mg.kg^{-1}) de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, referentes ao experimento com tratamento químico de sementes. Capão Bonito-SP, 2003

Tratamentos	Cu	Fe	Mn	Zn
1	4,98	113,70 ab*	46,10	34,78
2	5,43	124,48 a	42,38	31,30
3	5,05	101,63 bc	46,03	33,63
4	4,73	105,88 bc	46,95	31,98
5	5,15	101,58 bc	40,50	33,00
6	5,00	95,73 bc	48,73	35,55
7	5,15	95,88 bc	64,98	38,55
8	5,23	100,98 bc	58,90	37,48
9	4,88	110,73 abc	71,00	35,73
10	4,60	98,53 bc	68,50	34,38
11	4,45	97,70 bc	42,15	28,65
12	4,18	94,35 c	36,50	27,65
Média	4,90	103,43	51,06	33,55
CV (%)	14,93	10,99	21,33	7,68

* valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si (Duncan 5%).

Os teores de cobre, ferro, manganês e zinco, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca Tybatã de feijão, variaram de $4,18\text{mg.kg}^{-1}$ a $5,43\text{mg.kg}^{-1}$, de $94,35\text{mg.kg}^{-1}$ a $124,48\text{mg.kg}^{-1}$, de $36,50\text{mg.kg}^{-1}$ a $71,00\text{mg.kg}^{-1}$ e de $27,65\text{mg.kg}^{-1}$ a $38,55\text{mg.kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 25).

Com relação ao teor de ferro, em folhas da variedade cultivada IAC Carioca de feijão, foram obtidos valores mais elevados para os tratamentos 1 e 2, seguidos dos demais, que foram intermediários e não diferiram da testemunha (Tabela 25).

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que: (i) as quatro raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* apresentaram crescimentos distintos, em função da variação do pH do meio de cultura; (ii) as raças III e IV apresentaram desenvolvimento mais rápido que as demais; (iii) as diferenças proporcionadas pela variação do pH do meio de cultura foram menores que as causadas pelas raças quanto à severidade em feijão; (iv) a variação do pH do meio de cultura BDA, onde foram cultivadas as quatro raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, não proporcionou diferenças na patogenicidade das mesmas; (v) apesar de não terem sido observadas diferenças estatísticas entre as raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, a raça I, de maneira geral, foi mais patogênica; (vi) o tratamento químico de sementes de feijão não proporcionou diferenças na população, incidência da murcha de fusarium e produtividade de grãos de feijão; (vii) não houve influência da adubação nitrogenada na população, incidência da murcha de fusarium e produtividade de grãos de feijão; (viii) as fontes e combinações de doses de N, assim como o tratamento químico das sementes, não proporcionaram diferenças nos teores dos macronutrientes e micronutrientes, exceto para o ferro, nas folhas de feijão; e (ix) a adubação nitrogenada com 0+80kg.ha⁻¹ e 10+70kg.ha⁻¹ (semeadura+cobertura) proporcionaram maiores teores de ferro em folhas de feijão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAWI, C.S.; PASTOR-CORRALES, M.A. **Root rots of bean in Latin America and Africa**: diagnosis, research methodologies, and management strategies. Cali: CIAT, 1990. 114 p.
- ARMSTRONG, G.M.; ARMSTRONG, J.K. Fusarium wilt of bean in South Carolina and some host relations of bean Fusarium. **Plant Disease Reporter**, v.47, n.12, p.1088-1091, 1963.
- ARMSTRONG, G.M.; ARMSTRONG, J.K. Pathogenicity of isolates of the bean wilt Fusarium from England and the United States. **Plant Disease Reporter**, v.48, n.11, p.846-847, 1964.
- BALARDIN, R.S.; PASTOR-CORRALES, M.A.; OTOYA, M.M. Resistência de germoplasmas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Fitopatologia Brasileira**. v.15, n.1, p.102-103, 1990.
- BIANCHINI, A.; MARINGONI, A.C.; CARNEIRO, S.M.T.P.G. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v.2, p.376-399.
- BIAZON, V.L. Crestamento bacteriano comum do feijoeiro: efeito da adubação nitrogenada e potássica e aspectos bioquímicos relacionados à doença. Botucatu, 2003. 172p. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- BIAZON, V.L. Níveis de cálcio e de nitrogênio na suscetibilidade de cultivares de feijoeiro ao crestamento bacteriano comum. Botucatu, 1999. 81p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

- BIAZON, V.L., MARINGONI, A.C., GRASSI FILHO, H. Efeito de cálcio e de nitrogênio na suscetibilidade da cultivar de feijoeiro IAC-Carioca ao cretamento bacteriano comum. **Summa Phytopathologica**, v.26, n.3, p.295-299, 2000.
- BIAZON, V.L., MARINGONI, A.C., GRASSI FILHO, H. Influência de cálcio e de nitrogênio nos teores de macronutrientes foliares e na suscetibilidade do feijoeiro Iapar 14 ao cretamento bacteriano comum. **Summa Phytopathologica**, v.30, n.3, p.320-323, 2004.
- CARDOSO, C.O.N.; KIMATI, N.H.; FERNANDES, N.G. Nota sobre a ocorrência de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* Kendrick e Snyder, causando murcha vascular em feijoeiro. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v.23, p.273-276, 1966.
- CHOBOSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. 2ed., Porto Alegre: L&PM editora, 1999. 256p.
- COELHO NETTO, R.A.; DHINGRA, O.D. Hospedeiros de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Fitopatologia Brasileira**. v.24, n.2, p.156-159, 1999.
- COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO (CONAB). <http://www.conab.gov.br>. (14 maio 2003).
- COSTA, A.F. da; MENEZES, M.; MIRANDA, P. Ocorrência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* Kendrick; Snyder em feijoeiro, (*Phaseolus vulgaris* L.) em Pernambuco, Alagoas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1982. p.282-284.
- COSTA, H.; FERRÃO, M.A.G.; VENTURA, J.A.; LIBERATO, J.R.; PACOVA, B.E.V. **Murcha de *Fusarium* do feijoeiro**. Vitória: EMCAPA, 1993. 3p. (Comunicado Técnico, 69)
- CRUZ, B.P.B.; TERANISH, L.; ISSA, E. Resistência de cultivares de feijão vagem a murcha de *Fusarium*. **O Biológico**, v.40, p.25-32, 1974.
- DIBB, D.W. Potassium for agriculture. **Better Crops with plant food**, v.82, p.39, 1998.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385p

- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L.; ITO M.A. Tecnologia para a produção de feijão. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO, 17/18, 2001/2002, Capão Bonito. **Anais** Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 7-22.
- ECHANDI, E. Amarillamiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) provocado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Turrialba**, v.19, n.4, p.409-410, 1967.
- FANCELLI, A.L. Influência da nutrição de plantas na ocorrência de doenças e pragas. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2003. p.1-29.
- FAO. **PRODUCTION YEARBOOK**, Rome, v.54, p.99-100, 2000.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2003: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 2003. p.345-354: Feijão.
- GOTH, R.W. A quasi parasite of beans pods: *Fusarium oxysporum* f. sp. *Phaseoli*. **Phytopatology**, v.56, n.4, p.442-443, 1966.
- GOULART, A. C. P. Doenças do feijoeiro na região Norte de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v.13, n.3, p.230-232, 1988.
- HAGEDORN, D.J. Fusarium yellows. In: HALL, R. (Ed.). **Compendium of bean diseases**. Ontario: APS. Press, 1991. p.20-21.
- HOAGLAND D.R.; ARNON, D.I. The water culture method of growing plants without soil. **University of California**. Berkeley, 1950.
- HUBER, D.M. The influence of mineral nutrition on vegetable diseases. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 1994, v.12, n.12, p.206-214.
- HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL; COWLING, E.B. **Plant Pathology; an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1980, v. 5, p.381-406.
- HUBER, D.M. The use of fertilizers and organic amendments in the control of plant disease. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Hand book of pest management in agriculture**. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 1991. p.405-494.
- HUBER, D.M.; ARNY, D.C. Interactions of potassium with plant disease. In: **Potassium in Agriculture**, 1985. p.467-488.

- HUBER, D.M.; WATSON, R.D. Nitrogen form and plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, v.12, p.139-165, 1974.
- ITO, M.F.; CARBONELL, S.A.M.; POMPEU A.S.; RAVAGNANI, S.; LOT, R.C.; RODRIGUES, L.C.N. Variabilidade de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.270-271, 1997.
- KATARIA, H.R.; GROVER, R.K. Influence of soil factors, fertilizers and manures on pathogenicity of *Rhizoctonia solani* on *Vigna* species. **Plant Soil**, v.103, p.57-66, 1987.
- KENDRICK, J.B.; SNYDER, W.C. *Fusarium* yellows of beans. **Phytopathology**, v.32, n.11, p.1010-1014, 1942.
- KIMATI, H. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GALLI, F. (Coord.) **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. v.2, cap.19, p.297-318.
- KOMMEDAHL, T. Interaction of nitrogen use and plant disease control. In: HAUCK, R.D. (Ed.). **Nitrogen in crop production**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p.461-472.
- LONERAGAN, J.F.; SNOWBALL, K. Calcium requirements of plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.20, p. 465-478, 1969.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ed. London: Academic Press., 1995. 889p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674p.
- McGUIRE, R.G.; KELMAN, A. Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *Atroseptica*. **Phytopathology**, v.76, p.401-406, 1986.
- MOHAN, S. K.; BIANCHINI, A.; MENEZES, R. J. **Doenças do feijoeiro no Estado do Paraná: Guia para identificação e controle**. Londrina: IAPAR, 1983. p.26.

- NASCIMENTO, S.R.C.; KUROZAWA, C.; MARINGONI, A.C. Avaliação de raças fisiológicas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Fitopatologia Brasileira**, v.20, n.2, p.214-217, 1995.
- NUNES, W. Manejo de fungos de solo na cultura do feijão irrigado. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2003. p.127-151.
- PASTOR-CORRALES, M.A.; ABAWI, G.S. Reactions of selected bean germplasm infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Plant Disease**, v.71, n.11, p.990-993, 1987.
- PATEL, P.N.; WALKER, J.C. Relation of air temperature and age and nutrition of the host to the development of halo and common bacterial blights of bean. **Phytopathology**, v.53, p.407-411, 1963.
- PRETTY, K.M. O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina, 1982. **Anais** Piracicaba: Fundação IAPAR, p.177-194.
- QUEIROZ, A.; LUCAS, C.A.; PALA, V.L. Problema fitossanitário no Estado de São Paulo: cultura de inverno. In: VENDRAMIN, J.D.; MENTEN, J.O.M.; LOURENÇÃO, A.L. **Seminário sobre pragas e doenças do feijoeiro**. Piracicaba: ESALQ, 1988. p.91-101.
- REIS, A.; OLIVEIRA, S.M.A.; MENEZES, M; MARIANO, R.L.P. Potencial de isolados de *Trichoderma* para o biocontrole da murcha de *Fusarium* de feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.21, n.1, p.16-20, 1995.
- RIBEIRO, C.A.G.; FERRAZ, S. Resistência varietal do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Fitopatologia Brasileira**, v.9, n.1, p.37-44, 1984.
- RIBEIRO, R. L. D.; HAGEDORN, D. J. Screening for resistance to and pathogenic specialization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* the causal agent of the bean yellows. **Phytopathology**, v.69, n.3, p.272-276, 1979.

- RODRIGUES, F. DE A.; CARVALHO, E.N.; VALE, F.X. Severidade da podridão radicular de *Rhizoctonia* do feijoeiro influenciada pela calagem, e pelas fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.9, p.1247-1247, 2002.
- SALA, G.M. *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*: variabilidade fisiológica, fontes de resistência e comportamento do feijoeiro. Campinas, 2001.69p. Dissertação (Mestrado) Instituto Agrônômico.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v.1, p.231-233, 1975.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1974. 56p.
- SCHWARTZ, H.F.; McMILLAN, M.S. Occurrence of *Fusarium* wilt of beans in Colorado. **Plant Disease**, v. 73, n.6, p.518, 1989.
- SCHWARTZ, H.F.; BRICK, A.M.; NULAND, D.S.; FRANC, G.D. **Dry bean production and pest management**. Fort Collins: Colorado State University, 1996. 106p. (Regional Bulletin, 562).
- TANAKA, M.A.S.; FREITAS, J.G.; MEDINA, P.F.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FELÍCIO, J.C. Efeito da adubação nitrogenada sobre a incidência de fungos em sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) **Summa Phytopatologica**, v.26, n.3, p.331-335, 2000.
- TANAKA, M.A.S.; PASSOS, F.A.; FEITOSA, C.T.; TANAKA, R.T. Efeito da adubação mineral e orgânica do morangueiro sobre a antracnose do rizoma, causada por *Colletotrichum fragariae*. **Summa Phytopatologica**, v.28, p. 236-241, 2002.
- THEODORO, G.F. *Curtobacterium flaccumfaciens*: comportamento de genótipos, distribuição em lavouras de feijoeiro comum no Estado de Santa Catarina e efeito da adubação nitrogenada e potássica na severidade da doença. Botucatu, 2004. 106p. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

- TUSET-BARRACHINA, J. J. Studios sobre la marchitez y secado de plantas herbaceas. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agronomicas. Serie Producción vegetal, n.3, 1973. p.73-93.
- VALE, F.X.R. do; ZAMBOLIM, L. Controle de doenças de plantas: grandes culturas. (Ed.). Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia; Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 2v.
- VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H. QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2 ed. Rev. Atual. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (**Boletim Técnico 100**)
- YAMADA, T. Melhoria na eficiência da adubação aproveitando as interações entre os nutrientes. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.100, p.1-5, 2002.
- ZAMBOLIM, L.; VIEIRA, C.; ARAUJO, G.A.A.; CHAGAS, J.M.N; SILVA, C.C. Ocorrência de murcha de *Fusarium* em feijoeiros na zona da mata de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v.12, n.3, p.287-288, 1987.