

LUCIMERIS RUARO SCHUTA

**BORO, NITROGÊNIO, CONCENTRAÇÃO DE INÓCULO E pH
NA EXPRESSÃO DA DOENÇA CAUSADA POR
*Plasmodiophora brassicae***

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Vismar da Costa
Lima Neto

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Lúcia R. Z.
Costa Lima

CURITIBA

2003




UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pela candidata **LUCIMERIS RUARO SCHUTA**, sob o título "**BORO, NITROGÊNIO, CONCENTRAÇÃO DE INÓCULO E pH NA EXPRESSÃO DA DOENÇA CAUSADA POR *Plasmodiophora brassicae***", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.

Curitiba, 28 de Fevereiro de 2003.



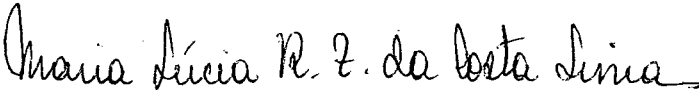
Dr. Alvaro Figueredo dos Santos
Primeiro Examinador



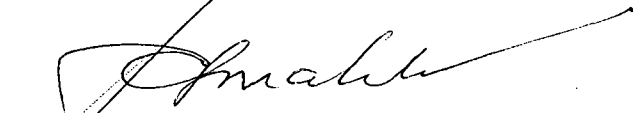
Professor Dr. Valmiqui Costa Lima
Segundo Examinador



Dr. Albino Grigoletti Júnior
Terceiro Examinador



Professora Dra. Maria Lucia Rosa Zaksevskas da Costa Lima
Quarta Examinadora



Professor Dr. Vismar da Costa Lima Neto
Presidente da Banca e Orientador

Ao meu filho Paulo Ruaro Schuta

DEDICO

*Aos meus pais Aldevino e Nair Maria Ruaro que
investiram na educação dos filhos e transmitiram
os verdadeiros valores*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus que incomparável em sua bondade, deu-me a necessária coragem para atingir meus objetivos.

Ao Prof. Dr. Vismar da Costa Lima Neto, orientador e acima de tudo mestre, que sempre com sua extraordinária criatividade, conhecimento técnico e científico, sempre me apoiou, me ensinou e estimulou, nas horas mais difíceis, com sua palavra ou com seu silêncio, com seu exemplo e sua capacidade. Pelo confiança, paciência e pelos ensinamentos, muito obrigada.

O meu profundo agradecimento à Prof. Dra. Maria Lúcia R. Costa Lima, que com sua sabedoria e conhecimento técnico, esteve sempre presente em todos os passos que trilhei nos caminhos da fitopatologia.

À Universidade Federal do Paraná ao Setor de Ciências Agrárias, ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo e ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade.

Aos Professores que me ministraram disciplinas durante o Curso de Doutorado, pelas informações recebidas.

Ao Prof. Dr. Edelclaiton Daros, Chefe do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo e ao Professor Dr. José Cavassin Tosin, pelo apoio e incentivo na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Justiniano Ribeiro Júnior e à Prof. Msc. Glaucy Ortiz, pela colaboração segura e objetiva na avaliação estatística.

Ao Dr. Heroldo Weber pelas sugestões e esclarecimentos no decorrer dos experimentos.

À Prof. Dra. Louise Larissa May de Mio pela colaboração.

Aos membros da banca examinadora de pré-defesa e defesa de tese pela análise crítica deste trabalho e pelas sugestões apresentadas como contribuição para melhoria de sua qualidade.

Ao Miguel Schuta que me incentivou e apoiou no decorrer dos meus estudos.

Aos meus irmãos Carolina, Roseli Terezinha e Paulo, e ao meu cunhado Paulo Sérgio Sena pelo amor, cumplicidade e apoio em todos os momentos.

Ao Engenheiro Agrônomo, Msc. Milton Luiz da Paz Lima pelo auxílio e incentivo.

À Engenheira Agrônoma e estagiária Débora Pasqualin, pela sua dedicação e colaboração.

À todos os funcionários do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo que me apoiaram durante o período do curso.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS.....	x
RESUMO GERAL.....	xi
GENERAL ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	9
1 CAPÍTULO I - CONCENTRAÇÃO DE INÓCULO E pH NA EXPRESSÃO DA DOENÇA CAUSADA POR <i>Plasmodiophora brassicae</i>.....	12
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
1.1 INTRODUÇÃO.....	15
1.2 METODOLOGIA.....	17
1.2.1 Hospedeiro.....	17
1.2.2 Substrato.....	17
1.2.3 Inóculo e inoculação.....	20
1.2.4 Avaliação.....	23
1.2.4.1 Parte aérea.....	23
1.2.4.2 Sistema radicular.....	23
1.2.5 Delineamento experimental e análise estatística.....	23
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
1.3.1 Parte aérea.....	25
1.3.2 Sistema radicular.....	26
1.4 Conclusões.....	32
REFERÊNCIAS.....	33
2 CAPÍTULO II - BORO E pH NA EXPRESSÃO DA DOEÇA CAUSADA POR <i>Plasmodiophora brassicae</i>.....	36
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
2.1 INTRODUÇÃO.....	39
2.2 METODOLOGIA.....	41
2.2.1 Hospedeiro.....	41
2.2.2 Substrato.....	41

2.2.3 Inóculo e inoculação.....	44
2.2.4 Avaliação.....	45
2.2.4.1 Parte aérea.....	45
2.2.4.2 Sistema radicular.....	45
2.2.4.3 Teor de macronutrientes e B no tecido foliar.....	46
2.2.5 Delineamento experimental e análise estatística.....	46
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
2.3.1 Parte aérea.....	48
2.3.2 Sistema radicular.....	50
2.3.3 Teor de macronutrientes e B no tecido foliar.....	54
2.4 CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS.....	62
3 CAPÍTULO III - FONTES DE NITROGÊNIO E pH EXPRESSÃO DA DOEÇA CAUSADA POR <i>Plasmodiophora brassicae</i>.....	66
RESUMO.....	67
ABSTRACT.....	68
3.1 INTRODUÇÃO.....	69
3.2 METODOLOGIA.....	73
3.2.1 Hospedeiro.....	73
3.2.2 Substrato.....	73
3.2.3 Inóculo e inoculação.....	77
3.2.4 Avaliação.....	78
3.2.4.1 Parte aérea.....	78
3.2.4.2 Sistema radicular.....	78
3.2.4.3 Teor de macronutrientes e B no tecido foliar.....	78
3.2.5 Delineamento experimental e análise estatística.....	79
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
3.3.1 Parte aérea.....	80
3.3.2 Sistema radicular.....	81
3.3.3 Teor de macronutrientes e boro no tecido foliar.....	83
3.4 CONCLUSÕES.....	90
REFERÊNCIAS.....	91
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
ANEXOS.....	94

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1 -	Característica química do solo utilizado na avaliação do pH do solo em diferentes concentrações de inóculo na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	17
TABELA 2 -	Análise granulométrica do solo utilizado na avaliação do pH do solo em diferentes concentrações de inóculo na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	18
TABELA 3 -	Valor do poder de neutralização (P.N.), da eficiência relativa (E.R.) e o poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário aplicado ao solo utilizado no experimento.....	18
TABELA 4 -	Característica química do solo utilizado na avaliação do pH do solo em diferentes concentrações de inóculo na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i> *.....	19
TABELA 5 -	Adubação de base utilizada na avaliação do pH do solo em diferentes concentrações de inóculo na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	20
TABELA 6 -	Matriz dos coeficientes de correlação entre variáveis medidas em plantas de couve chinesa submetidas à concentrações de inóculo de <i>P.brassicae</i> x quatro níveis de pH do solo.....	25

CAPÍTULO II

TABELA 1 -	Característica química do solo utilizado na avaliação de doses de B e pH do solo na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	41
TABELA 2 -	Análise granulométrica do solo utilizado na avaliação de doses de B e pH do solo na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	41
TABELA 3 -	Valor do poder de neutralização (P.N.), da eficiência relativa (E.R.) e o poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário utilizado para avaliação.....	42
TABELA 4 -	Característica química do solo utilizado para avaliação de doses de B e pH do solo.....	43
TABELA 5 -	Adubação de base utilizada na avaliação de doses de B e pH do solo na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	44
TABELA 6 -	Doses de B utilizadas na avaliação do B e pH do solo na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	44

CAPÍTULO III

TABELA 1 -	Característica química inicial do solo utilizado na avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	73
TABELA 2 -	Análise granulométrica do solo utilizado na avaliação de fontes de N e níveis de pH na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	74
TABELA 3 -	Valor do poder de neutralização (P.N.), da eficiência relativa (E.R.) e o poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário utilizado para avaliação.....	74
TABELA 4 -	Característica química do solo utilizado na avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	76

TABELA 5 - Adubação de base utilizada na avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	76
TABELA 6 - Adubação nitrogenada utilizada na avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	77
TABELA 7 - Valores do pH do solo ao final da avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por <i>P. brassicae</i>	77

LISTA DE FIGURAS

GERAL

FIGURA 1 -	Ciclo da <i>Plasmodiophora brassicae</i> , agente causal da Hérnia das crucíferas.....	5
FIGURA 2 -	Plantas de brócolos (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>itálica</i> Plenck) com sintomas de galhas em raízes, ocasionadas por <i>P. brassicae</i> (A) e detalhe do sintoma (B).....	6
FIGURA 3 -	Plantas de mostarda lisa (<i>Brassica juncea</i> L. Czern. e Cross) com sintomas de galhas em raízes, ocasionadas por <i>P. brassicae</i> (A) e detalhe do sintoma (B).....	7
FIGURA 4 -	Plantas de rúcula (<i>Eruca sativa</i> Mill) com sintomas de galhas em raízes, ocasionadas por <i>P. brassicae</i> (A) e detalhe do sintoma (B).....	8

CAPÍTULO I

FIGURA 1 -	Valores de pH (CaCl ₂) apresentados pelo solo incubado com doses de calcário durante 35.....	19
FIGURA 2 -	Células de tecido de raízes de couve chinesa, com presença de esporos de <i>P. brassicae</i> , do isolado utilizado nos experimentos, aumento 6000x (A) e detalhe dos esporos, aumento 5000x (B).....	22
FIGURA 3 -	Interação entre concentrações de inóculo de <i>P. brassicae</i> x quatro níveis de pH do solo na produção de massa foliar fresca (A e B) de plantas de couve chinesa.....	26
FIGURA 4 -	Interação entre concentrações de inóculo de <i>P. brassicae</i> x quatro níveis de pH do solo na produção de massa radicular seca (A e B).....	27
FIGURA 5 -	Interação entre a concentração de inóculo de <i>P. brassicae</i> x pH do solo na severidade de galhas (A e B) em plantas de couve chinesa.....	27
FIGURA 6 -	Severidade de galhas em raízes de couve chinesa desenvolvidas em solos com diferentes concentrações de inóculo (esporos.ml ⁻¹) de <i>Plasmodiophora brassicae</i> x níveis de pH do solo a = testemunha; b = 1,2 x 10 ⁷ e pH do solo 7,3; c = 1,2 x 10 ⁷ e pH 4,3; d =2,5 x 10 ⁷ e pH 7,3; e = 2,5 x 10 ⁷ e pH 4,3.....	29

CAPÍTULO II

FIGURA 1 -	Valores de pH (CaCl ₂) apresentados pelo solo incubado com doses de calcário durante 35.....	42
FIGURA 2 -	Interação entre níveis de pH do solo x doses de B na produção de massa foliar fresca (A e B) e massa foliar seca (C e D) de plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i>	49
FIGURA 3 -	Interação entre doses de B x três níveis de pH do solo na produção de massa radicular fresca (A e B) e massa radicular seca, (C e D) de plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i>	51
FIGURA 4 -	Superfície polinomial ajustada para severidade da hérnia das crucíferas,	

	em plantas de couve chinesa, em relação aos níveis de pH do solo e doses de B.....	52
FIGURA 5 -	Interação entre doses de B x três níveis de pH do solo sobre a severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve chinesa.....	53
FIGURA 6 -	Matriz de correlação do teor de nitrogênio (N), cálcio (Ca) e boro (B) foliar, altura de plantas, massa foliar seca (MFS) e massa radicular seca (MRS) e severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve chinesa submetidas à doses de B x três níveis de pH do solo.....	55
FIGURA 7 -	Superfície polinomial ajustada para os dados dos teores de fósforo (A) e potássio (B) em g.kg^{-1} no tecido foliar de plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i> , em relação à doses de B e três níveis de pH do solo.....	58
FIGURA 8 -	Superfície polinomial ajustada para os dados dos teores de magnésio (A) e boro (B) no tecido foliar de plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i> , em relação à doses de B e três níveis de pH do solo.....	59

CAPÍTULO III

FIGURA 1 -	Valores de pH (CaCl_2) apresentados pelo solo incubado com doses de calcário durante 35.....	74
FIGURA 2 -	Interação fontes de N x pH do solo na produção de massa foliar fresca (A e B) e de massa foliar seca (C e D) de plantas de couve chinesa infectadas por <i>Plasmodiophora brassicae</i>	80
FIGURA 3 -	Interação fontes de N x pH do solo na produção de massa radicular fresca (A e B) e massa radicular seca (C e D) de plantas de couve chinesa infectadas por <i>Plasmodiophora brassicae</i>	81
FIGURA 4 -	Interação entre fontes de N e Ph do solo na severidade da doença (A e B), em plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i>	82
FIGURA 5 -	Superfícies polinomiais ajustadas para o teor de nitrogênio foliar em g.kg^{-1} (A) e severidade da doença (B), em relação às fontes de N e os níveis de pH do.....	84
FIGURA 6 -	Matriz de correlação do nitrogênio foliar (N), alturas de plantas, massa seca foliar (MFS) e massa radicular seca (MRS) de plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i> e submetidas à fontes de N e dois níveis de pH do solo.....	85
FIGURA 7 -	Superfície polinomial ajustada para os dados de potássio (A), fósforo (B) e magnésio (C) foliar em g.kg^{-1} de plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i> em relação às fontes de nitrogênio e pH do solo utilizado.....	87

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 -	Valores da estatística F da análise de variância e coeficiente de variação (C.V. %) para os dados de massas foliares fresca (MFF) e seca (MFS), massas radiculares fresca (MRF) e seca (MRS) e altura, respectivamente em plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i>	95
ANEXO 2 -	Valores da estatística F da análise de variância e coeficiente de variação (C.V. %) para massas foliares fresca (MFF) e seca (MFS), massas radiculares fresca (MRF) e seca (MRS), altura, teores dos macro nutrientes (N, P e K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e boro (B) foliar, respectivamente, em plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i>	95
ANEXO 3 -	Matriz dos coeficientes de correlação entre variáveis medidas em plantas de couve chinesa submetidas à cinco níveis de boro x três níveis de pH do solo.....	96
ANEXO 4 -	Valores da estatística F da análise de variância e coeficiente de variação (C.V. %) para massas foliares fresca (MFF) e seca (MFS), massas radiculares fresca (MRF) e seca (MRS), altura das plantas, teores dos macro nutrientes (N, P e K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B) foliar e severidade da doença, respectivamente, em plantas de couve chinesa infectadas por <i>P. brassicae</i>	96
ANEXO 5 -	Matriz dos coeficientes de correlação entre variáveis medidas em plantas de couve chinesa submetidas as diferentes Fontes de Nitrogênio x três níveis de pH do solo.....	97

RESUMO GERAL

A h ernia das cruciferas (*Plasmodiophora brassicae* Woron.)   a mais importante doença que incide sobre as variedades de *Brassica oleracea* L. representadas pelo repolho, couve-flor, br ocolis, mostarda, couve-chinesa e r ucula. A calagem para elevar o pH dos solos   a medida recomendada mais aceita pelos produtores, contudo, nem sempre esta medida,   suficiente para impedir ou reduzir o ataque do pat ogeno nos solos da região metropolitana de Curitiba. O que sugere, que outros fatores possam estar interferindo na eficiência desta medida de controle. O presente trabalho, dividido em três experimentos, que deram origem a três capítulos, teve como objetivo geral avaliar o efeito da concentra o de inóculo, de doses de boro e de fontes de nitrogênio na eficiência da calagem para elevar o pH do solo, como medida de controle da h ernia das cruciferas. Os objetivos específicos foram: Experimento I: avaliar o efeito do pH do solo frente   diferentes concentra es de inóculo de *Plasmodiophora brassicae* sobre a produ o da parte  erea (massa foliar fresca e seca e altura das plantas) e do sistema radicular (massa radicular fresca e seca) e sobre a severidade da doença em plantas de couve chinesa; Experimento II: avaliar o efeito de doses de B frente   diferentes níveis de pH do solo e Experimento III: avaliar o efeito da aplica o de nitrato de cálcio, sulfato de amônio e uréia, combinados com diferentes valores de pH do solo, ambos na produ o da parte  erea (massa foliar fresca e seca e altura das plantas), e do sistema radicular (massa radicular fresca e seca), na severidade da doença e no teor de nutrientes no tecido foliar de plantas de couve chinesa infectadas por *P.brassicae*. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegeta o, no Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Nos períodos de agosto a outubro de 2000 e de 2002. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso com 4 repeti es e cada repeti o constituída por 4 plantas. O isolado do pat ogeno foi obtido a partir de raizes de couve chinesa com galhas coletadas no município de Colombo, PR. A inocula o foi realizada por ocasião do transplante das mudas e após 45 dias foram feitas as avalia es. No experimento I, utilizou-se 4 valores de pH do solo (4,3; 5,5; 6,2 e 7,3) e 3 concentra es de inóculo ($1,2 \times 10^7$; $2,5 \times 10^7$; e 5×10^7 esporos.ml⁻¹) mais tratamento controle sem inocula o. Os resultados mostraram que, em elevada concentra o de inóculo, a severidade da doença tende a aumentar mesmo para níveis mais altos de pH do solo, no caso, 7,3. Permitindo assim, inferir que,   partir de determinado potencial de inóculo no solo, a eficiência da calagem no controle da doença   substancialmente reduzida. No experimento II avaliou-se o efeito de três níveis de pH do solo (5,5; 6,2 e 7,3) e cinco doses de Boro (0; 5; 10,0; 20,0 e 30,0 mg.kg⁻¹ de solo), com aplica o de $2,5 \times 10^7$ esporos. ml⁻¹. A produ o da parte  erea das plantas foi maior com doses de B entre 10 e 20 mg.kg⁻¹ e pH 6,2 e 7,3. A severidade da doença foi maior para doses de B menor que 10 mg.kg⁻¹ e pH menor que 6,0. Os menores índices de severidade foram obtidos para pH do solo maior que 6,5 na faixa de 10 a 30 mg.kg⁻¹ de B no solo. Observou-se correla o negativa entre teores de N, Ca e B foliar e a severidade da doença. No experimento III foi avaliado o efeito de três fontes de aduba o nitrogenada (Sulfato de amônio, Uréia e Nitrato de cálcio) e 2 níveis de pH do solo (5,5 e 7,3), com aplica o de $2,5 \times 10^7$ esporos. ml⁻¹. Verificou-se que a severidade da doença foi maior em pH mais baixo e sem aplica o de N e que o ataque do pat ogeno foi significativamente reduzido quando se utilizou nitrato de cálcio em pH do solo igual 7.3, confirmando que as fontes de nitrogênio podem interferir no desempenho da calagem, como medida de controle da h ernia das cruciferas. E que o nitrato de cálcio associado com valores de pH do solo acima de 6,5 apresentou os melhores resultados.

Palavras-chave: controle cultural, acidez, *Brassica pekinensis*, nutri o mineral, micronutrientes, galhas.

GENERAL ABSTRACT

The clubroot of Crucifers (*Plasmodiophora brassicae* Wòron.) is the more important disease that occurs over the varieties of *Brassica oleracea* L. represented by the cabbage, cauliflower, broccolis, mustard, chinese-cabbage and "rúcula". The liming to elevate the pH of the soils is the recommended measure more accepts by the producers, however, not always this measured, is enough to impede or to reduce the attack of the pathogen in the soils of the metropolitan area of Curitiba. What suggests that factors can be interfering in the efficiency of this measurement of control. The present work, divided in three experiments, which gave origen of three chapters, had as general objective to evaluate the effect of the inoculum concentration, of boron doses and of sources of nitrogen in the liming efficiency to elevate the pH of the soil, as measure of control of the clubroot of the crucifers. The specific objectives were: Experiment I: to evaluate the effect of the pH of the soil to different concentrations of inoculum of *P. brassicae* over aerial part production (fresh and dry foliar mass and plant height) and radical mass production (fresh and dry radical mass), and over severity of the disease in plants of chinese cabbage; Experiment II: to evaluate the effect of doses of B face a different levels of pH of the soil; and Experiment III: to evaluate the effect of the application of calcium nitrate, ammonium sulfate and urea combined with different values of soil pH, both in the aerial production (fresh and dry foliar mass and plant height) and radical mass production (fresh and dry radical mass), and over severity of the disease, in the leaf nutrient content in plants of chinese cabbage infected by *P. brassicae*. The experiments were conducted at a green house in the Section of Agrarian Sciences of UFPR. Through august/2000 to october/2002. The treatments were distributed in a randomized complete blocks with four replications and each replication was constituted by 4 plants. The isolated of the pathogens was obtained from rootses of Chinese cabbage with galls collected in the municipal district of Colombo, PR. The inoculation was accomplished by the occasion of the seedling transplant and after 45 days evaluations were taken. In the experiment I, was used 4 values of pH of the soil (4,3; 5,5; 6,2 and 7,3) and 3 inoculum concentrations ($1,2 \times 10^7$; $2,5 \times 10^7$; and 5×10^7 spores.ml⁻¹) and a treatment controls without inoculation. The results showed that in high inoculum concentration the severity of the disease tends to increase even for higher levels of pH of the soil, in the case, 7,3. This allows to infer that from a certain inoculum potential in the soil, the efficiency of the liming in the control of the disease is substantially reduced. In the experiment II the effect of three levels of pH of the soil was evaluated (5,5; 6,2 and 7,3) and five doses of Boron (0; 5; 10,0; 20,0 and 30,0 mg.kg⁻¹ of soil), with application of $2,5 \times 10^7$ spores.ml⁻¹. The dry mass foliar production was higher with doses of B between 10-120 mg.kg⁻¹ and pH between 6,2-7,3; the severity of the disease was higher for doses of B less than 10 mg.kg⁻¹ and pH less than 6,0. The lowest leves of severity were obtained in pH higher than 6,5 and B doses from 10 to 30 mg.kg⁻¹ in the soil. Was observed negative correlations between levels of N, Ca and B in the foliar tissue and disease severity. In the experiment III the effect of three sources of nitrogen fertilization was evaluated (Sulfate of ammonium, Urea and Nitrate of calcium) and 2 levels of pH of the soil (5,5 and 7,3), with application of $2,5 \times 10^7$ spores.ml⁻¹. It was verified that the severity of the disease was higher in lower pH and without application of N and, that the attack of the pathogen was significantly reduced when nitrate of calcium was used in pH of the soil equal to 7,3, confirming that the sources of nitrogen can interfere in the acting of the limings, as measure of control of the clubroot of the crucifers. And that the nitrate of calcium associated with values of pH of the soil above 6,5 presented the best results.

Key-words: cultural control, acidity, *Brassica pekinensis*, mineral nutrition, micronutrientes, galls.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as hortaliças mais cultivadas, as variedades de *Brassica oleracea* L. representadas pelo repolho (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.), brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* Plenck), mostarda (*Brassica juncea* L. Czern. e Cross), couve-chinesa (*Brassica pekinensis* L.) e rúcula (*Eruca sativa* Mill) se destacam pela sua expressão econômica, principalmente nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. No Paraná, somente com as culturas do repolho e da couve-flor a área plantada na safra 1999/2000 foi de 6.566 ha, envolvendo 7.148 produtores, com uma produção de 217.031 t e produtividade média de 36.087 kg.ha⁻¹. São hortaliças com amplo hábito de consumo, apenas no caso do repolho, constatou-se que 75% das famílias paranaenses consomem esta hortaliça, posicionando-se como a terceira mais consumida, sendo superada apenas pela batata e pela cebola (Emater-PR, 2003). São hortaliças de alto valor nutritivo, ricas em sais minerais e vitaminas essenciais à saúde humana, além de seu custo de produção ser relativamente baixo quando comparado ao de outras espécies hortícolas (Filgueira, 2000).

Entre as causas que contribuem para reduzir os rendimentos destas culturas, destacam-se as doenças causadas por fungos, bactérias ou vírus. A hérnia das crucíferas é a mais séria doença das espécies de brássicas (Maringoni, 1995). No Brasil está presente nas principais regiões produtoras de brássicas, especialmente naquelas de clima úmido e temperaturas mais baixas, como nas regiões Sul e Sudeste, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e tende a ser mais grave em áreas onde estas espécies são cultivadas intensivamente (Maringoni, 1995• Zambolim, 2000).

A maioria dos solos nos municípios da região metropolitana de Curitiba - PR (Colombo, Quatro Barras, Campimna Grande do Sul, Almirante Tamandaré, São José dos Pinhais) está infestada por *P. brassicae*, chegando a inviabilizar o cultivo de brássicas em muitas propriedades (May e Silva, 1996). Agricultores nesta situação estão arrendando áreas para realizar o plantio, em locais livres da doença ou que ainda não tenham atingido um potencial de inóculo elevado, disseminando cada vez mais o patógeno e levando a doença para locais até então livres.

A hérnia das crucíferas é causada pelo organismo semelhante a fungo pertencente ao reino Protozoa, classe Plasmodiophoromycetes, ordem Plasmodiophorales, família Plasmodiophoraceae, e espécie *Plasmodiophora brassicae* Woron. É considerado parasita

obrigatório podendo, entretanto, sobreviver na ausência do hospedeiro por mais de dez anos (Agrios, 1997).

O patógeno foi inicialmente estudado por Michael Stephanovitch Woronin em 1878 (Woronin, 1934). Tendo sido assinalado, pela primeira vez no Brasil por Viégas e Teixeira (1943) em couve manteiga (*Brassica oleracea* L.). Em plantas daninhas, da família das crucíferas a hérnia foi relatada em mentruz (*Lepidium virginicum* L.) e mostarda (*Sinapis arvensis* L.) por Pennycook (1989), e em nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) por Sampson e Walker (1982) e por Tai (1979).

Agrios (1997) sintetizou a descrição do ciclo de vida da *P. brassicae* (Figura 1) que apresenta duas fases, a primária, que fica restrita aos pêlos radiculares, e a secundária que ocorre no córtex e cilindro central do hipocótilo e raízes da planta infectada, levando à formação de galhas no tecido parasitado (Figuras 2, 3 e 4). Com o apodrecimento das galhas, os esporos são liberados no solo, onde sofrem maturação fisiológica e por exsudatos radiculares de plantas suscetíveis, estes esporos germinam e dão origem a formas amebóides, denominadas zoosporângios, que penetram nos pêlos absorventes das raízes, e após a reprodução sexual um novo plasmódio é formado nas células hipertrofiadas (Agrios, 1997). A germinação e penetração dos propágulos são favorecidas quando o solo é arenoso, o pH é ácido e a temperatura oscila entre 18 e 25°C (Maringoni, 1995).

A hérnia das crucíferas é uma doença de difícil controle devido às suas características de desenvolvimento e a produção dos esporos de resistência que sobrevivem no solo por longos períodos (Zambolim, 2001). A baixa eficiência do controle químico, a relutância do agricultor em cultivar espécies não suscetíveis, a limitação no emprego de rotação de cultura e a falta de cultivares resistentes, faz com que a calagem para elevar o pH dos solos seja a medida recomendada mais aceita pelo produtor, face aos baixos custos e facilidades na execução desta medida (Lima e May, 1997). Segundo Buczacki (1983) a doença é controlada quando o pH do solo está pouco acima do neutro (cerca de 7,2) pois neste valor, os esporos nas galhas germinam pobremente ou nem chegam a germinar, e Zambolim *et al.* (2000) citam o pH próximo de 7,0 como medida de controle da doença.

Entretanto, conforme constatações pessoais, observou-se ocorrência severa da doença em propriedades da região metropolitana de Curitiba, onde a calagem havia sido realizada, e os valores médios do pH CaCl₂ de amostras de solo, coletadas nas covas das plantas, situavam-se entre 6,8 e 7,2. May (1997) também observou que a calagem não estava sendo suficiente para reduzir o ataque da hérnia das crucíferas nos solos da região

metropolitana de Curitiba. Segundo Dobson *et al.* (1983), geralmente a aplicação de calcário dá bons resultados, mas não é raro que a redução da doença através desta medida acabe em resultados pífios ou desprezíveis.

Diversos fatores podem modificar o resultado da calagem na expressão da hérnia das crucíferas. Larson e Walker (1934) correlacionaram um controle insuficiente à diferentes formas de incorporação do calcário ao solo. Chupp e Sherf (1960) destacaram a importância de uma espera de seis a oito semanas após a aplicação do calcário para se obter um bom controle. Colhoun (1953) verificou que níveis elevados de inóculo de *P. brassicae* Woron. permitiram uma infecção em solos com pH de até 8, e Horiuchi e Hori (1980) e Myers *et al.* (1981) afirmaram que tipos diferentes de solos reagem de forma também diferente à aplicação de calcário, quando do combate à hérnia das crucíferas.

Segundo Huber (1990) e Huber e Watson (1970; 1974) o ajuste do pH do solo com calcário, freqüentemente influencia a severidade das doenças por meio da interação com os nutrientes, suprimindo-os diretamente ou colocando-os numa forma mais ou menos solúvel. De acordo com o Instituto da Potassa e Fosfato (1998), em solos tropicais com altos teores de óxidos de ferro e alumínio, calagens para atingir níveis de pH acima de 6,0 ou 7,0 podem induzir à deficiência de boro (B), o qual pode afetar o desenvolvimento da infecção ocasionada por *P. brassicae*, por atuar na maturação dos esporângios e no desenvolvimento dos sintomas corticais (Webster e Dixon, 1991).

Outro fator que pode atuar sobre as doenças, de maneira associada ao pH do solo, são as fontes de nitrogênio (N) adicionadas ao solo (Zambolim, 2001). O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade e o mais importante dos macronutrientes, tanto em uso de fertilizantes, como em conteúdo nas culturas e nas colheitas (Van Raij, 1991). No caso das brássicas, para se obter boa produção, é necessário promover o bom desenvolvimento das folhas externas e, para isso, não se pode deixar faltar nitrogênio nos estádios de expansão e desenvolvimento das folhas externas e de expansão das folhas internas. Sabendo-se que o nitrogênio é facilmente lixiviado do solo, é importante realizar as adubações nitrogenadas de base e em cobertura (Castellane *et al.*, 1993).

Aliado a este fato, o produtor, muitas vezes, na busca de maiores rendimentos e de um produto final mais atrativo, aplica grandes quantidades de adubos nitrogenados, fazendo uso incorreto ou excessivo de fertilizantes com radicais ácidos como o sulfato de amônia e a uréia que são fontes de hidrogênio, isto é, deixam no solo resíduos ácidos, provocando o aumento da acidez do solo (Osaki, 1990).

Ao ser adicionada ao solo, cada fonte de N apresenta comportamento específico, podendo estar nas formas amídica, amoniacal ou nítrica. Quando o processo de nitrificação

converte o íon amônio a nitrato, íons hidrogênio são liberados. Isto é uma fonte de acidez para o solo. Conseqüentemente, as fontes de nitrogênio que contêm ou formam nitrogênio amoniacal aumentam a acidez do solo (Instituto da Potassa e Fosfato, 1998), apresentando efeitos diretos sobre a germinação, sobrevivência, reprodução, crescimento e virulência do patógeno. Sendo a hérnia das crucíferas favorecida pelo pH baixo (Maringoni, 1995), a utilização de determinadas fontes de N também poderiam modificar os resultados da calagem sobre a expressão desta doença.

De acordo com Zambolim (2001), o uso e manejo dos nutrientes e de corretivos de forma equilibrada têm demonstrado ser uma alternativa válida e eficiente no controle de determinadas doenças de plantas, havendo, contudo a necessidade de se desenvolver mais pesquisas nas nossas condições com as nossas culturas, procurando conhecer as exigências nutricionais, comportamento das doenças em diferentes níveis, fontes e combinação de nutrientes

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito de doses de boro, de fontes de nitrogênio, da concentração de inóculo e da calagem para elevar o pH do solo, na expressão da hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae*. E como objetivos específicos: 1) avaliar o pH do solo em diferentes concentrações de inóculo de *P. brassicae* na produção da parte aérea, do sistema radicular, e na severidade da doença em plantas de couve chinesa; 2) avaliar doses de B em diferentes pH do solo na produção da parte aérea, do sistema radicular, no teor de nutrientes no tecido foliar e na severidade da doença apresentada em plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*; 3) avaliar fontes de N em diferentes pH do solo, na produção da parte aérea, do sistema radicular, no teor de nutrientes no tecido foliar e na severidade da doença apresentada por plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*.

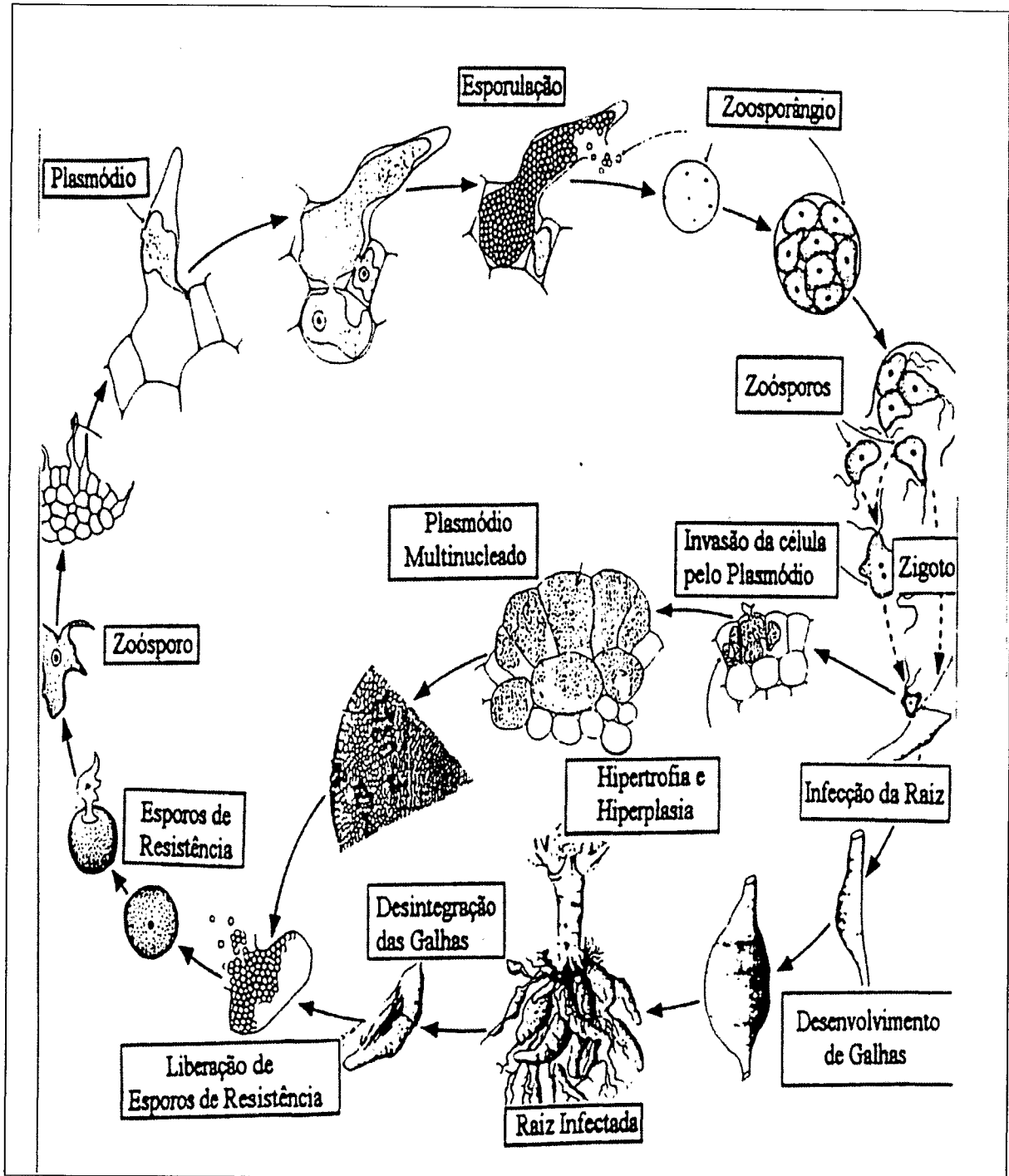


FIGURA 1 – Ciclo da *Plasmodiophora brassicae*, agente causal da hêmia das crucíferas.
Fonte: Agrios (1997)

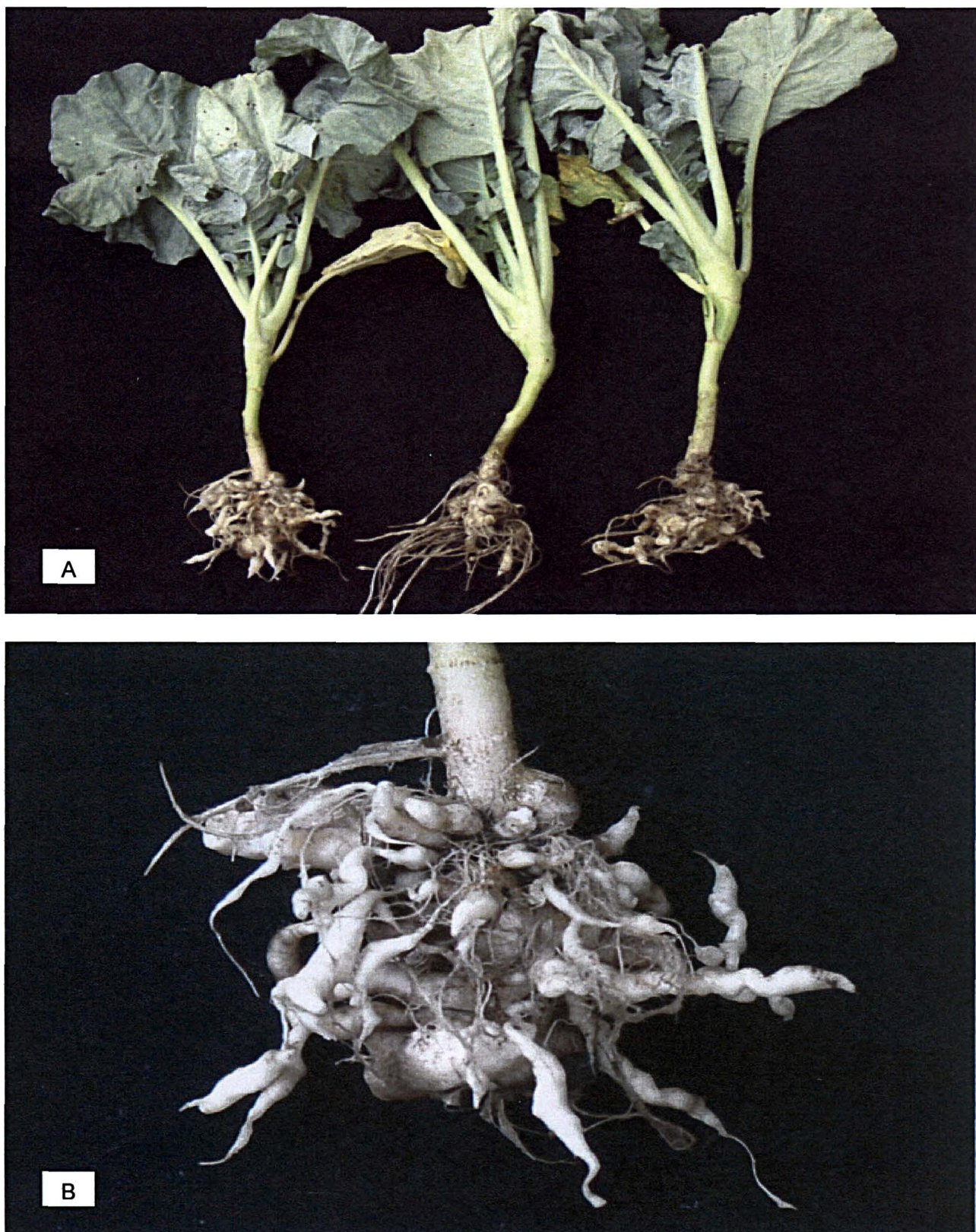


FIGURA 2 - Plantas de brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* Plenck) com sintomas de galhas em raízes, ocasionadas por *P. brassicae* (A) e detalhe do sintoma (B).
Foto: V.da C. Lima Neto.

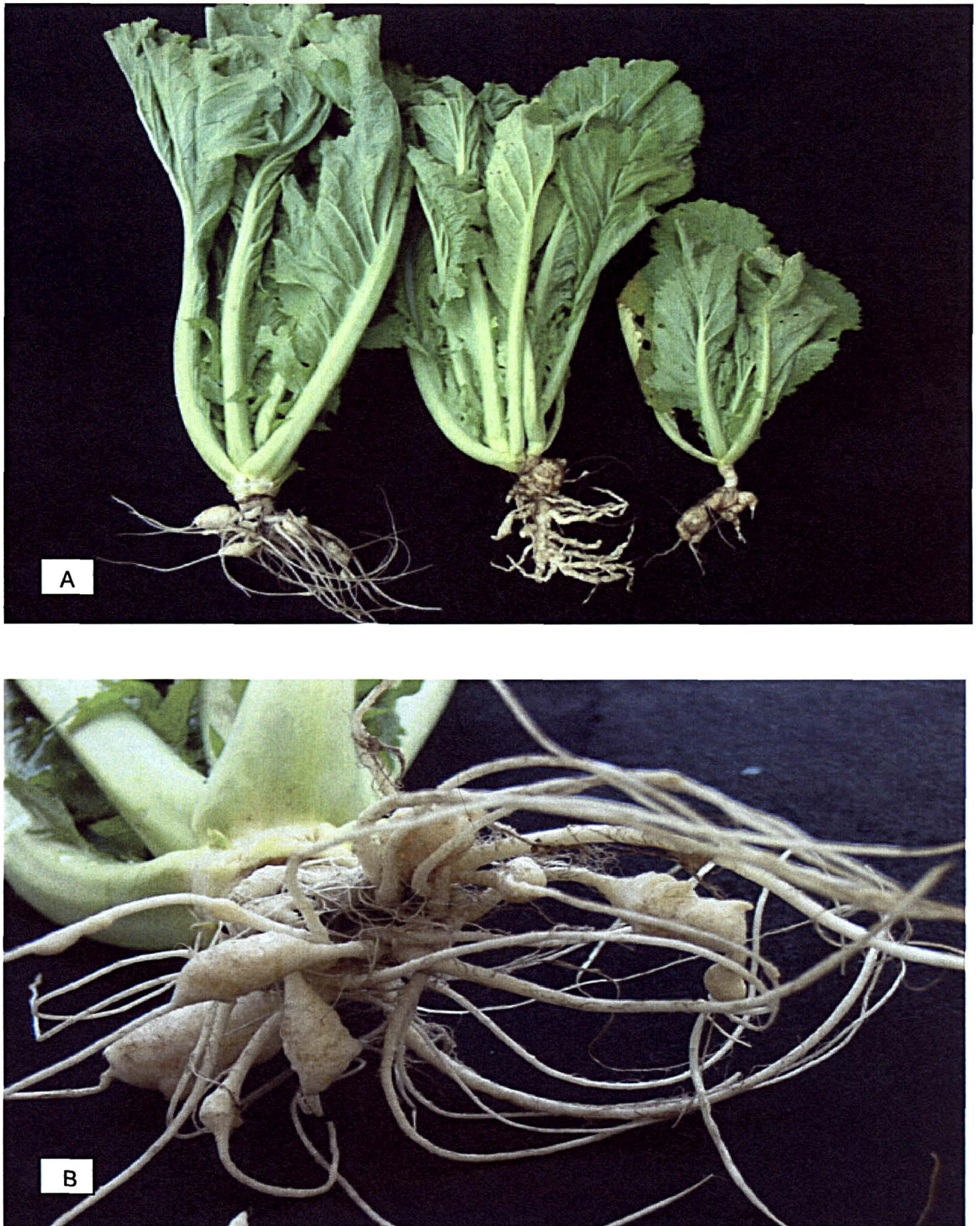


FIGURA 3 - Plantas de mostarda lisa (*Brassica juncea* L. Czern. e Cross) com sintomas de galhas em raízes, ocasionadas por *P. brassicae* (A) e detalhe do sintoma (B).
Foto: V.da C. Lima Neto.

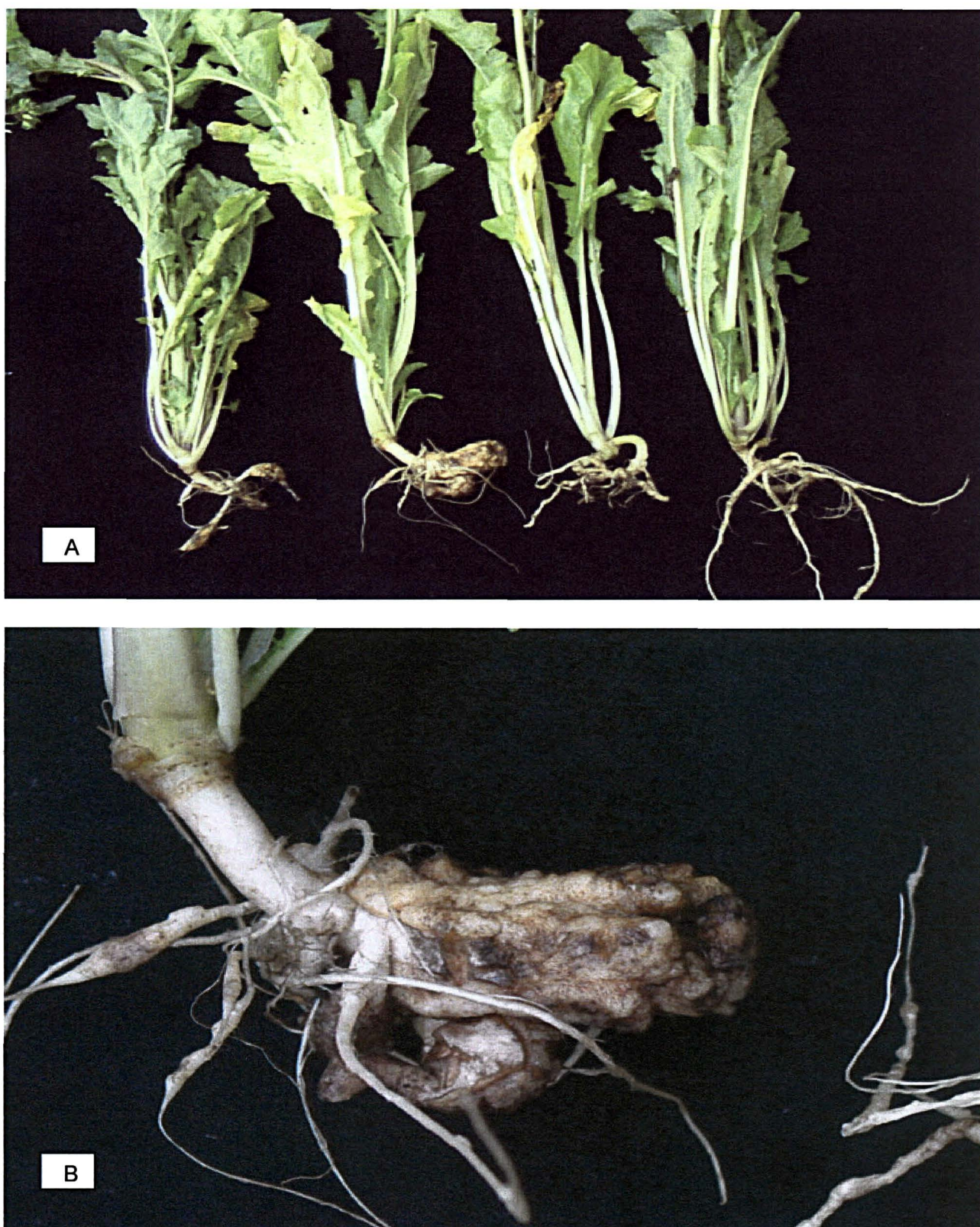


FIGURA 4 - Plantas de rúcula (*Eruca sativa* Mill) com sintomas de galhas em raízes, ocasionadas por *P. brassicae* (A) e detalhe do sintoma (B).
Foto: V.da C. Lima Neto.

REFERÊNCIAS

- 1 AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. San Diego: Academic Press, 1997. 635 p.
- 2 BUCZACKI, S.T. *Plasmodiophora*: An inter-relationship between biological and practical problems. In: **Zoosporic Plant Pathogens** (S.T.Buczacki, ed.), 1983. p. 161-191. Academic Press, London.
- 3 CASTELLANE, P.D., CRUZ, M.C.P., FERREIRA, M.E. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. 480 p.
- 4 CHUPP, C. and SHERF, A.F. **Vegetable diseases and their control**. Ronald Press. New York, 1960. 693 p.
- 5 COLHOUN, J. A study of the epidemiology of clubroot disease of brassicae. **Ann. Appl. Biol.**, 40, p. 262-283, 1953.
- 6 DOBSON, R.L., GABRIELSON, R.L., BAKER A.S., BENNETT L. Effects of lime particle size and distribution and fertilizer formulation on clubroot disease caused by *Plasmodiophora brassicae*. **Plant disease** v. 67, n. 1, p. 50-52, 1983.
- 7 EMATER-PR. Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Cultura do repolho**. Disponível em <<http://www.emater.pr.gov.br>> Acesso em 18 jan. 2003.
- 8 FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de Olericultura. Agrotecnologia moderna na Produção e Comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 402 p.
- 9 HORIUCHI, S.; HORI, M. A simple greenhouse technique for obtaining high levels of clubroot incidence. **Bull. Chugoku Natl. Agric. Exp. Stn. Ser. E**. n. 17 p. 33-55, 1980.
- 10 HUBER, D.M. Fertilizers and soil-borne diseases. **Soil Use and Management**, v. 6, n. 4, p. 168-173, 1990.
- 11 HUBER, D.M.; WATSON, R.D. Effects of organic amendment on soilborne plant-pathogens. **Phytopathology**, v. 60, p. 22-26, 1970.
- 12 HUBER, D.M., WATSON, R.D. Nitrogen form and plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 12, p. 139-165, 1974.
- 13 INSTITUTO DA POTASSA E FOSFATO. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1998. 177 p.
- 14 LARSON, R.H.; WALKER, J.C. Soil treatment in relation to clubroot of cabbage. **J. Agric. Res.** n. 48 p. 749-759, 1934.

- 15 LIMA, M.L.R.Z.DA C.; MAY, L.L. Controle físico e biológico da hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woron) na região metropolitana de Curitiba-PR. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. Curitiba, n. 1-2, p. 83 – 87, 1997.
- 16 MARINGONI, A.C. Doenças das crucíferas. In: KIMATTI, H. *et al.* **Manual de Fitopatologia**. 3.ed., v.2, São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 318-319.
- 17 MAY, L.L.; SILVA, J. Controle químico de *Plasmodiophora brassicae* em crucíferas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, XXIX: Campo Grande: 1996. **Suplemento da Fitopatologia Brasileira**. Campo Grande: Fitopatologia brasileira, 1996. p. 391.
- 18 MAY, L.L. Avaliação de diferentes formas de controle de *Plasmodiophora brassicae* em couve-chinesa em condições de casa de vegetação. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. Curitiba, n. 1-2, p. 9 – 14, 1997.
- 19 MYERS, D.F., CAMPBELL, R.N.; GREATHEAD, A.S. Clubroot of crucifers in California: Soils respond differently to lime form clubroot control (Abstr.) **Phytopathology**, n. 71, p.1005-1006, 1981.
- 20 OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Curitiba: 1990. 503 p.
- 21 PENNYCOOK, S.R.1989. **Plant diseases recorded in New Zealand**. v.3 Pl. Dis. Div., D.S.I.R., Auckland: unknown.
- 22 SAMPSON, P.J.; WALKER, J. 1982. **An Annotated List of Plant Diseases in Tasmania**. Departament of Agriculture Tasmania: 121.
- 23 TAI, F.L. 1979. **Sylloge Fungorum Sinicorum** Sci. Press, Acad. Sin., Peking: 1527.
- 24 VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.
- 25 VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. 285p.
- 26 VIEGAS, A.P.; TEIXEIRA, A.R. **Alguns fungos do Brasil (Phycomycetos)** Campinas: Secretaria da Agricultura. *Bragantia* n. 8, v. 3, p. 223-269, 1943.
- 27 WEBSTER, M.A.; DIXON, G.R. Boron, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. **Mycological Research** Great Britain, 95(1):74-79. 1991.
- 28 WORONIN, M. ***Plasmodiophora brassicae* the cause of cabbage hernia**. New York: American Phytopathological Society, 1934. 32 p.
- 29 ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado - doenças, pragas e plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 416 p.

- 30 ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado fitossanidade. Cultivo protegido, pivô central e plantio direto.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 722 p.
- 31 ZAMBOLIM, L., CASA, R.T.; REIS, E.M. Sistema plantio direto e doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira** n. 25, p. 585 – 595, 2000.

1 CAPÍTULO I - CONCENTRAÇÃO DE INÓCULO E pH NA EXPRESSÃO DA DOENÇA CAUSADA POR *Plasmodiophora brassicae*

RESUMO

CONCENTRAÇÃO DE INÓCULO E pH NA EXPRESSÃO DA DOENÇA CAUSADA POR *Plasmodiophora brassicae*

A hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* é a mais séria doença das espécies de brássicas. Na região metropolitana de Curitiba, a maioria dos solos estão infestados pelo patógeno, inviabilizando o plantio em muitas propriedades. Para avaliar o efeito do pH do solo frente à diferentes concentrações de inóculo do patógeno na expressão da doença, foi conduzido experimento em casa-de-vegetação, no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, no período de agosto a outubro de 2001, utilizando-se 4 valores de pH do solo (4,3; 5,5; 6,2 e 7,3) e 3 concentrações de inóculo ($1,2 \times 10^7$; $2,5 \times 10^7$; e 5×10^7 esporos.ml⁻¹). Em delineamento de blocos ao acaso, com 4 repetições, e cada repetição constituída por 4 plantas. Utilizou-se um solo classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico. O isolado de *P. brassicae* foi obtido a partir de raízes de couve chinesa com galhas, coletadas no município de Colombo, PR. Após serem trituradas em liquidificador, realizou-se a extração dos esporos de repouso, por sucessivas centrifugações e filtragens, calibrando-se as soluções em hematocítmetro, com as seguintes concentrações de inóculo: $1,2 \times 10^7$; $2,5 \times 10^7$ e 5×10^7 esporos. ml⁻¹, que foram aplicadas na forma de rega, no colo das plantas, por ocasião do transplante das mudas de couve chinesa (*Brassica pekinensis* L.). Aos 45 dias após o transplante, foram determinados: a produção da parte aérea (massa foliar fresca e seca e altura das plantas), a produção do sistema radicular (massa radicular fresca e seca) e a severidade da doença. Os dados foram analisados por análise da variância e também análise fatorial para verificar a correlação/agrupamento entre as variáveis. O efeito do pH sobre severidade da doença foi mais expressivo em concentrações médias de inóculo ($1,2 \times 10^7$ à $2,5 \times 10^7$). Em concentrações elevadas de inóculo a severidade não foi reduzida ao se elevar o pH do solo de 6.2 para 7.3. As variáveis de produção da planta foram maiores para concentrações médias e baixas de inóculo e com pH entre 6.2 e 7.3

Palavras-chave: controle cultural, acidez, *Brassica pekinensis*.

ABSTRACT

INOCULUM CONCENTRATION AND pH IN THE DISEASE EXPRESION CAUSED BY *Plasmodiophora brassicae*

The clubroot of the crucifers caused by *Plasmodiophora brassicae* is the most serious disease of the brassicas species. In the metropolitan area of Curitiba, most of the soils is infested by the pathogen, making unfeasible the cultivation in most of properties. To evaluate the effect of the pH of the soil facing different concentrations of inoculum of the pathogen, an experiment was done in a green-house in the section of agrarian sciences of the Federal University of Paraná, throug the period of august to october/2001, using 4 values of pH of the soil (4,3; 5,5; 6,2 and 7,3) and 3 inoculum concentrations ($1,2 \times 10^7$; $2,5 \times 10^7$; and 5×10^7 spores.ml⁻¹) plus a treatment controls without inoculation. In a randomized complete blocks design, with 4 replications and each replication constituted by 4 plants. A soil classified like CAMBISSOLO HÁPLICO Ta typical distrófico. The isolated of *P. brassicae* was obtained from rootses of chinese cabbage with galls, collected in the municipal district of Colombo, PR. After they be triturated in blender, was taken the extraction of the resting spores, from successive centrifugalizations and filtrations, calibrating the solutions in haemocytometry, with the following inoculum concentrations: $1,2 \times 10^7$, $2,5 \times 10^7$ and 5×10^7 spores. ml⁻¹, that were applied in the form of irrigation, in base of the plants, when the chinese cabbage (*Brassica pekinensis* L.) plantlets were transplanted. At 45 days after the transplant, were determined: the areial part production (fresh and dry foliar mass and plant height) and radical mass production (fresh and dry radical mass), and over severity of the disease. The data were analyzed by analysis of the variance and also factorial analysis to verify the gruping correlation among the variables. The pH effect over the disease severity was more expressive in median concentration of inoculum. In greater concentration of inoculum the severity was not reduced when the soil pH was modified from 6.2 to 7.3. The plant production variables were higher for median and lower concentrations of inoculum and with pH between 6.2 and 7.3.

Key-words: cultural control, brassicaceae, acidity, *brassica pekinensis*, chinese cabbage.

1.1 INTRODUÇÃO

A h ernia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* Woron.   a mais séria doença das espécies de brássicas (Maringoni, 1995).   considerada de difícil controle, devido às suas características de desenvolvimento e a produção de estruturas de resistência que sobrevivem no solo por longos períodos, inviabilizando a aplicação de medidas, tais como, a rotação de cultura, o controle químico e o genético. Segundo Buczacki (1983) a doença   controlada quando o pH do solo está pouco acima do neutro (cerca de 7,2) pois neste valor, os esporos nas galhas germinam pobremente ou nem chegam a germinar.

De acordo com Dobson *et al.* (1983), geralmente a aplicação de calcário d  bons resultados, mas não   raro que a redução da doença através desta medida acabe em resultados pífios ou desprez veis. Diversos fatores podem modificar o resultado da calagem na expressão da doença h ernia das crucíferas. Larson e Walker (1934) correlacionaram um controle insuficiente   diferentes níveis de incorporação do calcário ao solo. Chupp e Sherf (1960) destacam a importância de uma espera de seis a oito semanas após a aplicação do calcário para se obter um bom controle e Colhoun (1953) verificou que níveis elevados de inóculo de *P. brassicae* Woron. permitiram infecções em plantas cultivadas em solos com pH de até 8. Enquanto que Horiuchi e Hori (1980) e Myers *et al.* (1981) afirmaram que solos diferentes reagem de formas também diferentes   aplicação de calcário quando do controle   h ernia das crucíferas.

Enquanto, Myers *et al.* (1981), relatam que o pH do solo isoladamente não   uma indicação confiável de potencial para controle da h ernia em todos os solos, e que aparentemente, o pH e a concentração de inóculo poderiam funcionar de forma interativa, afetando processos como a invasão, a colonização e sintomas de formação de galhas. Webster e Dixon (1991a) também concluíram que o efeito do pH foi mais efetivo em baixas concentrações de inóculo do patógeno.

Conforme constatações pessoais, observou-se ocorrência severa da doença em propriedades da região metropolitana de Curitiba, onde a calagem havia sido realizada, e os valores médios do pH CaCl₂ de amostras de solo, coletadas nas covas das plantas, situavam-se entre 6,8 e 7,2, sendo que May (1997) também observou que a calagem não estava sendo suficiente para reduzir o ataque da h ernia das crucíferas nos solos da região metropolitana de Curitiba. Como os trabalhos de pesquisa envolvendo o pH do solo no controle da h ernia das crucíferas são na sua totalidade desenvolvidos em outros países, com condições ambientais diferentes, denota-se a necessidade de pesquisas nas nossas condições e com as nossas culturas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do pH do solo em diferentes concentrações de inóculo de *P. brassicae* na produção da parte aérea (massa foliar fresca e seca e altura das plantas), na produção do sistema radicular (massa radicular fresca e seca) e na severidade da doença em plantas de couve chinesa.

1.2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, no período de agosto a outubro de 2001.

1.2.1 Hospedeiro

Por apresentar boas características indicadoras dos sintomas da hérnia das crucíferas, foi utilizada a couve-chinesa (*Brassica pekinensis* L. ssp *pekinensis*) que foi semeada em bandejas (de isopor com 300 células), contendo substrato esterilizado e, após 10 dias, transplantadas (uma planta.vaso⁻¹) nos respectivos tratamentos. Durante este período, manteve-se a umidade à capacidade de campo.

1.2.2 Substrato

Utilizou-se material do horizonte A de um solo virgem, sob vegetação de mata, coletado na Fazenda Experimental da UFPR, situada no município de Quatro Barras, PR, classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, que foi peneirado e esterilizado em forno a vapor durante quatro horas, com temperatura de 80 °C. Após a esterilização, vinte sub-amostras foram tomadas deste solo, formando uma amostra composta, que foi encaminhada para o Laboratório de Fertilidade e de Análises Físicas de Solos do Departamento de Solos da UFPR, para as seguintes determinações: pH em CaCl₂ 0,01M, teor de Ca, Mg, H + Al, K trocável, P solúvel e C segundo Pavan *et al.* (1991) e análise granulométrica conforme metodologia de Vettori (1969). Os resultados destas determinações encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1 - Característica química do solo utilizado na avaliação do pH do solo em diferentes concentrações de inóculo na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

pH CaCl ₂	Al ⁺³	H+Al	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	T	P mg.dm ⁻³	C g.dm ⁻³	pH SMP	V %
	cmol _c .dm ⁻³									
4,3	3,1	10,5	1,0	0,70	0,20	11,7	0,6	16,0	5,0	10

TABELA 2 - Análise granulométrica do solo utilizado na avaliação do pH do solo em diferentes concentrações de inóculo na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	Argila (%)
18	12	30	22	48

Para a determinação da quantidade de calcário necessária para se atingir os valores de pH desejados, realizou-se a incubação do solo com doses crescentes de calcário 0; 4,0; 8,0; 16,0; 24,0; 32,0; 48,0 e 56,0 g.vaso⁻¹ contendo 4,0 kg de solo, correspondendo a 0; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 30,0 e 35,0 t.ha⁻¹, respectivamente. Como corretivo foi utilizado calcário calcítico analisado previamente quanto suas características químicas (Tabela 3), como Poder de Neutralização (PN), Eficiência Relativa (E.R.) e Poder Relativo de Neutralização (PRNT). Após a aplicação do calcário, o pH do solo foi monitorado, até a estabilização dos valores, que ocorreu aos 35 dias. Os resultados estão apresentados na Figura 1.

TABELA 3 - Valor do poder de neutralização (P.N.), da eficiência relativa (E.R.) e o poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário aplicado ao solo utilizado no experimento.

Calcário calcítico	
PN (%Eq. CaCO ₃)	104,5
E.R. %	100,0
PRNT %	104,5

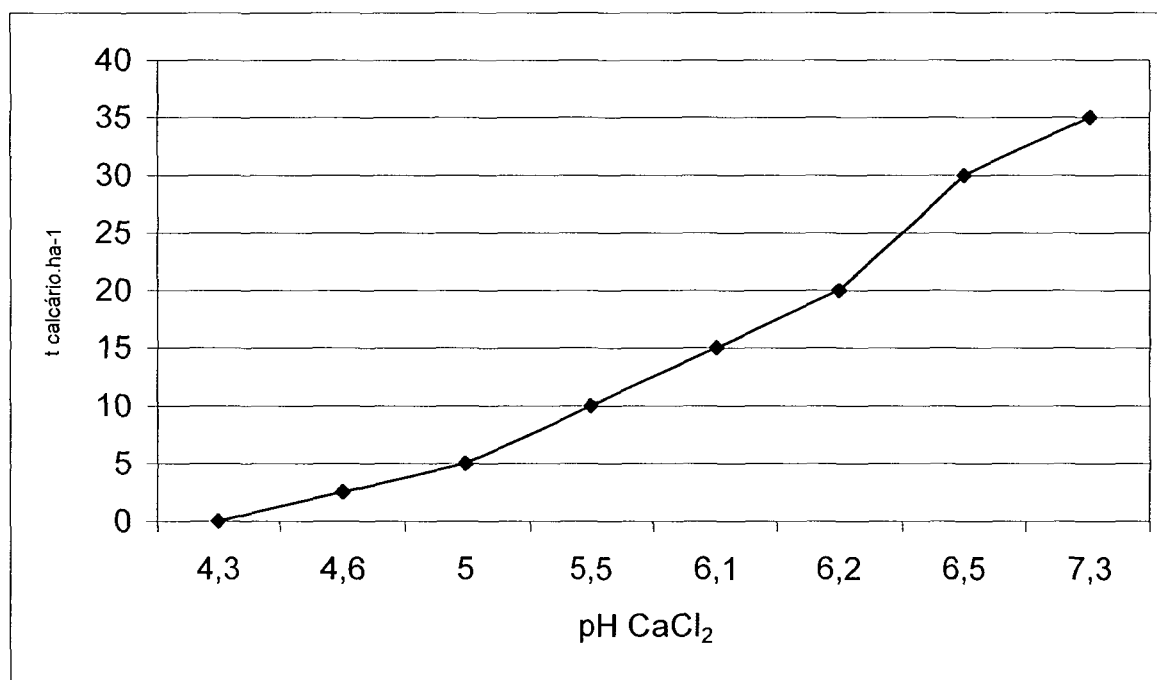


FIGURA 1 - Valores de pH (CaCl₂) apresentados pelo solo incubado com doses de calcário durante 35.

Os valores de pH utilizados no experimento foram: 4,3; 5,5; 6,2 e 7,3. Para atingir estes valores, a necessidade de calagem foi baseada nos resultados da calibração (Figura 1), correspondendo a 0; 10,0; 20,0 e 35,0 t de calcário.ha⁻¹, o equivalente a 0; 6,0; 12,0 e 21,0 g de calcário.1,5 kg⁻¹ de solo, respectivamente. O calcário foi incorporado ao solo, agitando-se rigorosamente a mistura (calcário + solo) em sacos de polietileno e em seguida esta mistura foi colocada em vasos de alumínio com capacidade para 1,5 kg de solo, e mantidos com umidade até capacidade de campo, monitorando-se o pH, que estabilizou após 30 dias, quando foram coletadas amostras de solo dos tratamentos, para análise química, conforme metodologia anteriormente descrita. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 - Característica química do solo utilizado na avaliação do pH do solo em diferentes concentrações de inóculo na expressão da doença causada por *P. brassicae**.

Trat ^o t calcário.ha ⁻¹	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H+Al	cmolc.dm ⁻³				T	P mg.dm ⁻³	C g.dm ⁻³	pH SMP	V %
				Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺						
0	4,3	3,1	10,5	1,0	0,70	0,20	11,7	0,6	16,0	5,0	10	
10	5,5	0,0	4,3	9,1	5,2	0,21	14,1	0,6	18,7	6,1	68	
20	6,2	0,0	3,2	11,2	6,0	0,20	14,6	0,6	17,2	6,6	78	
35	7,3	0,0	2,0	15,5	8,6	0,15	17,6	0,4	19,6	7,2	88	

*Média de 2 repetições

A adubação de base (Tabela 5), foi determinada de acordo com as Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina de Siqueira *et al.* (1995) e com auxílio de Van Raij *et al.* (1996), considerando-se um "stand" de 42.000 plantas.ha⁻¹. Para equilibrar a quantidade de enxofre fornecida pelo superfosfato simples, utilizou-se o gesso (CaSO₄.2H₂O). A aplicação da adubação de base foi realizada antes do plantio, agitando-se a mistura (solo + adubos) em sacos de polietileno. Na adubação nitrogenada de cobertura foram utilizados 45 mg de N.1,5 kg⁻¹ de solo na forma de nitrato de cálcio, aos 15 e 30 dias após o transplante.

TABELA 5 - Adubação de base utilizada na avaliação do pH do solo em diferentes concentrações de inóculo na expressão da doença causada por *P. brassicae*

Elemento	Recomendação	Fonte	Vaso (1,5 kg solo)
Nitrogênio	60 kg de N.ha ⁻¹	Nitrato de cálcio	90 mg N
Fósforo	200 kg de P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	Superfosfato simples	200 mg P ₂ O ₅
Potássio	120 kg de K ₂ O.ha ⁻¹	Cloreto de potássio	120 mg K ₂ O
Boro	2 kg de B kg.ha ⁻¹	Bórax	5,3 mg B

1.2.3 Inóculo e inoculação

O isolado de *P. brassicae* Woron., foi obtido à partir de raízes de couve chinesa, com 50 dias, naturalmente infectada, em plantio comercial da cultura, localizado no município de Colombo, PR. A coleta foi realizada após inspeção visual, selecionando-se aquelas plantas que apresentavam sintoma reflexo de murcha da parte aérea. Entre estas plantas, escolheu-se as que apresentavam galhas bem desenvolvidas, descartando-se aquelas em início de decomposição. Coletou-se 1 kg de raízes, que foram transportadas em saco de polietileno à temperatura ambiente. No mesmo dia em que foram coletadas, as raízes foram lavadas em água corrente e em água esterilizada, acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas à temperatura de -20 °C, durante 45 dias. Segundo Dylewski, (1990) os esporos de repouso podem permanecer viáveis no tecido de raízes infectadas e armazenadas em "freezer", durante anos.

A extração dos esporos de repouso foi baseada na metodologia de Naiki e Dixon, (1987). A suspensão de esporos de repouso (Figura 2) de *P. brassicae* foi obtida pela

homogeneização de 134 g de raízes com galhas + 100 ml de água esterilizada e destilada em liquidificador. A mistura foi filtrada através de quatro camadas finas de “musseline”. Após a filtração, a mistura foi centrifugada por 10 minutos à 2000 rpm. O “pellet” foi ressuspensão em 50 ml de água esterilizada e destilada e os processos foram repetidos duas vezes consecutivas. Diluindo-se o “pellet” final em 5ml de água esterilizada.

A partir da solução assim obtida, foram realizadas diluições com água esterilizada, de forma que, para cada vaso contendo 1,5 kg de solo, utilizou-se volume final de 25 ml, com a respectiva concentração. A determinação da concentração de esporos foi feita em hematócrito. Calibrando-se as soluções com as seguintes quantidades de inóculo: $1,2 \times 10^7$, $2,5 \times 10^7$ e 5×10^7 esporos ml^{-1} .

A aplicação foi realizada na forma de rega, na superfície do solo, ao redor e aproximadamente à 0,5 cm do colo das plantas, logo após o transplante das mudas. No momento da aplicação, o solo encontrava-se com umidade à capacidade de campo. Com o objetivo de distribuir o inóculo no solo, após a aplicação em todos os tratamentos, foi realizada rega com 75 ml de água aplicada em cada vaso.

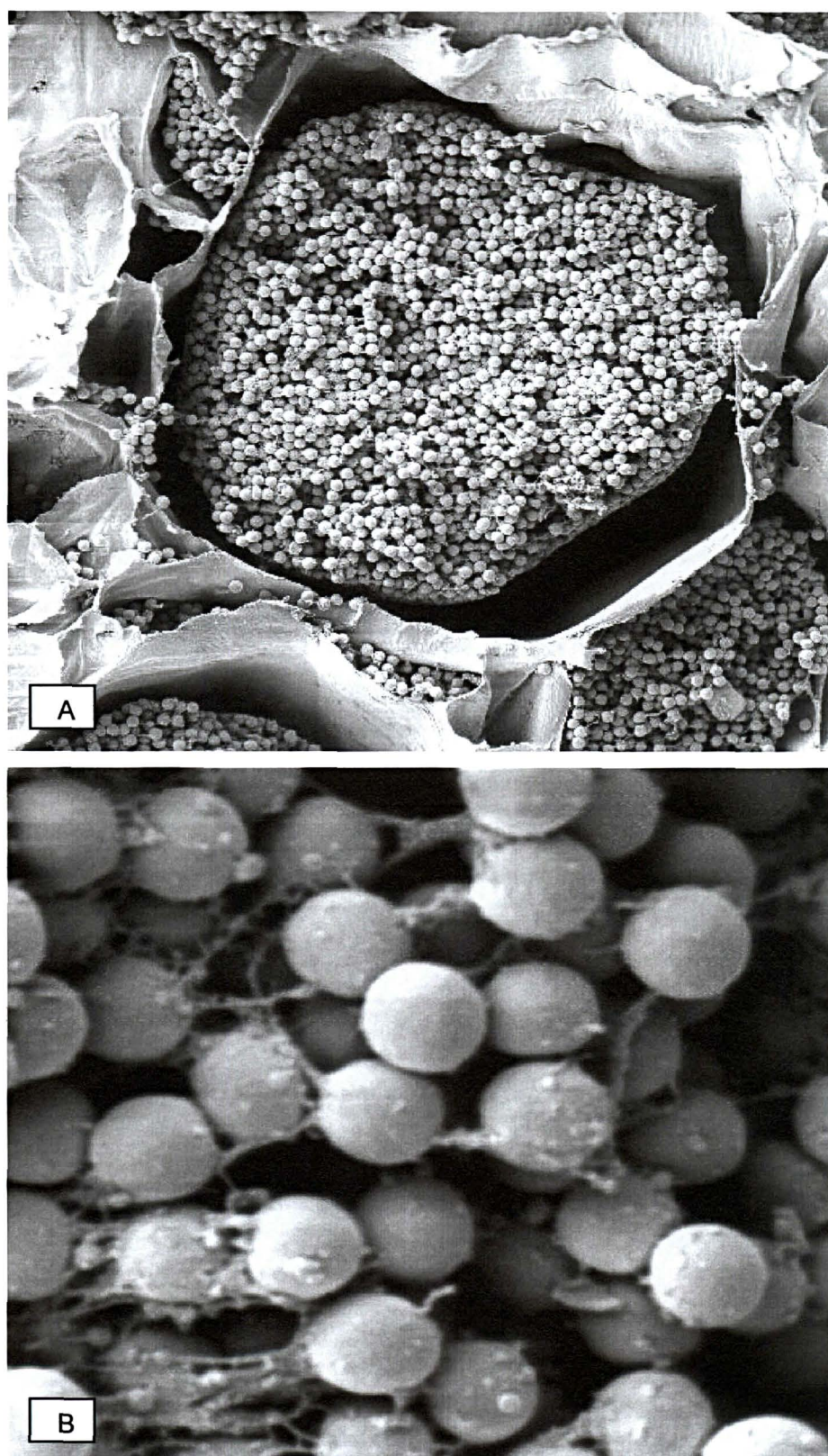


FIGURA 2 - Células do tecido de raízes de couve chinesa, com presença de esporos de *P. brassicae*, do isolado utilizado nos experimentos, aumento 6000x (A) e detalhe dos esporos, aumento 5000x (B).

Foto: L.L.May De Mio.

1.2.4 Avaliação

1.2.4.1 Parte aérea

Aos 45 dias após o transplante e a inoculação das mudas realizou-se a colheita das plantas, lavando-se cuidadosamente o sistema radicular. Em seguida, as plantas foram cortadas, destacando-se a parte aérea da parte radicular em nível do colo das plantas. A parte aérea das plantas recém colhidas foi pesada individualmente, determinado-se a massa fresca. A altura foi determinada, medindo-se o comprimento entre o colo da planta e o ápice da folha de maior comprimento.

Após estas avaliações, a parte aérea das plantas foi acondicionada individualmente, em sacos de papel, identificada e levada à estufa de circulação forçada a 75° C, por 72 horas, sendo então pesadas em balança digital, para determinação da massa seca.

1.2.4.2 Sistema radicular

Ao serem coletadas as raízes foram cuidadosamente lavadas e pesadas individualmente. Em seguida foram acondicionadas individualmente em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada a 75° C, até peso constante, realizando-se a pesagem em balança digital.

A severidade da doença, expressa em porcentagem, foi avaliada através da estimativa da área radicular doente em relação à área radicular sadia total da planta conforme Dixon e Robinson (1986) e realizada no mesmo dia por um único avaliador.

1.2.5 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi montado em esquema fatorial, 2x4 (dois fatores e quatro níveis), totalizando 16 tratamentos resultantes da combinação de quatro níveis de pH do solo (4,3; 5,5; 6,2 e 7,3) e três concentrações de inóculo ($1,2 \times 10^7$; $2,5 \times 10^7$; e 5×10^7 esporos.ml⁻¹) + tratamento testemunha sem inoculação, delineados em blocos ao acaso, com 4 repetições, e cada repetição constituída por 4 plantas, totalizando 256 vasos.

Para as análises estatísticas foram consideradas as médias das quatro repetições por tratamento. A técnica de Análise de Variância foi realizada para verificar se havia a diferença significativa entre os níveis de pH e os níveis de concentração de inóculo em relação as variáveis observadas, bem como a interação entre os níveis dos dois fatores.

Além da ANOVA também foi feita análise fatorial para verificar a correlação/agrupamento entre as variáveis em estudo. Utilizou-se o programa R, cujo manual é descrito por Ihaka e Gentleman (1996) e as referências básicas estão no “CRAN” (Comprehensive R archive network). Outro software utilizado como apoio foi o STATGRAPHCS PLUS para Windows versão 5.0.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Parte aérea

A Tabela 6 apresenta as variáveis massa foliar fresca, massa foliar seca e altura que constituem um fator (parte aérea), pois estão altamente correlacionadas. Na interpretação dos dados, a variável massa foliar seca pode substituir as duas variáveis, massa foliar fresca e altura de plantas, sem perda de informação.

Os resultados das análises (Anexo 1) demonstraram que existe interação entre os níveis de pH do solo e os níveis de concentração de inóculo ao nível de 1% de significância, sobre a produção de massa foliar seca, observando-se C.V. de 23,10%.

O melhor desenvolvimento das plantas, medido através da produção de massa foliar seca, foi obtido para o pH entre 6,2 e 7,3 (Figura 3A). Estes níveis estão pouco acima daqueles considerados como mais adequados para o melhor desenvolvimento das brássicas, pois a faixa de reação do solo a ser atingida deve ser de pH 6,0 a 6,5, mais favorável para a maioria das brássicas, sem a doença, inclusive por possibilitar melhor disponibilidade dos nutrientes (Filgueira, 2000).

TABELA 6 - Matriz dos coeficientes de correlação entre variáveis medidas em plantas de couve chinesa submetidas à concentrações de inóculo de *P.brassicae* x quatro níveis de pH do solo.

	Massa foliar fresca	Massa foliar seca	Massa radicular fresca	Massa radicular seca	Severidade da doença (raízes)	Altura das plantas
Massa foliar fresca	1,00	0,33*	0,41*	0,64*	0,05	0,45*
Massa foliar seca	0,33*	1,00	0,87*	0,74	0,10	0,86*
Massa radicular fresca	0,41*	0,87*	1,00	0,89*	0,07	0,95*
Massa radicular seca	0,64*	0,74*	0,89*	1,00	0,05	0,85*
Severidade	0,05	0,10	0,07	0,05	1,00	0,10
Altura	0,45*	0,86*	0,95*	0,85*	0,10	1,00

*valores marcados foram estatisticamente significativos ao nível de 5% de probabilidade.

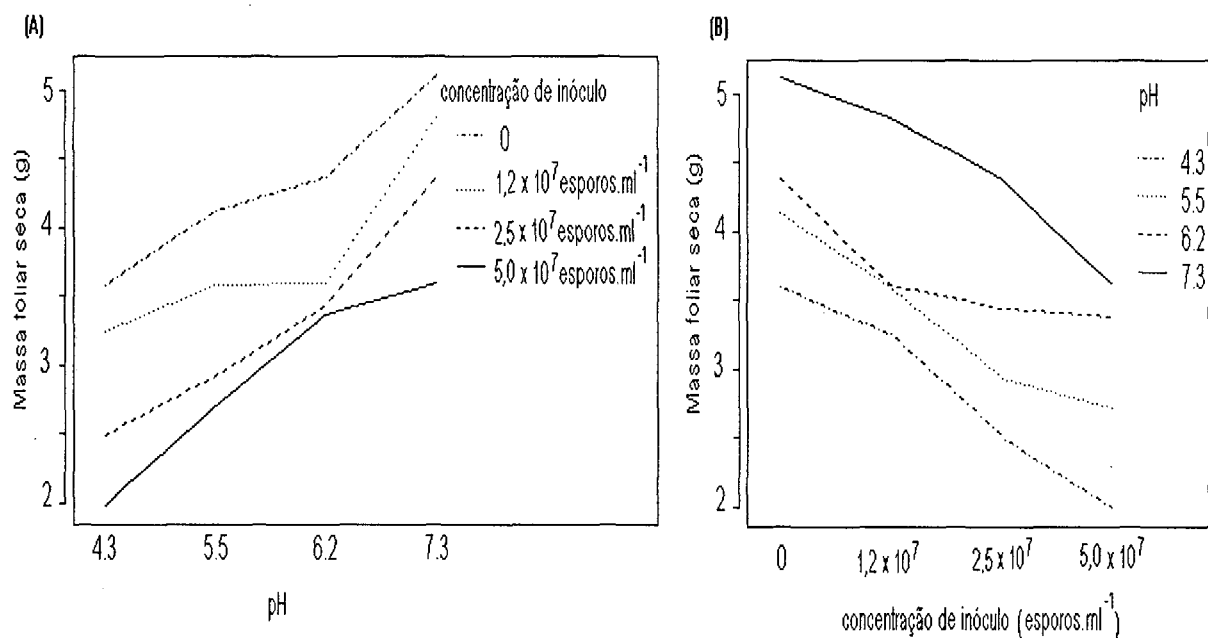


FIGURA 3 - Interação entre concentrações de inóculo de *P. brassicae* x quatro níveis de pH do solo na produção de massa foliar fresca (A e B) de plantas de couve chinesa.

1.3.2 Sistema radicular

A Tabela 6 apresenta as variáveis massa radicular fresca e a massa radicular seca que constituem um fator (sistema radicular), pois estão altamente correlacionadas. Na interpretação dos dados, a variável massa radicular seca pode substituir a variável massa fresca radicular sem perda de informação, não havendo necessidade de estudá-las separadamente.

Para a produção de massa radicular seca, os resultados das análises mostraram que existe interação entre os diferentes pH do solo e as concentrações de inóculo ao nível de 1% de significância para esta variável.

Em todos os níveis de concentração de inóculo o pH que teve melhor efeito na produção de massa radicular foi de 7,3. Sendo que no nível máximo de concentração de inóculo o peso da raiz sofreu aumento significativo ao elevar o pH de 6,2 para 7,3 (Figura 4A e 4B), e para a severidade da doença, houve interação entre os fatores no nível de pH (7,3) e inóculo (5×10^7 esporos.ml⁻¹). Esse resultado mostrou que aumentando-se a concentração para o nível mais elevado, a severidade da doença tende a aumentar mesmo para níveis mais altos de pH (Figura 4B).

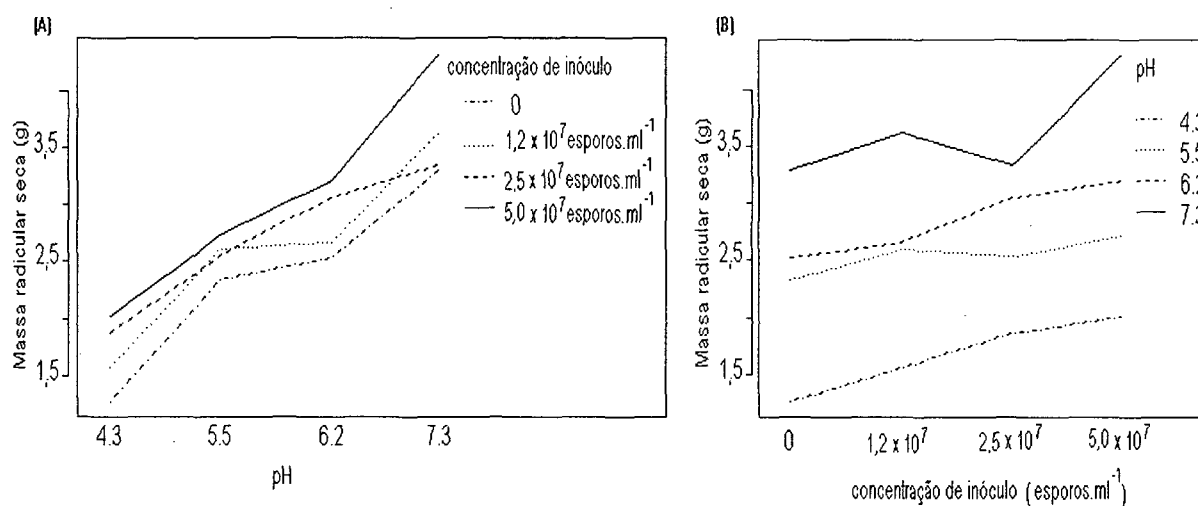


FIGURA 4 - Interação entre concentrações de inóculo de *P. brassicae* x quatro níveis de pH do solo na produção de massa radicular seca (A e B).

Quanto maior o peso da raiz (Figuras 4A e 4B), maior foi a severidade da doença observada (Figura 5B). Neste caso, torna-se difícil fazer inferências sobre a eficácia da calagem ao elevar o pH do solo, pois existe uma relação positiva natural entre o peso da raiz e o nível de pH independentemente da planta estar ou não infectada. Contudo, *P. brassicae* é um patógeno, que segundo Miller *et al.*, (2002), interfere no metabolismo hormonal da planta, ocasionando hiperplasia e hipertrofia dos tecidos das raízes e como consequência tem-se um aumento no volume e no peso do tecido atacado. Logo, quanto maior a massa radicular, maior poderá ser a severidade da doença.

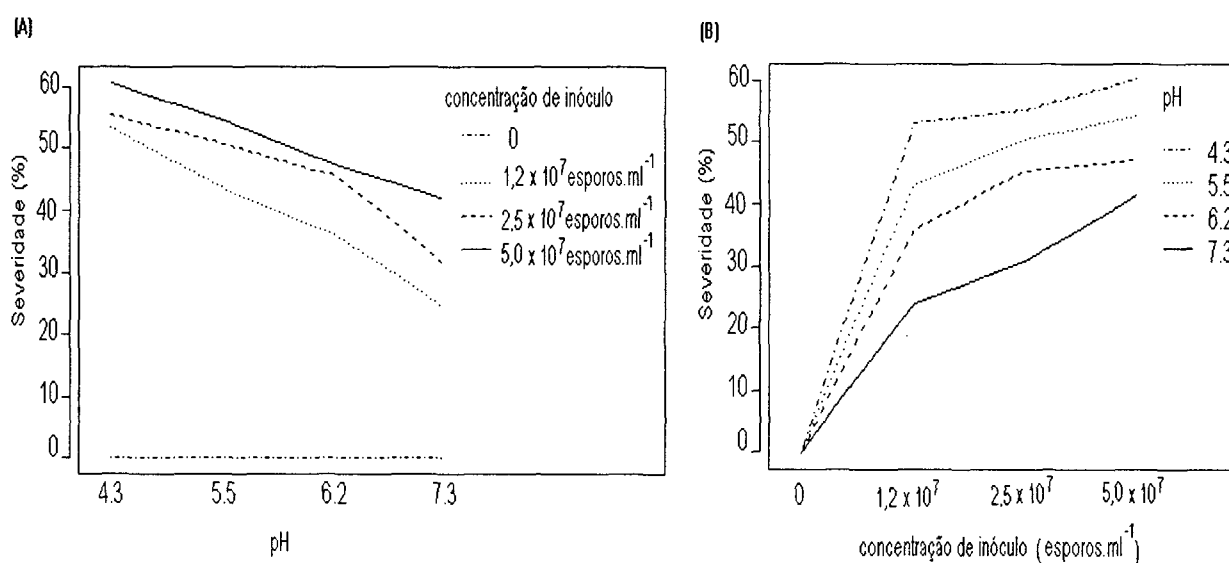


FIGURA 5 - Interação entre a concentração de inóculo de *P. brassicae* x pH do solo na severidade de galhas (A e B) em plantas de couve chinesa.

Na Figura 6, pode-se, também, perceber que para uma mesma concentração de inóculo, a severidade foi maior no pH de 4,3 comparada à severidade observada no pH de 7,3 demonstrando que o patógeno é favorecido pela acidez do solo.

Estes resultados mostram que em elevada concentração de inóculo a severidade da doença tende a aumentar mesmo para níveis mais altos de pH do solo, no caso, 7,3. Sugerindo que à partir de determinado potencial de inóculo, a eficiência da calagem na expressão da severidade da doença é reduzida, confirmando Webster e Dixon (1991a) ao citarem que aparentemente o pH e a concentração de inóculo funcionam de forma interativa, interferindo na invasão e na colonização dos tecidos pelo patógeno, e na formação de galhas.

Fry (1982) e Wang e Hsieh (1986) verificaram que a severidade da doença causada por *Plasmodiophora brassicae*, independente da concentração de inoculo, foi maior até pH 5,7; entre pH 5,8 a 6,2 a severidade da doença decresceu acentuadamente e que em pH acima de 7,8, o patógeno foi completamente inibido. Porém, anteriormente à estes autores, Colhoun (1961) constatou que em solos que apresentavam pH de 7,8, ataque maciço da doença ocorreu somente quando em presença elevada concentração de esporos, dentre os quatro níveis de concentração de esporos por ele utilizados. De modo semelhante, Samuel e Garret (1954) obtiveram infecção dos pêlos da raiz utilizando uma mistura de areia e solo com pH 7,7, mas somente com elevada concentração de esporos.

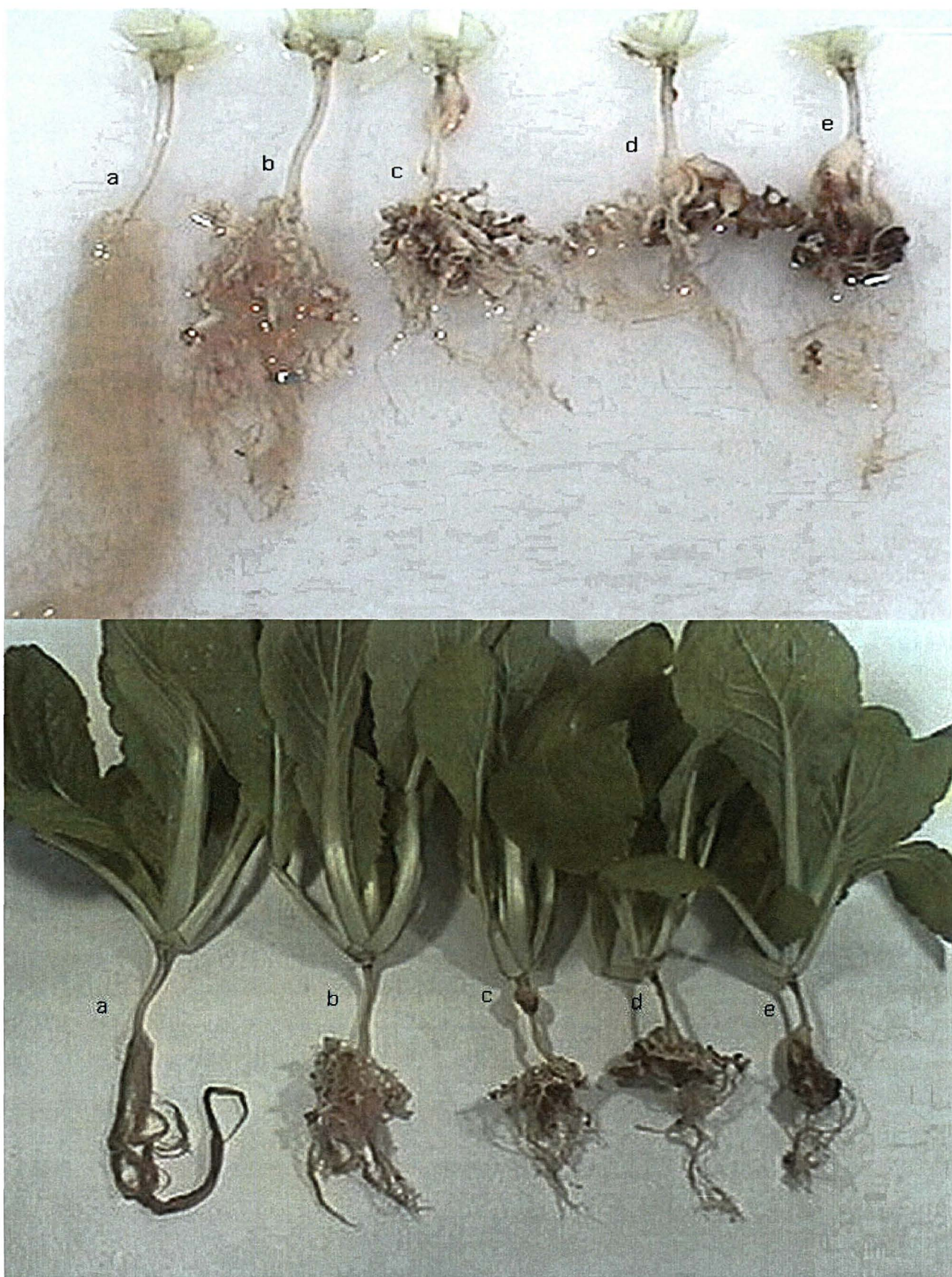


FIGURA 6 - Severidade de galhas em raízes de couve chinesa desenvolvidas em solos com diferentes concentrações de inóculo (esporos.ml⁻¹) de *Plasmodiophora brassicae* x níveis de pH do solo, aos 45 dias após o transplante e inoculação, a= testemunha; b= $1,2 \times 10^7$ e pH do solo 7,3; c= $1,2 \times 10^7$ e pH 4,3; d= $2,5 \times 10^7$ e pH 7,3; e= $2,5 \times 10^7$ e pH 4,3.

Por outro lado, Chattopadhyay (1996) trabalhando com *P. brassicae* causando hérnia em colza (*Rapeseed mustard*), verificou que a correção do solo com calcário e matéria orgânica para pH de 7,2 e 7,3 reduziu a incidência percentual da hérnia, e o número de galhas por plantas, assim como o peso fresco das galhas, independente da quantidade de inóculo. Aumentando ao mesmo tempo, os atributos característicos de produção nas plantas.

Há vários anos, que o controle da hérnia das crucíferas através do aumento do pH do solo acima de 7,2, tem suscitado controvérsias. Uma corrente de pesquisadores como Smiley e Cook (1972) e Hamilton e Crête (1978) enfatizam que a controvérsia é devida às metodologias utilizadas na determinação do pH. Pois normalmente para uma mesma amostra, o pH em água é maior do que o pH em CaCl₂, mas esta diferença não tem um valor fixo. Em solos muito ácidos, a diferença pode chegar a 1,0 unidade. Entretanto em solos próximos à neutralidade os dois valores podem ser iguais (Tomé Jr., 1997). Essa variação apresentada pelos valores de pH do solo, dependendo da metodologia utilizada, dificulta a comparação entre os dois índices (Hamilton e Crête, 1978; Smiley e Cook, 1972). Em experimentos com *P. brassicae*, Smiley e Cook (1972) descreveram que, em média, houve uma diferença de 0,5 unidade de pH, e que valores de pH em água de 7,2 corresponderam a um pH 6,7 em CaCl₂ que seria uma diferença representativa para o controle da *P. brassicae* através da calagem.

Importantes resultados sobre a ação do pH no controle da doença, são descritos por Webster e Dixon (1991b), que ao estudar a influência do pH, do cálcio e da concentração de inóculo na colonização do tecido por *P. brassicae*, concluíram que, um aumento na concentração de cálcio, adicionado ao solo através da calagem, reduziu o número e a severidade de galhas e que o cálcio inibiu a ruptura (abertura) dos esporângios a altos níveis de inóculo e o desenvolvimento destes em baixas concentrações, concluindo também que a manipulação de valores de pH teve efeitos maiores no desenvolvimento de sintomas em pressões de inóculo mais baixas e que o pH alcalino reduziu a infecção de pelos radiculares e a taxa de maturação dos esporângios no interior destes pelos. Em conformidade com os resultados obtidos nesse trabalho, os autores verificaram que a manipulação dos valores de pH teve os maiores efeitos no desenvolvimento de sintomas nas mais baixas pressões de inóculo.

Observou-se que o peso das plantas não aumentou proporcionalmente com a elevação do nível do pH do solo, nos tratamentos com maiores concentrações de inóculo, onde a severidade da doença também foi maior (Figura 3A e 3B). Verificou-se também, que para elevar o pH do solo utilizado de 5,5 para 7,3 foram necessárias 25 t.ha⁻¹ de calcário,

que representa uma quantidade considerável. Conforme Van Raij (1991) a necessidade de calcário para elevar o pH do solo, está relacionada à sua capacidade tampão, ou seja, quão fortemente ele resiste às mudanças de pH. Sendo que esta capacidade tampão aumenta com as quantidades de argila e de matéria orgânica presentes no solo. Como se observa nas Tabelas 1 e 2, o solo utilizado apresenta níveis altos de matéria orgânica e de argila. Nestas condições, quantidades elevadas de calcário são necessárias para elevar o pH do solo.

Há que se avaliar portanto, a relação custo/benefício desta medida de controle, em situações de solos altamente infestados e que ao mesmo tempo, exijam grandes quantidades de calcário para elevação dos níveis de pH, como foi o caso do solo utilizado neste experimento.

1.4 CONCLUSÕES

O efeito do pH sobre severidade da doença foi mais expressivo em concentrações médias de inóculo (1.2×10^7 à 2.5×10^7). Em concentrações elevadas de inóculo a severidade não foi reduzida ao se elevar o pH do solo de 6.2 a 7.3.

As variáveis de produção da planta foram maiores para concentrações médias e baixas de inóculo e com pH entre 6.2 e 7.3

REFERÊNCIAS

- 1 BUCZACKI, S.T. *Plasmodiophora*: An inter-relationship between biological and practical problems. In: **Zoosporic Plant Pathogens** (S.T.Buczacki, ed.), 1983. p. 161-191. Academic Press, London.
- 2 CHATTOPADHYAY, A. K. Soil amendment with lime and organic matter on the control of clubroot disease of rapeseed mustard. **Indian Phytopath** n. 49 (3): p. 283-285, 1996.
- 3 CHUPP, C.; SHERF, A.F. Vegetable diseases and their control. **Ronald Press**. New York, 1960. 693 p.
- 4 COLHOUN, J. A study of the epidemiology of clubroot disease of Brassicae. **Ann. Appl. Biol.**, 40, p. 262-283, 1953.
- 5 COLHOUN, J. Spore load, light intensity and plant nutrition as factors influencing the incidence of clubroot of Brassicae. **Trans. Brit. Mycol. Soc.**, 44, p. 593-600, 1961.
- 6 DIXON, G.R.; ROBINSON, D.L. The susceptibility of Brassica oleracea cultivars to *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). **Plant Pathology** n. 35, p. 101 – 107 1996.
- 7 DOBSON, R.L., GABRIELSON, R.L., BAKER A.S.; BENNETT L. Effects of lime particle size and distribution and fertilizer formulation on clubroot disease caused by *Plasmodiophora brassicae*. **Plant disease** v. 67, n. 1, p. 50-52, 1983.
- 8 DYLEWSKI, D.P. Phylum Plasmodiophoro-mycota. p. 399-416. In: **Handbook of protactista**. MARGULIS, L., CORLISS, J.O., MELKONIAN, M., CHAPMAN, D.J. (Eds.). Boston:Jones and Bartlett, 1990.
- 9 FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de Olericultura. Agrotecnologia moderna na Produção e Comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 402 p.
- 10 FRY, W.E. Principles of plant disease management. New York. **Academic Press**. 1982.
- 11 HAMILTON, H.A; CRÊTE, R. Influence of soil mixture, soil pH and liming sources on the incidence of clubroot, the germination and growth conditions. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 58, p. 45-53, 1978.
- 12 HORIUCHI, S.; HORI, M. A simple greenhouse technique for obtaining high levels of clubroot incidence. Bull. **Chugoku Natl. Agric. Exp. Stn. Ser. E**. n. 17: p. 33 – 55, 1980.
- 13 IHAKA, R.; GENTLEMAN, R. A Language for data analysis and graphics. **Journal of Computational and Graphical Statistics**, 5, p. 299 – 314. 1996.
- 14 LARSON, R.H.; WALKER, J.C. Soil treatment in relation to clubroot of cabbage. **J. agric. Res.** n. 48 p. 749-759, 1934.
- 15 MARINGONI, A.C. Doenças das crucíferas. In: KIMATTI, H. *et al.* **Manual de Fitopatologia**. 3.ed., v.2, São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 318-319.

- 16 MAY, L.L. Avaliação de diferentes formas de controle de *Plasmodiophora brassicae* em couve-chinesa em condições de casa de vegetação. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. Curitiba, n. 1-2, p. 9 – 14, 1997.
- 17 MILLER, S.A., ROWE, R.C.; RIEDEL, R.M. The Ohio State University Extension. Plant Pathology. **Clubroot of crucifers**. Disponível em: <http://www.ohioline.osu.edu/hyg-fact>
Acesso em 08 fev. 2002.
- 18 MYERS, D.F., CAMPBELL, R.N.; GREATHEAD, A.S., 1981. Clubroot of crucifers in California: Soils respond differently to lime form clubroot control (Abstr.) **Phytopathology** n. 71, p. 1005-1006.
- 19 NAIKI, T.; DIXON, G.R. The effects of chemicals on developmental stages of *Plasmodiophora brassicae*. **Plant Pathology**, v. 36 p. 316-327, 1987.
- 20 PAVAN, M.A. *et al.* **Manual de análise química de solo**. Londrina: IAPAR. 1991.
- 21 SAMUEL, G.; S.D.GARRET. The infected root-hair count for estimating the activity of *Plasmodiophora brassicae* Woron. in the soil. **Ann. Appl. Biol.** n. 32: p. 96-101, 1954.
- 22 SIQUEIRA, O.J.F., SHERER, E.E., TASSINARI, G., ANGHINONI, I., PATELLA, J.F., TEDESCO, M.J., MILAN, P.A.; ERNANI, P.R. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo: EMBRAPA/CNTP, 1995. 100 p.
- 23 SMILEY, R.W.; COOK, R.J. Use and abuse of the soil pH measurement. **Phytopathology** n. 62: p. 193-194, 1972.
- 24 TOMÉ JR., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.
- 25 VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.
- 26 VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., **Boletim Técnico 100 - Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. 285p.
- 27 VETTORI, L. Método de análise do solo. **Boletim técnico**. Equipe de pedologia e Fertilidade do Solo, Rio de Janeiro, n. 7, p. 1-24, 1969.
- 28 WANG, J.F.; HSIEH, W.H. Studies on the suppressive factors and characteristics of suppressive soils of clubroot in crucifers. **Plant Protection Bulletin** n. 28 p. 363-370, 1986.
- 29 WEBSTER, M.A.; DIXON, G.R. Boron, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. **Mycological Research** Great Britain, 95(1):74-79. 1991a.
- 30 WEBSTER, M.A.; DIXON, G.R. Calcium, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. **Mycological Research** Great Britain, 1991b.

- 31 ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado fitossanidade. Cultivo protegido, pivô central e plantio direto.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 722 p.

**2 CAPÍTULO II - BORO E pH NA EXPRESSÃO DA DOENÇA CAUSADA POR
*Plasmodiophora brassicae***

RESUMO

BORO E pH NA EXPRESSÃO DA DOENÇA CAUSADA POR *Plasmodiophora brassicae*

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de B frente à diferentes níveis de pH do solo na expressão da doença causada por *P. brassicae*. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, no período de agosto a outubro de 2000. Com os tratamentos em ensaio fatorial, compreendido por três níveis de pH do solo (5,5; 6,2 e 7,3) e cinco doses de B (0; 5; 10,0; 20,0 e 30,0 mg.kg⁻¹ de solo), com 4 repetições, e cada repetição com 4 plantas. Foi utilizado solo do horizonte A de CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico. Para atingir os valores de pH igual a 5,5 e 6,2; 7,3 foram aplicadas as doses de 2,4; 4,7 e 9,5 t. de calcário ha⁻¹. O isolado de *P. brassicae* foi obtido a partir de raízes de couve chinesa com galhas que após serem trituradas em liquidificador, realizou-se a extração dos esporos, por sucessivas centrifugações e filtragens, calibrando-se a solução em hematocítmetro, com: 2,5 x 10⁷ esporos ml⁻¹, que foi aplicada na forma de rega, no colo das plantas, por ocasião do transplante das mudas de couve chinesa (*Brassica pekinensis* L.). Aos 45 dias após o transplante, foram avaliadas: a produção da parte aérea (massa foliar fresca e seca e altura das plantas), a produção do sistema radicular (massa radicular fresca e seca), a severidade da doença e o teor de N, P, K, Ca, Mg e B no tecido foliar das plantas. Os dados foram analisados por análise de variância e também análise fatorial para verificar a correlação/agrupamento entre as variáveis. A produção da parte aérea das plantas foi maior com a aplicação de 10 a 20 mg.kg⁻¹ de B e pH 6,2-7,3. A severidade da doença foi maior em níveis de B menor que 10 mg.kg⁻¹ e pH menor que 6,0. Os menores índices de severidade foram obtidos para pH do solo maior que 6,5 na faixa de 10 a 30 mg.kg⁻¹ de B no solo. Observou-se correlação negativa entre teores de N, Ca e B foliar e a severidade da doença. Os maiores teores de fósforo foliar foram obtidos com a aplicação 10 a 20 mg. kg⁻¹ de B no solo com pH 6,3. O maior teor de potássio foliar foi obtido nos tratamentos com 20 mg.kg⁻¹ de B e pH do solo 6,3.

Palavras-chave: nutrição mineral, controle cultural, micronutrientes.

ABSTRACT

BORON AND SOIL pH IN THE DISEASE EXPRESION CAUSED BY *Plasmodiophora brassicae*

This work had as objective to evaluate the effect of doses of B facing different levels of pH of the soil, in the leaf and radical mass production, in the nutrients content of the leaf tissue and in the severity of the disease, presented by plants of Chinese cabbage infected by *Plasmodiophora brassicae*. The experiment was done in a green-house, in the Section of Agrarian Sciences of the Federal University of Paraná throug the period of august to october/2000. With the treatments in factorial design, included by three levels of pH of the soil (5,5; 6,2 and 7,3) and five doses of B (0; 5; 10,0; 20,0 and 30,0 mg.kg⁻¹ of soil), with 4 replications, and each replication with 4 plants. Utilizou-se amostra do horizonte A de CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico. To reach the pH values the same to 5,5 and 6,2; 7,3 were applied doses of 2,4; 4,7 and 9,5 t of calcareous.ha⁻¹. The isolated of *P. brassicae* was obtained from rootses of Chinese cabbage with galls that after they be triturated in blender, the extraction of the spores was done, for successive centrifugalizations and filtrations, calibrating the solution in a haemocytometry, with: 2,5 x 10⁷ spores. ml⁻¹, that was applied in the form of irrigation, in the base of the plants, for occasion of the transplatation of the Chinese cabbage plantlets (*Brassica pekinensis* L. ssp *pekinensis*). After 45 days of the transplant, were evaluated: the aerial production (fresh and dry foliar mass and plant height) and radical mass production (fresh and dry radical mass) the severity of the disease and the content of N, P, K, Ca, Mg and B in the leaf tissue of the plants. The data were analyzed by analysis of the variance and also a factorial analysis to verify the group correlation among the variables. The aerial production had the largest values with the application of 10 to 20 mg.kg⁻¹ of B and pH of 6,2 to 7,3. The disease severity was higher with B doses lower than 10 mg.kg⁻¹ and pH lower than 6,0. The lowest indexes severity was obtained in pH greater than 6.5 and 10-30 mg.kg⁻¹ of B in the soil. Was observed a negative correlation between foliar levels of N, Ca and B and the disease severity. The largest content of phosphorus were obtained among the range of 10 to 20 mg. kg⁻¹ of B applied in the soil for pH 6,3. The largest content of potassium were obtained in the treatments with 20 mg. kg⁻¹ of B and the pH of the soil of 6,3.

Key-words: mineral nutrition, cultural control, micronutrients.

2.1 INTRODUÇÃO

A ocorrência da h ernia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woron.) vem limitando os plantios de repolho, couve-flor, brócolis, couve-chinesa e mostarda em diferentes propriedades do cinturão verde de Curitiba - PR. A incidência da doença vem aumentando devido ao plantio de espécies suscetíveis e   longa sobrevivência das estruturas de resistência do patógeno (Costa Lima e May, 1997).

O aparecimento e desenvolvimento das galhas no sistema radicular, ocasionados pelo patógeno, implicam no surgimento de sintomas reflexos na parte aérea da planta. Com o progresso da doença a planta passa a exibir murcha nas horas mais quentes do dia e, posteriormente, clorose foliar e subdesenvolvimento, como resultado da interferência do patógeno nos processos de absor o de água e nutrientes e no metabolismo geral da planta hospedeira (Maringoni, 1995).

A baixa eficiência do controle químico, a relutância do agricultor em cultivar espécies não suscetíveis, a limita o no emprego de rota o de cultura e a falta de cultivares resistentes (Costa Lima e May, 1997), faz com que a calagem para elevar o pH dos solos seja a medida recomendada mais aceita pelo produtor, face aos baixos custos e facilidades na execu o desta medida. Conforme observa es feitas por May (1997), o método de controle usual, a calagem, não está sendo suficiente para impedir ou reduzir o ataque desta doença nos solos da região metropolitana de Curitiba.

Por outro lado, as espécies oleráceas extraem do solo e exportam, em suas partes comerciáveis, maiores quantidades de nutrientes, por hectare, em rela o a outras culturas. Isso ocorre em razão de suas exigências peculiares e, principalmente, da sua maior capacidade de produ o. O solo agrícola   uma importante fonte de nutrientes minerais para o sistema radicular das plantas. No caso particular da olericultura, entretanto, freqüentemente o solo se comporta como fonte insuficiente e ineficiente de nutrientes, dada   elevada exigência das culturas, crescendo em importância o fornecimento de micronutrientes (Filgueira, 2000). Entre os micronutrientes, aqueles cuja deficiência   mais comum são o boro (B) e o molibdênio (Mo). O B   solúvel em solos ácidos, e por esta razão pode ser lixiviado facilmente (Guedes *et al.* 1973). Solos mais argilosos adsorvem mais o B e podem, assim, dificultar a absor o pelas plantas. Segundo Van Raij (1991), a tendência deverá ser uma amplia o das deficiências de B. Isso em virtude do esgotamento dos solos e da aplica o de quantidades crescentes de calcário e fertilizantes com macronutrientes, em geral sem reposi o de micronutrientes.

Táticas de controle cultural de doenças, como o ajuste do pH do solo com calcário, freqüentemente influenciam a severidade das doenças por meio da intera o com os

nutrientes. Tais práticas suprem nutrientes diretamente ou os colocam numa forma mais ou menos solúvel (Huber, 1990; Huber e Watson 1970; 1974). Em relação ao B, a diminuição da disponibilidade deste elemento pela calagem ocorre, se tornando crítica quando o pH se eleva muito acima de 6 ou quando os solos são derivados de material de origem muito pobre (Bataglia, 1988). Em solos tropicais com altos teores de óxidos de ferro e alumínio, calagens para atingir níveis de pH acima de 6,0 ou 7,0 podem reduzir a produtividade, reduzir a disponibilidade de fósforo e induzir a deficiências de boro, zinco e manganês (Instituto da Potassa e Fosfato, 1998).

Sabe-se que os nutrientes maximizam a resistência das plantas a determinadas doenças, facilitam a evasão e alteram o ambiente externo, atuando na sobrevivência, germinação e penetração dos patógenos, interferindo assim na interação planta x patógeno x ambiente. Os efeitos do nitrogênio, fósforo e potássio sobre as doenças têm sido mais amplamente relatados. O mesmo não acontece com os micronutrientes. O B é importante para manter a integridade da membrana plasmática, no transporte de potássio para as células guardas e, por conseguinte na abertura estomatal (Zambolim, 2001). Webster e Dixon (1991) relatam que este elemento aparenta afetar a maturação da infecção no pelo radicular, o desenvolvimento dos sintomas corticais e a inibição da maturação esporangial.

Em outros patossistemas o B também é citado. O primeiro deles, descreve que este elemento estimula a resistência da cevada e da aveia contra infecções por *Erysiphe graminis* DC (Eaton, 1930) e contra *Melampsora lini* (Ehrenb.) Lév (Heggeness, 1942). A fungi-toxicidade do boro contra patógenos do solo tem sido indicada, levando a reduções na sobrevivência saprofítica de *Rhizoctonia solani* Kuhn (Sulochana, 1952a, b), a toxicidade contra zoósporos de *Oplidium brassicae* (Woron.) Dang. (Tomlinson e Faithfull, 1979) e à limitação da disseminação de *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (Witcher e Lane, 1980) também tem sido relatada.

Entretanto, não existem pesquisas envolvendo nutrientes no controle da hérnia das crucíferas em condições brasileiras, apesar da grande importância que tem assumido este patossistema. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de B x pH do solo na produção da parte aérea (massa foliar fresca e seca e altura das plantas), na produção do sistema radicular (massa radicular fresca e seca), no teor de nutrientes no tecido foliar e na severidade da doença apresentada por plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*.

2.2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, no período de agosto a outubro de 2000.

2.2.1 Hospedeiro

Por apresentar boas características indicadoras dos sintomas da hérnia das crucíferas, foi utilizada a couve-chinesa (*Brassica pekinensis* L. ssp. *pekinensis*) que foi semeada em bandejas (de isopor com 300 células), contendo substrato esterilizado e, após 10 dias, transplantadas (uma planta.vaso⁻¹) nos respectivos tratamentos. Durante este período, manteve-se a umidade à capacidade de campo.

2.2.2 Substrato

Utilizou-se material do horizonte A de um solo virgem, sob vegetação de mata, coletado na Fazenda Experimental da UFPR, situada no município de Quatro Barras, PR, classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, coletado na Fazenda Experimental da UFPR, situada no Município de Quatro Barras, PR. Após ser peneirado, vinte sub-amostras foram tomadas deste solo, formando uma amostra composta, que foi encaminhada para o Laboratório de Fertilidade e de Análises Físicas de Solos do Departamento de Solos da UFPR, para as seguintes determinações: pH em CaCl₂ 0,01M, teor de Ca, Mg, H + Al, K trocável, P solúvel e C, segundo Pavan *et al.* (1991), e análise granulométrica conforme metodologia de Vettori (1969). Os resultados destas determinações química e física encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1 - Característica química do solo utilizado na avaliação de doses de B e pH do solo na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

pH CaCl ₂	Al ⁺³	H+Al	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	T	P mg.dm ⁻³	C g.dm ⁻³	pH SMP	V %
	cmol _c .dm ⁻³									
4,4	3,5	12,1	2,8	1,70	0,28	15,18	1,0	8,8	4,8	20

TABELA 2 - Análise granulométrica do solo utilizado na avaliação de doses de B e pH do solo na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	Argila (%)
25	19	44	26	30

Para determinação da quantidade de calcário necessária para atingir os valores de pH desejados, realizou-se a incubação do solo com as seguintes doses de calcário: 0; 1,5; 3,0; 6,0 e 9,0 g.vaso⁻¹ contendo 1,5 kg de solo, correspondendo a 0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 t.ha⁻¹, respectivamente, respectivamente. Como corretivo foi utilizado calcário calcítico analisado previamente quanto suas características químicas (Tabela 3), como Poder de Neutralização (PN), Eficiência Relativa (E.R.) e Poder Relativo de Neutralização (PRNT). Após a aplicação do calcário, o pH do solo foi monitorado, até a estabilização dos valores, que ocorreu aos 30 dias. Os resultados estão apresentados na Figura 1.

TABELA 3 - Valor do poder de neutralização (P.N.), da eficiência relativa (E.R.) e o poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário utilizado para avaliação

Calcário Calcítico	
PN (%Eq. CaCO ₃)	104,5
E.R. %	100
PRNT %	104,5

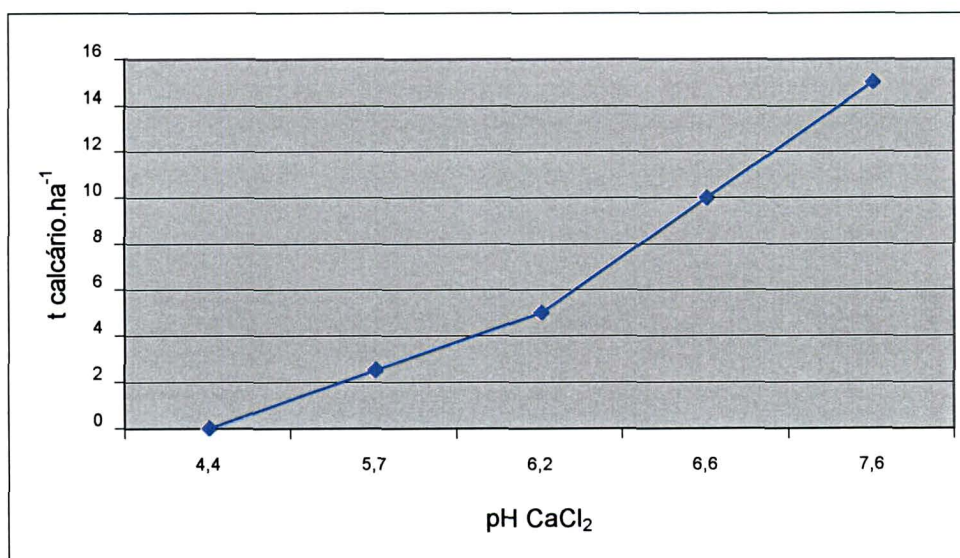


FIGURA 1- Valores de pH (CaCl₂) apresentados pelo solo incubado com doses de calcário durante 35 dias.

Os valores de pH utilizados no experimento foram: 5,5 e 6,2; 7,3. Para atingir estes valores, a necessidade de calagem foi baseada na curva de calibração (Figura 1), correspondendo a 2,4; 4,7 e 9,5 t de calcário.ha⁻¹, o equivalente a 1,4; 2,8; e 5,7 g de calcário.1,5 kg⁻¹ de solo, respectivamente. O calcário foi incorporado ao solo, agitando-se rigorosamente a mistura (calcário + solo) em sacos de polietileno e em seguida esta mistura foi colocada em vasos de alumínio com capacidade para 1,5 kg de solo, e mantidos com umidade até capacidade de campo. O pH foi monitorado até a estabilização dos valores, que ocorreu após 30 dias. Ao final deste período foram coletadas amostras de solo dos tratamentos. Parte das amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR, para as seguintes determinações: pH em CaCl₂ 0,01M, teor de Ca, Mg, H + Al, K trocável, P solúvel e C, segundo Pavan *et al.* (1991), e análise granulométrica conforme metodologia de Vettori (1969). Outra parte das amostras foi encaminhada para o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), para determinação do teor de B conforme Berger e Truog (1940). Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 - Característica química do solo utilizado para avaliação de doses de B e pH do solo.

Trat ^o t calcário.ha ⁻¹	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H+ Al	Ca ⁺² +Mg ⁺	Ca ⁺²	K ⁺	T	P mg.dm ⁻³	B mg.kg ⁻¹	C g.dm ⁻³	pH SMP	V %
2,4	5,5	0,0	2,70	14,20	9,60	0,20	17,1	1,2	0,7	9,4	6,8	84
4,7	6,2	0,0	1,20	15,00	9,80	0,16	17,0	1,0	0,6	9,8	6,6	86
9,5	7,3	0,0	1,00	14,70	10,2	0,15	17,8	0,7	0,4	11,4	8,1	87

A adubação de base (Tabela 5), foi determinada de acordo com as Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina de Siqueira *et al.* (1995) e com auxílio de Van Raij *et al.* (1996), considerando-se um "stand" de 42.000 plantas.ha⁻¹. Para equilibrar a quantidade de enxofre fornecida pelo superfosfato simples, utilizou-se o gesso (CaSO₄.2H₂O). A aplicação da adubação de base foi realizada antes do plantio, agitando-se a mistura (solo + adubos) em sacos de polietileno. Além da adubação de base foram aplicadas 45 mg de N.1,5 kg⁻¹ de solo na forma de nitrato de cálcio, aos 15 e 30 dias após o transplante. As doses de Boro utilizadas nos tratamentos encontram-se na Tabela 6.

TABELA 5 – Adubação de base utilizada na avaliação de doses de B e pH do solo na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

Elemento	Recomendação	Fonte	Vaso (1,5 kg solo)
Nitrogênio	100 kg de N.ha ⁻¹	Nitrato de cálcio	150 mg N
Fósforo	250 kg de P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	Superfosfato simples	375 mg P ₂ O ₅
Potássio	150 kg de K ₂ O.ha ⁻¹	Cloreto de potássio	225 mg K ₂ O

TABELA 6 - Doses de B utilizadas na avaliação do B e pH do solo na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

Elemento	Fonte	Doses de B	Vaso
		(mg kg ⁻¹ de solo)	(mg Bórax 1,5 kg ⁻¹ de solo)
Boro	Bórax	0	0
		5	75
		10	150
		20	300
		30	450

2.2.3 Inóculo e inoculação

O isolado de *P. brassicae* Woron., foi obtido à partir de raízes de couve chinesa, com 50 dias, naturalmente infectada, em plantio comercial da cultura, localizado no município de Colombo, PR. A coleta foi realizada após inspeção visual, selecionando-se aquelas plantas que apresentavam sintoma reflexo de murcha da parte aérea. Entre estas plantas, escolheu-se as que apresentavam galhas bem desenvolvidas, descartando-se aquelas em início de decomposição. Coletou-se 1 kg de raízes, que foram transportadas em saco de polietileno à temperatura ambiente. No mesmo dia em que foram coletadas, as raízes foram lavadas em água corrente e em água esterilizada, acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas à temperatura de -20 °C, durante 45 dias. Segundo Dylewski, (1990) os esporos de repouso podem permanecer viáveis no tecido de raízes infectadas e armazenadas em “freezer”, durante anos.

A extração dos esporos de repouso foi baseada na metodologia de Naiki e Dixon, (1987). A suspensão de esporos de repouso de *P. brassicae* foi obtida pela homogeneização de 144 g de raízes com galhas + 107 ml de água esterilizada e destilada em liquidificador. A mistura foi filtrada através de quatro camadas finas de “musseline”. Após a filtragem, a mistura foi centrifugada por 10 minutos à 2000 rpm. O “pellet” foi ressuspenso em 50 ml de água esterilizada e destilada e os processos foram repetidos duas vezes consecutivas. Diluindo-se o “pellet” final em 5ml de água esterilizada.

A partir da solução assim obtida, foram realizadas diluições com água esterilizada, de forma que, para cada vaso contendo 1,5 kg de solo, utilizou-se volume final de 25 ml, com a respectiva concentração. A determinação da concentração de esporos foi feita em hematocítômetro. Calibrando-se as soluções com $2,5 \times 10^7 \text{ ml}^{-1}$.

A aplicação foi realizada despejando-se a solução na superfície do solo, ao redor e aproximadamente à 0,5 cm do colo das plantas, logo após o transplante das mudas. No momento da aplicação, o solo encontrava-se com umidade à capacidade de campo. Com o objetivo de distribuir o inóculo no solo, após a aplicação em todos os tratamentos, foi realizada rega com 75 ml de água aplicada em cada vaso.

2.2.4 Avaliação

2.2.4.1 Parte aérea

Aos 45 dias após o transplante e a inoculação das mudas, realizou-se a colheita das plantas, lavando-se cuidadosamente o sistema radicular. Em seguida, as plantas foram cortadas, destacando-se a parte aérea da parte radicular em nível do colo das plantas. A parte aérea das plantas recém colhidas foi pesada individualmente, determinado-se a massa foliar fresca. A altura das plantas foi determinada, medindo-se o comprimento entre o colo e o ápice da folha de maior comprimento.

Após estas avaliações, a parte aérea das plantas foi acondicionada individualmente, em sacos de papel, identificada e levada à estufa de circulação forçada a 75 °C, por 72 horas, sendo então pesadas em balança digital, para determinação da massa seca.

2.2.4.2 Sistema radicular

Ao serem coletadas as raízes foram cuidadosamente lavadas e pesadas individualmente. Em seguida foram acondicionadas individualmente em sacos de papel e

levadas à estufa de circulação forçada a 75 °C, até peso constante, realizando-se a pesagem em balança digital.

A severidade da doença, expressa em porcentagem, foi avaliada através da estimativa da área radicular doente em relação à área radicular sadia total da planta conforme Dixon e Robinson (1986) e realizada no mesmo dia por um único avaliador.

2.2.4.3 Teor de macronutrientes e B no tecido foliar

Segundo Van Raij (1991), para a determinação dos nutrientes em material vegetal, devem ser amostradas aquelas partes da planta que apresentam a maior estabilidade possível em relação a fatores que afetam a composição mineral e ao mesmo tempo em que devem ser sensíveis em refletir variações de composição decorrentes de diferenças de suprimento de nutrientes. De uma maneira geral isto significa folhas recém maduras. No caso das crucíferas (repolho, couve-flor e brócolis), neste trabalho, conforme recomendação do autor ora citado, utilizou-se a nervura central das folhas externas coletadas no início da formação das cabeças. A coleta foi realizada por ocasião da avaliação do experimento aos 45 dias, após o transplante. Cada amostra foi constituída por 8 folhas obtidas de 4 plantas de cada unidade experimental.

O material coletado foi lavado em água deionizada e as nervuras centrais das folhas foram destacadas e secadas em estufa à 70 °C, posteriormente este material foi moído em moedor Brown e seco a 60° C. Em seguida foram realizadas as análises segundo Hildebrand (1977), com digestão via seca para: P, K, Ca e Mg com incineração a 500 °C, solubilização em HCl 3N, filtragem; B com incineração a 500 °C, solubilização em HCl 1N, filtragem. Onde o P foi determinado por colorimetria (PL Zeiss) com molibdato-vanadato de amônio e ácido nítrico a 20%. O K por espectrofotometria de absorção atômica no aparelho A.A.S -2380; Ca e Mg por absorção atômica. B por colorimetria com azometina – H; e digestão sulfúrica (método Kjeldahl, conforme descrito por Hildebrand (1977)) para o N, sendo determinado por titulação com NaOH 0,02N.

2.2.5 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi montado em delineamento de blocos ao acaso com os tratamentos em ensaio fatorial 3x5, compreendido por três níveis de pH do solo (5,5; 6,2 e 7,3) e cinco doses de Boro (0; 5; 10,0; 20,0 e 30,0 mg.kg⁻¹ de solo), com 4 repetições, e cada repetição constituída por 4 plantas, resultando em 15 tratamentos, num total de 240 vasos.

A técnica de Análise de Variância foi realizada para verificar se havia a diferença significativa entre os níveis de pH e os teores de Boro em relação as variáveis observadas, bem como a interação entre os níveis dos dois fatores. Além da ANOVA também foi feito uma Análise Fatorial para verificar a correlação/agrupamento entre as variáveis em estudo. O logaritmo das variáveis massa foliar fresca (MFF) e massa foliar seca (MFS), foi sugerido como transformação para aproximação da distribuição normal dos erros. Também para ANOVA da massa radicular fresca e seca, MRF e MRS respectivamente, utilizou-se transformação Box e Cox com constantes iguais a 0,5 para MRF e 3,2 para MRS, de modo que houvesse aproximação da distribuição normal dos erros e a teoria de modelos lineares fosse corretamente aplicada. Semelhante a variável massa foliar fresca, os dados de altura e boro foliar sugeriu transformação logarítmica e para nitrogênio foliar foi utilizando transformação Box e Cox de constante igual -2 , para aproximação da curva normal dos erros.

Para as análises, utilizou-se o programa R, cujo manual é descrito por Ihaka e Gentleman (1996) e as referências básicas estão no "CRAN" (Comprehensive R archive network). Outro software utilizado como apoio foi o STATGRAPHCS PLUS para Windows versão 5.0.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Parte aérea

Os resultados da ANOVA obtidos para as variáveis massa foliar fresca e massa foliar seca foram semelhantes entre si. Houve diferença significativa ($< 1\%$ de probabilidade) entre os níveis de pH do solo e entre as doses de boro adicionadas ao solo, bem como a interação destes fatores sobre a produção de massa foliar fresca e seca das plantas.

A produção de massa foliar fresca teve os maiores valores (70-80 g) para os níveis de B igual a 20 mg.kg^{-1} , na faixa de pH 6,2 a 7,3, seguida da quantidade de 10 mg.kg^{-1} de B na mesma faixa de pH (Figura 2A). Na Figura 2B observou-se que à medida que se acrescentava B no solo (de 20 para 30 mg.kg^{-1}), em todos os níveis de pH, houve decréscimo na produção de massa foliar fresca (Figura 2A).

Para a massa foliar seca observou-se a maior produção para os níveis de B iguais a 10 e 20 mg.kg^{-1} , destacando-se a maior taxa de incremento (4 a 6 g) no nível de 10 mg.kg^{-1} de B quando se elevou o pH do solo de 6,2 e 7,3. Houve, ainda, um efeito negativo na produção de massa foliar seca quando se elevou o pH de 6,2 para 7,3 acompanhado da elevação dos níveis de B de 20 para 30 mg.kg^{-1} , principalmente no nível de pH igual a 7,3 (Figuras 2C e 2D).

Analisando-se os efeitos do B sobre a produção das plantas, os resultados acima evidenciam a importância da aplicação deste elemento, principalmente quando se utiliza a calagem para corrigir o pH do solo para níveis mais elevados. Segundo o Instituto da Potassa e Fosfato, (1998) existe uma relação entre o pH e a disponibilidade de elementos no solo, sendo que a maior disponibilidade de B ocorre em pH menor que 6,0.

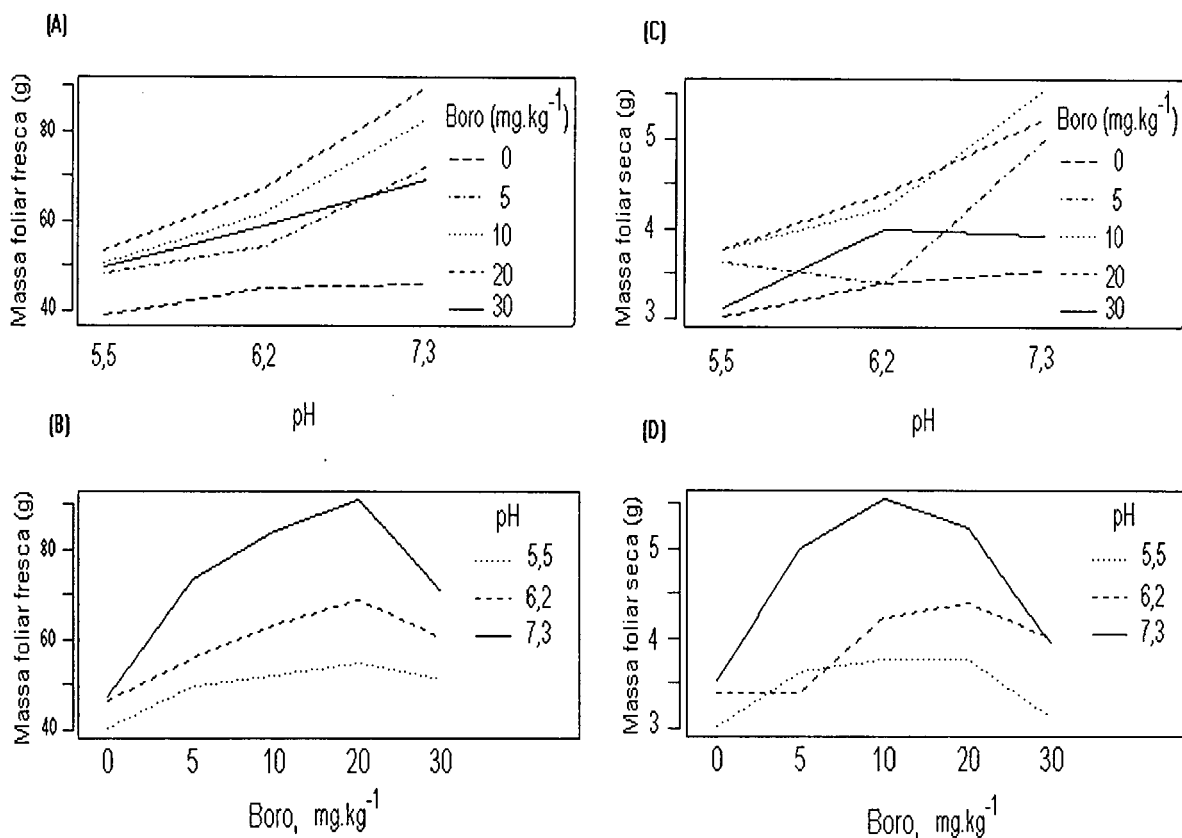


FIGURA 2 - Interação entre níveis de pH do solo x doses de B na produção de massa foliar fresca (A e B) e massa foliar seca (C e D) de plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*.

Outro aspecto interessante em relação aos resultados obtidos, refere-se ao melhor desempenho apresentado pelas doses de 10 e 20 mg de B.kg⁻¹, considerando-se principalmente que a dose rotineiramente utilizada para as brássicas na região de Curitiba é de 5 mg de B.kg⁻¹ de solo. Esta dose baseia-se em dados (Homma *et al.*, 1981) de que a quantidade em gramas de B necessária para a produção de uma tonelada de couve-flor é igual a 5 g (o que equivale a 5 ppm ou 5 mg de B.kg⁻¹ de solo). Além disso, as recomendações das principais referências utilizadas no estado do PR, como é o caso das Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Siqueira *et al.*, 1995), a qual indica para as crucíferas o uso de 2 g de bórax.m⁻² de canteiro, o que resulta em 0,8 mg de B.kg⁻¹ de solo, dose esta muito aquém daquelas que apresentaram melhor desempenho no presente trabalho. E os exemplos seguem, Ogata *et al.* (1979) obtiveram melhores resultados com aplicação de 50 a 100 kg de bórax.ha⁻¹ de solo, o equivalente a 2 a 4 mg de B.kg⁻¹ de solo.

Estas informações não foram geradas nesta região e levam em consideração a experimentação realizada em outros estados. Devido à variabilidade existente entre os

solos, ao cultivo intensivo, ao manejo e adubações diferenciados entre regiões, estas informações podem não retratar a realidade regional.

À partir destes indícios poder-se-ia sugerir que a quantidade de B recomendada estaria abaixo da necessidade das plantas para se atingir os melhores rendimentos, principalmente em condições de solos naturalmente pobres ou com uso intensivo da calagem para elevar o pH do solo. Assim como, no presente experimento, não ocorreu manifestação de sintomas de deficiência nos tratamentos sem aplicação de B, apesar da significativa redução da produção de massa, pode estar ocorrendo como cita Van Raij (1991), que deficiências de micronutrientes em culturas não são tão generalizadas como as de macronutrientes, contudo não se sabe até que ponto a chamada “fome oculta”, isto é, deficiência que reduz a produção, mas não mostra sintomas nas plantas, estaria afetando a produtividade das culturas.

Por outro lado, verificou-se também, na literatura que diversos autores (Dias 1959; Camargo, 1964; Sonnenberg, 1974; Van Raij *et al.*, 1985; Monnerat *et al.*, 1986), recomendam aplicar 3 g de bórax.cova⁻¹ o equivalente a 37 mg B.kg⁻¹ de solo, na adubação de base. Conforme os resultados obtidos neste trabalho e acima apresentados, quando se elevou a dose de 20 para 30 mg B.kg⁻¹ de solo ocorreu um efeito negativo na produção de massa foliar seca, sobretudo no valor de pH do solo igual a 7,3. Portanto, nas condições do solo utilizado neste experimento esta recomendação de 37 mg B.kg⁻¹ estaria acima da ideal. O que em campo poderia trazer sérias conseqüências, considerando-se que, os limites entre deficiência e toxicidade de boro são muito estreitos, aplicação de doses elevadas de fertilizantes com este micronutriente em sistemas de rotação envolvendo culturas com diferentes graus de sensibilidade, deve ser feita com cuidado (Ballio e Ponchio, 1988).

Por estar altamente correlacionada com a massa foliar, não há necessidade de discutir os dados obtidos para esta variável separadamente, valendo as mesmas discussões realizadas para a produção de massa foliar.

2.3.2 Sistema radicular

A produção de massa radicular fresca foi maior para a dose de B igual a 5 mg.kg⁻¹ em pH superior a 6,2. Nas doses de 10 e 20 mg.kg⁻¹ a massa radicular fresca foi semelhante, em torno de 15 g no nível de pH 6,2 (Figura 3A). Quando se avaliou a produção de massa radicular fresca dentre os níveis de pH do solo, o maior efeito negativo foi observado para pH 7,3, principalmente, à medida que se elevou a quantidade de boro no solo de 20 para 30 mg.kg⁻¹, sendo este efeito menos pronunciado para pH 5,5 (Figura 3B).

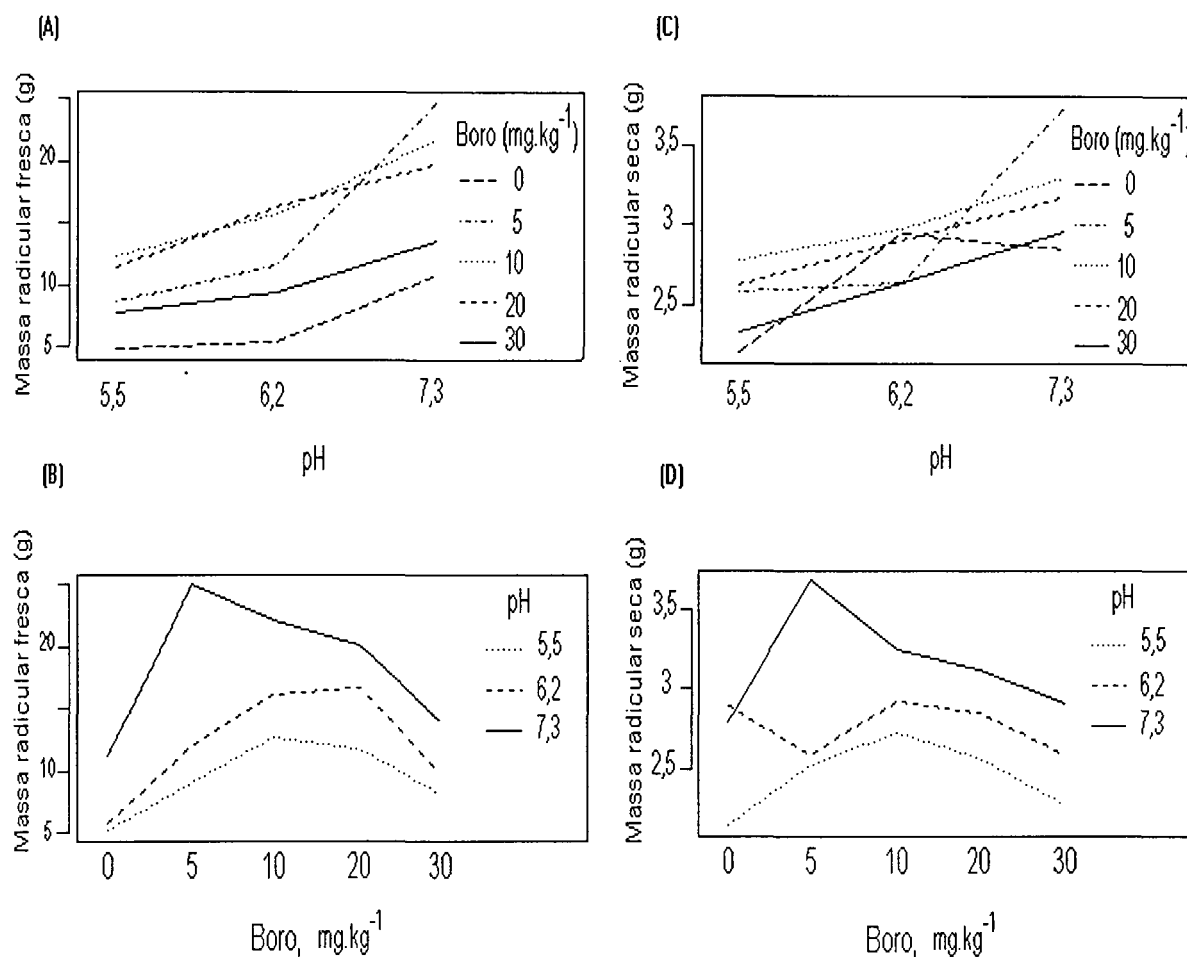


FIGURA 3 - Interação entre doses de B x três níveis de pH do solo na produção de massa radicular fresca (A e B) e massa radicular seca, (C e D) de plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*.

O efeito do boro nas doses de 5 a 10 mg.kg⁻¹ favoreceu a produção de massa radicular seca à medida que se elevou o pH do solo (Figura 3A). Contudo, observou-se um efeito negativo no incremento de massa radicular seca, para o nível de B igual a 20 mg.kg⁻¹ em pH superior a 6,2 indicando um nível limitante para o aumento da massa radicular com doses de B acima de 20 mg.kg⁻¹ (Figura 3B). Fato que foi confirmado na avaliação da influência do pH na produção de massa radicular seca, nos diferentes níveis de B (Figuras 3C e 3D), em que se observou uma evidente diminuição na massa radicular seca à medida que se acrescentava B no solo, a partir da quantidade de 10 mg.kg⁻¹ nos três níveis de pH estudados. Esta redução da massa radicular indica um efeito tanto do B quanto do pH do solo no controle do patógeno, pois segundo Costa Lima e May (1997), quanto maior o peso

da raiz, maior a quantidade de galhas e em conseqüência menor o peso da parte aérea da planta .

Para a severidade da doença houve efeito significativo com probabilidade menor que 1% para os fatores níveis de pH do solo e quantidade de B, bem como a interação entre eles (Anexo 2), isto significa que existe influência destes na severidade da h ernia das crucíferas em plantas de couve chinesa infectadas pela *P. brassicae*.

A superfície polinomial ajustada aos dados de severidade da doença apresentou os maiores índices de severidade (>70%), foi observado para intera o pH mais ácido (<6,0) e baixos níveis de B no solo, menos que 10 mg.kg⁻¹ (Figura 4) e baixo  ndice de severidade, em torno de 26%, quando o pH do solo foi maior que 6,5 na faixa de 10 a 30 mg.kg⁻¹ de B no solo. Sendo que   medida que se elevou o pH do solo de 6,2 a 7,3 e a quantidade de B de 20 a 30 mg.kg⁻¹ houve uma significativa redu o da severidade assumindo valores bem próximos de 20% (Figura 5A e 5B).

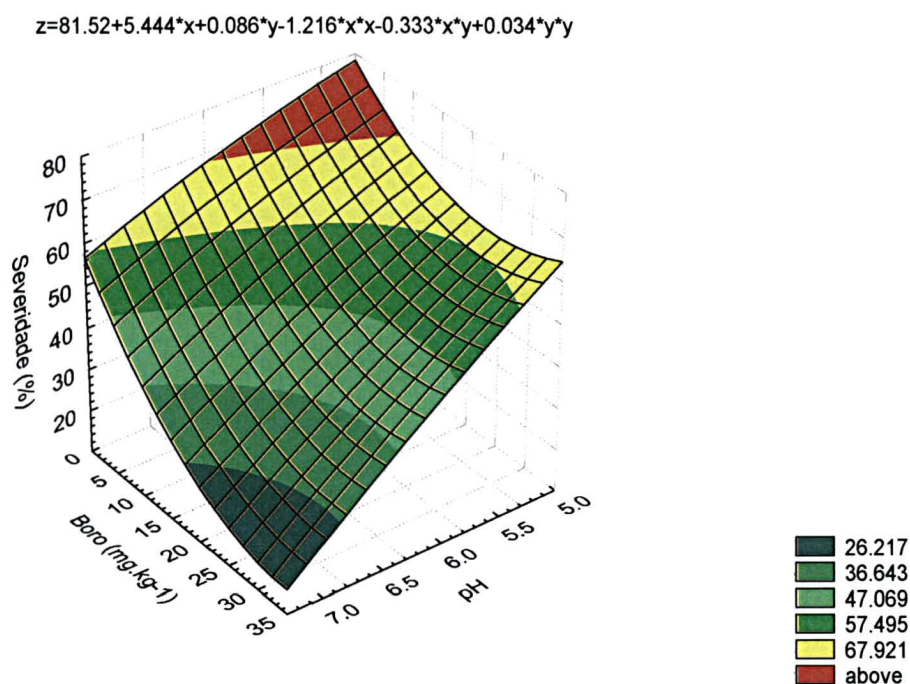


FIGURA 4 - Superfície polinomial ajustada para severidade da h ernia das crucíferas, em plantas de couve chinesa, em rela o aos níveis de pH do solo e doses de B.

Observa-se ainda (Figura 5), que o B apresentou maior redução da severidade no pH 7,3 quando comparado com o pH de 6,2 e 5,5. Verificando-se que com pH 7,3 e sem adição de B a severidade da doença foi de 65,87% e que ao se adicionar 10 mg.kg⁻¹ de B este valor caiu para 29,00%, com baixa redução (de 21,00 para 19,62%) quando se elevou o nível de B de 20 para 30 mg.kg⁻¹. Foram encontradas fortes correlações entre estas reduções da severidade e a produção de massa foliar fresca, que teve maiores valores (70 - 80g) para os níveis de B igual a 20 mg.kg⁻¹, na faixa de pH 6,2 e 7,3, seguida da quantidade de 10 mg.kg⁻¹ de B na mesma faixa de pH. E como no caso da severidade, à medida que se aumentou o B no solo de 20 para 30 mg.kg⁻¹, em todos os níveis de pH, houve decréscimo na produção de massa fresca foliar (Figura 2A).

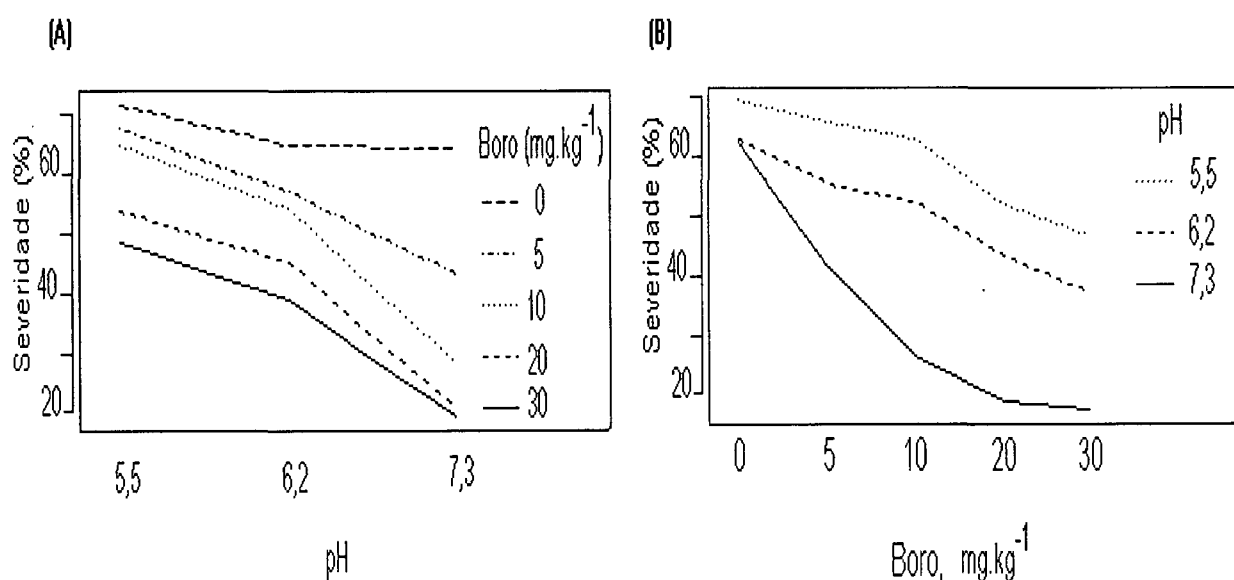


FIGURA 5 - Interação entre doses de B x três níveis de pH do solo sobre a severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve chinesa.

Correlação foi também estabelecida para a massa foliar seca (Figura 2B), para a qual observou-se que a maior produção foi obtida para os níveis de B iguais a 10 e 20 mg.kg⁻¹, destacando-se maior incremento (4 a 6 g) no nível de 10 mg.kg⁻¹ de B entre os valores de pH de 6,2 e 7,3, houve, ainda, um efeito negativo na produção de massa foliar seca com o aumento os níveis de B de 20 para 30 mg.kg⁻¹ e os valores de pH, sobretudo no valor igual a 7,3.

Redução semelhante na severidade da doença foi obtida em trabalho de campo realizado por Antonova *et al.*, (1974) em que a aplicação de ácido bórico reduziu a

severidade de galhas em couve chinesa em até 50%, aumentando o rendimento em 40%. Dixon e Wilson (1984) e Anon (1985) aplicando tetraborato de sódio ao solo infestado por *Plasmodiophora brassicae* obtiveram redução significativa da doença em couve chinesa por três estações sucessivas.

Webster e Dixon (1991), trabalhando com couve chinesa (*Brassica pekinensis* L.), cultivadas em areia e solução nutritiva e inoculadas com *P. brassicae* e, posteriormente, expostas a diversas concentrações de B (1 a 70 mg.kg⁻¹) e valores de pH durante determinados períodos de tempo para permitir a invasão do patógeno nas células corticais e dos pêlos radiculares, obtiveram resultados um pouco diferentes daqueles obtidos no presente trabalho, pois concluíram que, a aplicação de 30 mg.kg⁻¹ de B com pH 6,2 reduziu significativamente a doença, enquanto que no presente trabalho o melhor desempenho foi obtido com a aplicação de 20 mg.kg⁻¹, esta diferença nos resultados obtidos poderia ser atribuída ao uso de solução nutritiva pelos autores, ao invés de solo que oferece uma série de interação de fatores sobre os quais não se tem controle, como se tem quando do uso de solução nutritiva.

Semelhante ao observado no presente trabalho, Webster e Dixon (1991), verificaram consideráveis reduções nas percentagens da severidade quando a concentração de B superou 10 mg.kg⁻¹. Verificando efeitos fitotóxicos do tipo perda de peso da parte aérea com 50 mg de B.kg⁻¹. Os autores verificaram ainda, que no pH 7,2 houve menos infecções do que o pH 6,2, com plasmódios não diferenciados presentes em todos os tratamentos, e que no pH 6,2 e concentração de B de 1-20 mg.kg⁻¹ os esporângios presentes apresentavam-se diferenciados. Havendo uma correlação significativa entre a severidade da doença e o aparecimento de esporângios diferenciados.

Entretanto, Webster e Dixon (1991) fazem a ressalva de que o efeito da interação entre a quantidade de B aplicada e o pH do solo sobre a doença, pode ser alterado dependendo da concentração de inóculo do patógeno. Em seus experimentos, utilizando duas concentrações (5x10⁵ e 5x10⁷ esporos.ml⁻¹), verificaram que usando uma pressão de inóculo menor, 10 mg de B.kg⁻¹ com pH 7,2, eliminou a infecção causada por *P. brassicae*. E que no pH 6,2, a redução nos efeitos patogênicos foi significativa e inversamente proporcional às concentrações de B e de inóculo.

2.3.3 Teor de macronutrientes e B no tecido foliar

A Figura 6 apresenta a correlação do N, Ca e B foliar com a massa foliar seca e radicular, altura de plantas, e com a severidade da doença apresentada pelas plantas. Na borda superior e esquerda da matriz de correlação estão apresentados os comportamentos

das distribuições, verificando-se para todas as variáveis estudadas um comportamento assimétrico da distribuição de frequência. Com exceção da correlação entre boro (B) e massa radicular seca, as demais correlações apresentadas na Figura 6 foram significativas ao nível de 5% de probabilidade e os valores dos coeficientes de correlação de Pearson pode ser visto na Anexo 3.

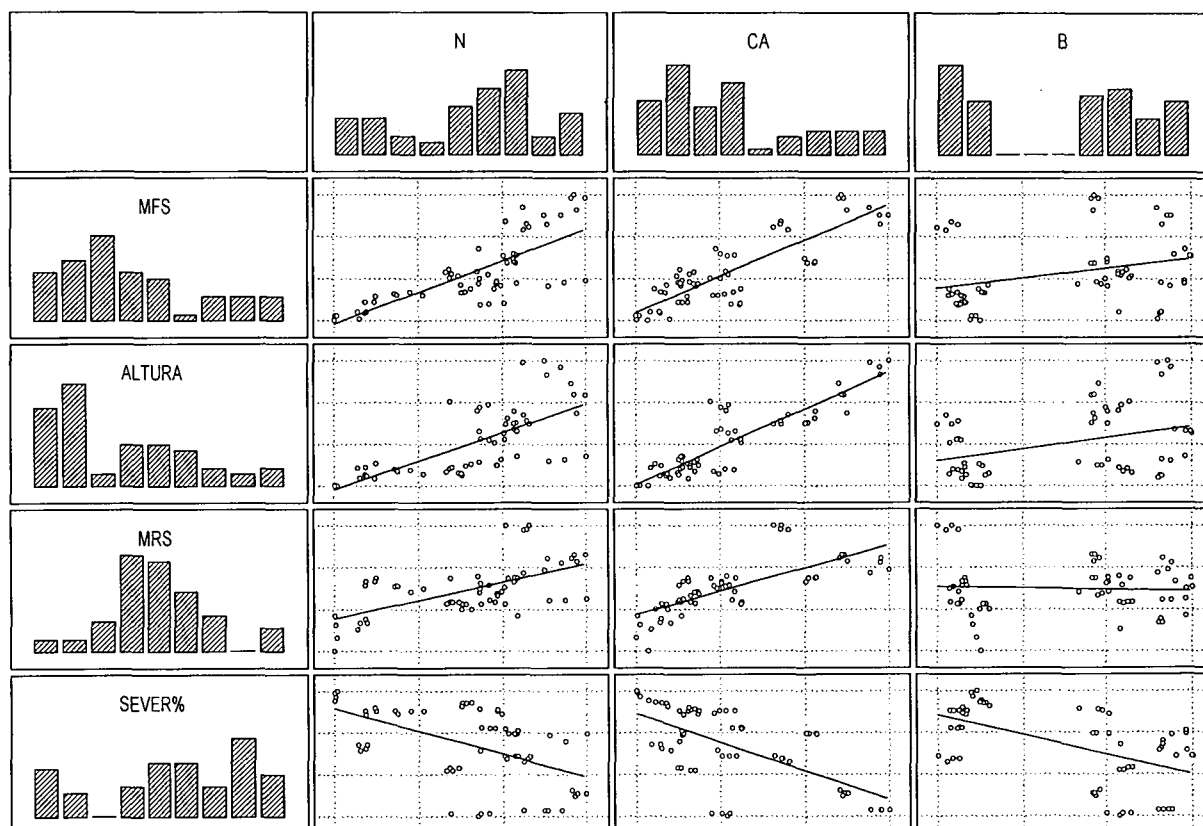


FIGURA 6 - Matriz de correlação do teor de nitrogênio (N), cálcio (Ca) e boro (B) foliar, altura de plantas, massa foliar seca (MFS) e massa radicular seca (MRS) e severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve chinesa submetidas à doses de B x três níveis de pH do solo.

O maior e menor valor observado para as variáveis correlacionadas foram Ca foliar e altura de planta e cálcio foliar e severidade da doença em porcentagem, assumindo os valores 0,90 e -0,63, respectivamente (Figura 6), o que significa dizer que quanto maior o teor de Ca foliar apresentado, menor foi a severidade da doença e maior a altura das plantas. Correlação negativa, foi também observada para o N e B e a severidade da doença, ou seja, plantas que apresentaram maior severidade da doença, apresentaram menores

teores de N e B no tecido foliar, enquanto que aquelas com menor severidade exibiram maiores teores destes elementos (Figura 6).

Da mesma forma que o pH e o boro, o cálcio pode inibir o amadurecimento dos esporângios nos pelos da raiz. Os modos de ação podem ser independentes ou, possivelmente, estarem inter-relacionados (Dixon e Webster, 1988; Dixon *et al.*, 1987). Além disso, podem ocorrer interações entre os micronutrientes com alguns dos macronutrientes. Essas interações podem ocorrer tanto no solo, como dentro da planta. Entende-se por interação, uma influência ou uma ação mútua ou recíproca de um elemento sobre outro em relação ao crescimento da planta. Ou ainda, a resposta diferencial de um elemento em combinação com níveis variados de um segundo nutriente aplicado simultaneamente, isto é, os dois nutrientes combinam-se para produzir um efeito aditivo ou negativo não isoladamente (Bataglia, 1988).

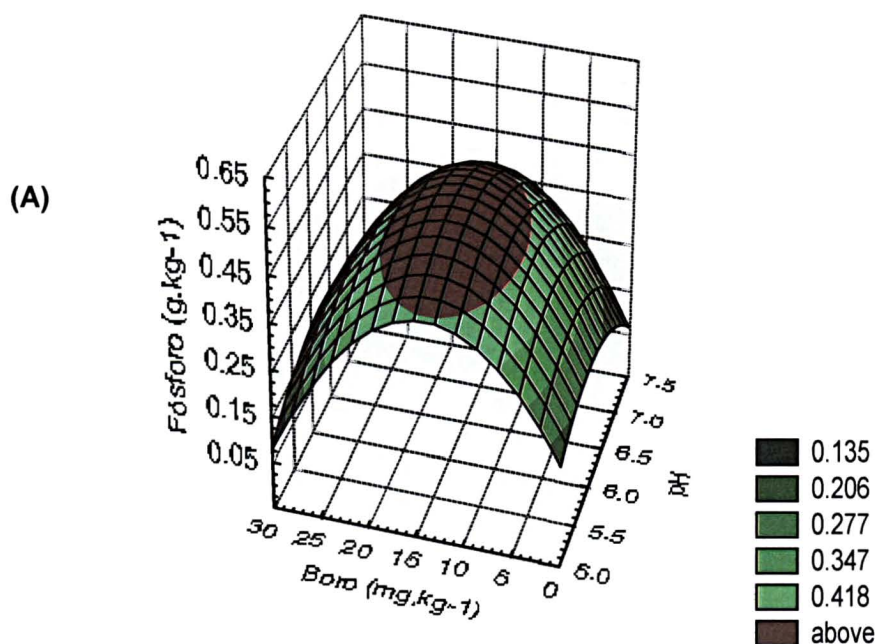
Olsen (1972) relacionou a interação que ocorre entre B e Ca, a qual pode ter ocorrido no presente trabalho, o que explicaria o efeito marcante do Ca na redução da severidade, assim como o fato das correlações de Ca foliar com as variáveis massa foliar seca, altura das plantas e massa radicular seca, terem sido positivas e lineares, observando-se maior agrupamento dos pontos à reta ajustada para o Ca foliar e altura das plantas (Figura 6). Segundo Nason e McElroy (1963), o B afeta os níveis de Ca solúvel no interior da planta e pela manutenção do Ca num estado disponível, o B pode exercer um efeito indireto, interferindo negativamente, na progressão do desenvolvimento da *P. brassicae* no interior dos pelos da raiz e das células corticais (Webster e Dixon, 1991). Zambolim (2001) relata que o cálcio pode reduzir a severidade de várias doenças, causadas por patógenos de raiz e, ou, caule, como tombamento de mudas, podridão de raízes e do hipocótilo e podridão de órgãos suculentos. A severidade destas doenças é inversamente proporcional ao teor de cálcio nos tecidos da planta.

Além de possíveis interações entre os elementos, outro aspecto que poderia explicar os menores teores de N, Ca e B, apresentados pelas plantas com maior severidade, refere-se a interferência da *P. brassicae* no processo de absorção de água e nutrientes (Murakami *et al.*, 2000). Principalmente para o Ca, em que os menores teores observados nas plantas com maior severidade, poderiam estar associados com mudanças no movimento de água na planta, uma vez que este elemento, em particular, segundo Mengel e Kirkby (1979) é translocado para a parte aérea da planta através da corrente transpiratória. Assim, plantas com maior severidade absorveriam uma quantidade menor de água e de Ca, conseqüentemente.

O comportamento da superfície polinomial que ajusta os dados dos teores de alguns nutrientes avaliados no tecido foliar está apresentado nas Figuras 7 e 8. Sendo que a superfície ajustada para fósforo, potássio, magnésio e boro foliar apresentaram tendência quadrática.

Os maiores teores de fósforo ($0,42 \text{ g.kg}^{-1}$) foram obtidos entre a faixa de 10 a 20 mg.kg^{-1} de B aplicado no solo para pH 6,3 (Figura 7A). Para o teor de potássio a interação que maior contribuiu na quantidade do elemento nas folhas ($4,2 \text{ g.kg}^{-1}$) foi verificada com pH 6,3 e 20 mg.kg^{-1} de B (Figura 7B). A maior quantidade de magnésio foliar (0,49%) foi obtida nas faixas de 15 e 30 mg.kg^{-1} de B em pH igual e inferior a 6,3 até o limite estudado. Observou-se que quando o pH foi elevado a 7,2 a quantidade de Mg nas folhas diminuiu para 0,27% (Figura 8A).

$$z = -1.899 + 0.716x + 0.027y - 0.061x^2 + 0.002xy - 0.001y^2$$



$$z = -23.109 + 8.35x + 0.235y - 0.657x^2 - 0.013xy - 0.005y^2$$

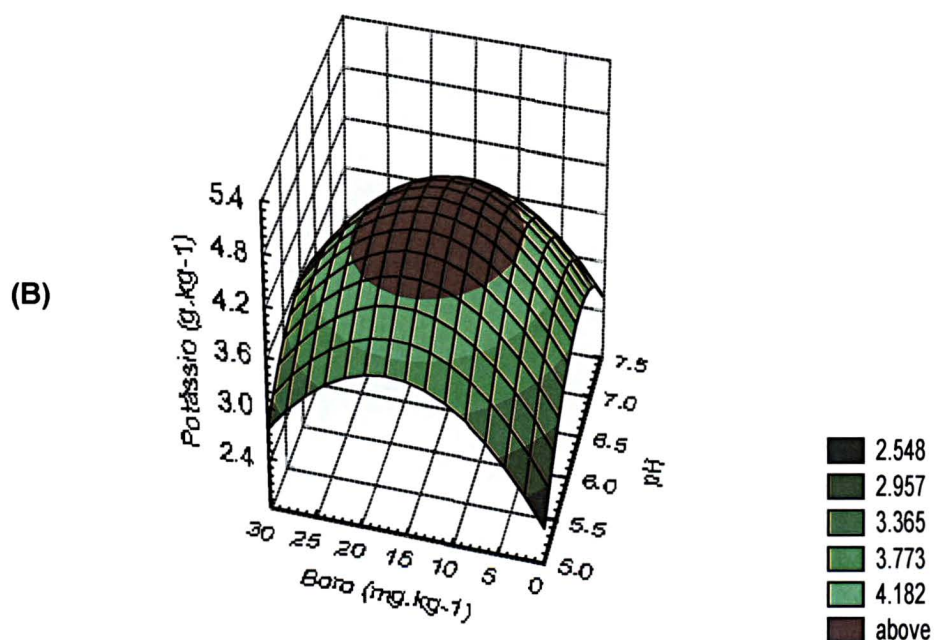
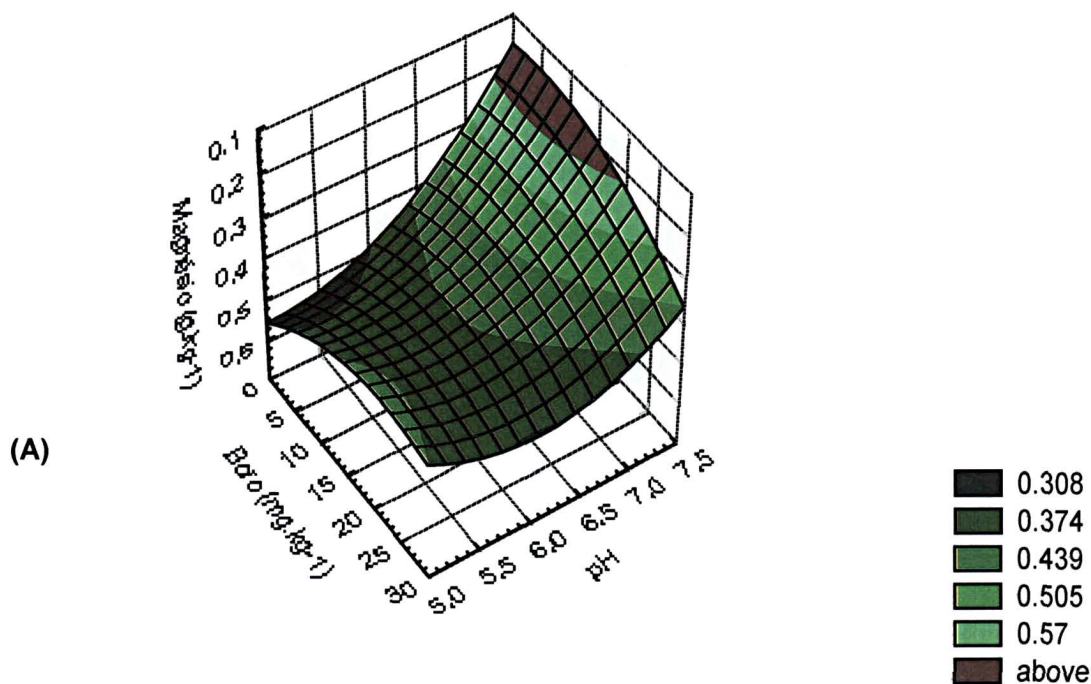


FIGURA 7 - Superfície polinomial ajustada para os dados dos teores de fósforo (A) e potássio (B) em g.kg⁻¹ no tecido foliar de plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*, em relação à doses de B e três níveis de pH do solo.

$$z = -1.074 + 0.647x - 0.035y - 0.064x^2 + 0.004x^2y + 3.045e-4y^2$$



$$z = 87.305 - 17.79x + 4.144y + 1.376x^2 - 0.078x^2y - 0.076y^2$$

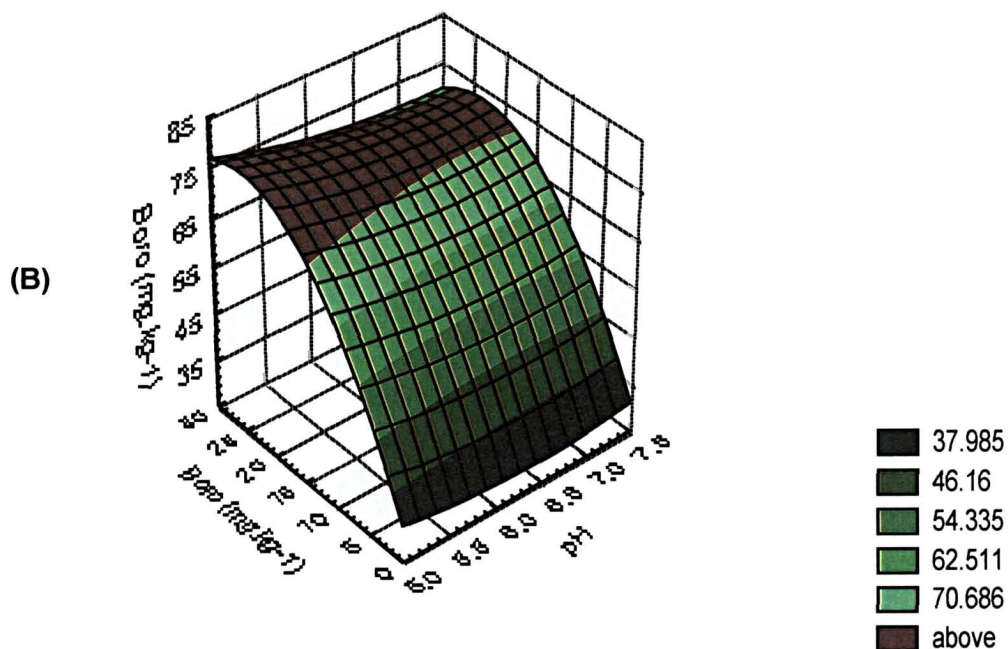


FIGURA 8 - Superfície polinomial ajustada para os dados dos teores de magnésio (A) e boro (B) no tecido foliar de plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*, em relação à doses de B e três níveis de pH do solo.

Na Figura 8B observa-se que o teor de B foliar, obtido através do ajuste da superfície polinomial quadrática oscilou entre 37,6 e 68,5 mg.kg⁻¹, sendo que o maior nível foi conseguido para valores elevados de boro aplicados no solo, nos três níveis de pH estudados, sendo que no pH 7,3 verificou-se menor absorção que nos demais níveis de pH.

Para o N, P, K, Ca e Mg, os valores obtidos no presente trabalho foram próximos daqueles obtidos em outros trabalhos, como o de Homma *et al.* (1981), que trabalhando com plantas de couve-flor var. Piracicaba, verificaram que os teores de nutrientes em g kg⁻¹ encontrados na massa seca foliar aos 46 dias foram: N - 4,76; P - 0,51; K - 5,47; Ca - 2,16; Mg - 0,55. Situando-se dentro da faixa observada por Haag e Minami (1988): N (3,68 - 3,44); P (0,60 - 0,51); K (4,55 - 4,97); Ca (1,86 - 2,40); Mg (0,93 - 1,00); e B (57 - 85 mg.kg⁻¹).

Para o B verifica-se que os teores observados neste trabalho, estão acima daqueles citados por Wallace (1961), que admite em plantas de crucíferas em geral, como 36 mg.kg⁻¹ o nível adequado para B foliar e de 23 mg.kg⁻¹ para plantas com deficiência. Enquanto que Oliveira *et al.*, (1981) citam as concentrações de 14 a 28 mg.kg⁻¹ em plantas com deficiência de B e de 66 a 81 mg.kg⁻¹ em plantas sem deficiência. Van Raij (1991) apresenta os extremos de níveis críticos para o B foliar na faixa de 10 a 100 mg.kg⁻¹. Conforme estes dados, percebe-se que a amplitude de valores citados para os níveis críticos de B foliar varia muito entre os autores.

O P e o K foram absorvidos em maior quantidade nos tratamentos com aplicação de 20 mg.kg⁻¹ de B e pH 6,2, decrescendo a absorção quando se elevou o pH para 7,3. Enquanto que o N e o Ca foliar apresentaram os maiores teores em pH 7,3, e o teor de B absorvido reduziu quando o pH foi elevado para 7,3.

Esse comportamento observado na absorção dos nutrientes pode ser atribuído ao efeito indireto da calagem, que estabelece uma relação entre o pH e a disponibilidade de elementos. Sendo que a disponibilidade de P em valores baixos de pH é diminuída pela formação de fosfatos de Fe e de Al; cai, por outro lado, quando o pH é maior que 7,0 devido à formação de fosfatos insolúveis do tipo hidróxi e fluor apatita (Malavolta, 1965); a disponibilidade dos íons de Ca e Mg na solução do solo ou no complexo de troca é aumentada com a elevação do pH do solo (Bataglia, 1988).

Quanto ao B, maior disponibilidade ocorre em pH menor que 6,0. As concentrações ou atividades das formas iônicas do B na solução do solo, que geralmente são usadas pelas plantas, são bastante dependentes do pH (Bataglia, 1988). Se o pH aumentar demais, como consequência de calagem excessiva, por exemplo, o B entra em combinação com as argilas e com a própria matéria orgânica resultando em compostos de menor disponibilidade (Ballio e Ponchio, 1988).

2.4 CONCLUSÕES

A produção da parte aérea das plantas foi maior com a aplicação de 10 a 20 mg.kg⁻¹ de B e pH 6,2-7,3.

A severidade da doença foi maior em níveis de B menor que 10 mg.kg⁻¹ e pH menor que 6,0. Os menores índices de severidade foram obtidos para pH do solo maior que 6,5 na faixa de 10 a 30 mg.kg⁻¹ de B no solo.

Observou-se correlação negativa entre teores de N, Ca e B foliar e a severidade da doença. Os maiores teores de fósforo foliar foram obtidos com a aplicação 10 a 20 mg. kg⁻¹ de B no solo com pH 6,3. O maior teor de potássio foliar foi obtido nos tratamentos com 20 mg.kg⁻¹ de B e pH do solo 6,3.

REFERÊNCIAS

- 1 ANON. Effect of boron on clubroot. Research Investigations and Field Trials 1983 – 1984. **School of Agriculture**, Aberdeen, p. 27, 1985.
- 2 ANTONOVA, G.G., SHESTIPEROVA, Z.I.; SHUVALOVA, G.V. (1974). Effect of root feeding with boron and manganese in reducing damage by cabbage clubroot. *Zapiski Leningrad Sel'Skozyaistvennogo Instituta Voronezhe* 239, 81-86. Cited in *Review of Plant Pathology* 54, 5611 (1975).
- 3 BALLIO, L.A.C.; PONCHIO, C.O. Fontes de enxofre e micronutrientes para a agricultura brasileira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, XVII, 1988, Londrina. **Anais**. Londrina: Embrapa, Iapar, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 265-275.
- 4 BATAGLIA, O.C. Micronutrientes: disponibilidade e interações. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, XVII, 1988, Londrina. **Anais**. Londrina: Embrapa, Iapar, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 121-132.
- 5 BERGER, K.C.; TRUOG, E. Boron deficiencies as revealed by plants and soil tests. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison: 32: p. 297-301, 1940.
- 6 CAMARGO, L.S. **Instruções para a cultura de couve-flor e de brócolos**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1964. 30 p. (Boletim Técnico, 102)
- 7 COSTA LIMA, M.L.R.Z.DA .; MAY, L.L. Controle físico e biológico da hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woron.) na região metropolitana de Curitiba-PR. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. Curitiba, n. 1-2, p. 83-87, 1997.
- 8 DIAS, M.S. **Instruções para a cultura de couve-flor de verão Piracicaba Precoce** n. 1. Piracicaba, Instituto de Genética/ESALQ/USP, 1959. 5 p. (mimeografado)
- 9 DIXON, G.R., NAIKI, T., WEBSTER, M.A.; WILSON, F. Integrated use of boron, calcium cyanamide and nitrogen for control of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*). **Proceedings Crop Protection in Northern Britain**, 1987, p. 399 – 404.
- 10 DIXON, G.R.; ROBINSON, D.L. The susceptibility of Brassica oleracea cultivars to *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). **Plant Pathology** n. 35, p. 101 – 107 1996.
- 11 DIXON, G.R.; WEBSTER, M.A. Antagonistic effects of boron, calcium and pH on pathogenesis caused by *Plasmodiophora brassicae* Woronina (Clubroot) – A review of recent work. **Crop Research** 28, 1988, p. 84-95.
- 12 DIXON, G.R.; WILSON, F. Evaluation of chemicals for control of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in transplanted cabbage. **Proceedings Crop Protection in Northern Britain**, 1984, p. 400 – 405.
- 13 EATON, F.M. The effect of boron on powdery mildew and spot blotch of barley. **Phytopathology** 20. p. 967-972, 1930.

- 14 ILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 402 p.
- 15 GUEDES, A.C., MONNERAT, P.A.; BRAGA, J.M. Efeitos de níveis de calagem e de molibdênio sobre a produção de couve-flor (*Brassica oleraceae* var. *botrytis* L.). **Revista de Olericultura**, Viçosa: n. 13 p. 112 – 113, 1973.
- 16 HAAG, H.P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. 2ª ed. Fundação Cargill, Campinas: 1988, 538 p.
- 17 HEGGNESS, H.G. Effect of borax applications on the incidence of rust on flax. **Plant Physiology** n. 17. p. 143-144, 1942.
- 18 HILDEBRAND, C. **Manual de análise química de solos e plantas**. Curitiba: UFPR, 1977. (mimeografado).
- 19 HOMMA, P.M., HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R. Absorção de nutrientes pela cultura de couve-flor. In: HAAG, H.P. **Nutrição mineral de hortaliças**. Fundação Cargill, Campinas: 2ª ed., 1981, p. 101-116.
- 20 HUBER, D.M.; WATSON, R.D. Effects of organic amendment on soilborne plant-pathogens. **Phytopathology**, v. 60, p. 22-26, 1970.
- 21 HUBER, D.M.; WATSON, R.D. Nitrogen form and plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 12, p. 139-165, 1974.
- 22 HUBER, D.M. Fertilizers and soil-borne diseases. **Soil Use and Management**, v. 6, n. 4, p. 168-173, 1990.
- 23 IHAKA, R.; GENTLEMAN, R. A Language for data analysis and graphics. **Journal of Computational and Graphical Statistics**, n. 5, p. 299-314. 1996.
- 24 INSTITUTO DA POTASSA E FOSFATO. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1998. 177 p.
- 25 MALAVOLTA, E. **Diagnose foliar. Princípios e Problemas**. E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Bol. Did. n. 8, 1965.
- 26 MARINGONI, A.C. Doenças das crucíferas. In: KIMATTI, H. *et al.*, **Manual de Fitopatologia**. 3.ed., v.2, São Paulo: Agronômica Ceres, 1995, p. 318-319.
- 27 MAY, L.L. Avaliação de diferentes formas de controle de *Plasmodiophora brassicae* em couve-chinesa em condições de casa de vegetação. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. Curitiba, n. 1-2, p. 9 – 14, 1997.
- 28 MENGEL, K.; KIRKBY, E. **A Principles of plant nutrition**. 2. ed. Bern: International Potash Institute, 1979. 593 p.
- 29 MONNERAT, P.H., COUTO, F.A.A.; BRAGA, J.A. Influência de número de aplicações e níveis de molibdênio em couve-flor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, n. 4, p. 54, 1986.

- 30 MURAKAMI, H., TSUSHIMA, S., AKIMOTO, T., MURAKAMI, K., GOTO, I.; SHISHIDO, Y. Effects of growing leafy daikon (*Raphanus sativus*) on populations of *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). **Plant Pathology**.n. 49, 2000 p. 584-589.
- 31 NASON, A.; MC ELROY, W.D. Modes of action of the essencial mineral elements. In Inorganic Nutrition of Plants. **Plant Physiology III** (ed. F.C. Steward). p. 451-536. New York: Academic Press. 1963.
- 32 OGATA, T., VAZ, R.L.; FILGUEIRA, F.A.R. Efeito de bórax na produção de couve-flor de verão, Anápolis. **Revista de Olericultura**, Viçosa, n. 17, p. 186-94, 1979.
- 33 OLIVEIRA, G.D. de, HAAG, H.P.; KURAMOTO, M. Deficiências de micronutrientes em couve-flor. In: **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. p. 117-130.
- 34 OLSEN, S.R. Micronutrient Interactions. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M. e LINDSAY, W.L., eds **Micronutrients in Agriculture**. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 243-264.
- 35 PAVAN, M.A. *et al.* **Manual de análise química de solo**. Londrina: IAPAR. 1991.
- 36 SIQUEIRA, O.J.F., SHERER, E.E., TASSINARI, G., ANGHINONI, I., PATELLA, J.F., TEDESCO, M.J., MILAN, P.A.; ERNANI, P.R. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo, EMBRAPA/CNTP, 1995. 100 p.
- 37 SONNENBERG, P.E. **Cultura de repolho e couve-flor**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1974. 32 p. (mimeografado)
- 38 SULOCHANA, C.B. Soil conditions and root diseases. III. With special reference to colonization and survival of soil fusaria in soils treated with micro elements. **Proceedings Indian Academy of Science B 35**, p. 209-213. 1952a.
- 39 SULOCHANA, C.B. Soil conditions and root diseases. IV. The effect of microelements on the occurrence of bacteria, actinomyces and fungi in soils. **Proceedings Indian Academy of Science B 36**, p. 19-33. 1952b.
- 40 TOMLINSON, J.A.; FAITHFULL, E.M. Effects of surfactants on the zoospores of *Olpidium brassicae*. **Annals of Applied Biology** n. 93, p. 13-19. 1979.
- 41 VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., **Boletim Técnico 100 - Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. 285p.
- 42 VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.
- 43 VAN RAIJ, B. CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas, Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996, 285 p.
- 44 VETTORI, L. Método de análise do solo. **Boletim técnico. Equipe de pedologia e Fertilidade do Solo**, Rio de Janeiro, n. 7, p. 1-24, 1969.

- 45 WALLACE, T. **The diagnosis of mineral deficiencies in plant by visual symptoms.** Ed. pelo autor. H.M. Stationery Office, England, 1961.
- 46 WEBSTER, M.A.; DIXON, G.R. Boron, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. **Mycological Research** Great Britain, 95(1). p. 74-79. 1991.
- 47 WITCHER, W.; LANE, C.L. Annosus root rot in slash pine plantations in the sandhill section of South Carolina. **Plant Disease** n. 64, p. 398-399. 1980.
- 48 ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado fitossanidade. Cultivo protegido, pivô central e plantio direto.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 722 p.

3 CAPÍTULO III - FONTES DE NITROGÊNIO E pH NA EXPRESSÃO DA DOENÇA CAUSADA POR *Plasmodiophora brassicae*

RESUMO

FONTES DE NITROGÊNIO E pH NA EXPRESSÃO DA DOENÇA CAUSADA POR *Plasmodiophora brassicae*

A calagem para elevar o pH dos solos é a medida mais aceita pelo produtor, para o controle da hémria das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* face aos baixos custos e facilidades na execução. Este trabalho teve como objetivo avaliar fontes de nitrogênio em diferentes valores de pH do solo, na expressão da doença causada por *P. brassicae*. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, no período de agosto a outubro de 2000, em esquema fatorial 4x2, sendo 3 fontes de adubação nitrogenada (sulfato de amônio, uréia e nitrato de cálcio) + tratamento testemunha sem aplicação N e 2 níveis de pH do solo (5,5 e 7,3), em delineamento de blocos ao acaso, com 4 repetições, e cada repetição constituída por 4 plantas. Utilizou-se um solo CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico. O isolado de *P. brassicae* foi obtido a partir de raízes de couve chinesa com galhas que após serem trituradas em liquidificador e os esporos extraídos por sucessivas centrifugações e filtrações. A solução foi calibrada em hematocítômetro com: $2,5 \times 10^7$ esporos. ml⁻¹, que foi aplicada na forma de rega, no colo da plantas, por ocasião do transplante das mudas de couve chinesa (*Brassica pekinensis* L. ssp *pekinensis*). Aos 45 dias após o transplante, foram avaliados: a produção da parte aérea (massa foliar fresca e seca e altura das plantas), a produção do sistema radicular (massa radicular fresca e seca), a severidade da doença e o teor de N, P, K, Ca, Mg e B no tecido foliar. Os dados foram analisados por análise da variância e também análise fatorial para verificar a correlação/agrupamento entre as variáveis A produção da parte aérea e do sistema radicular foi maior nos tratamentos com nitrato de cálcio e pH 7,3. A severidade da doença foi menor nos tratamento com o nitrato de cálcio em pH 6,5, seguido pelos tratamentos com o uso da uréia em pH maior que 6,5. Os maiores níveis de nitrogênio e fósforo foliar foram verificados quando se utilizou nitrato de cálcio, em pH do solo maior que 7,0. Para o potássio, verificou-se maior teor em pH maior que 7,0 e aplicação de uréia ou sulfato de amônio. Os maiores teores de magnésio e de cálcio foliar foram obtidos com o uso de nitrato de cálcio ou da uréia em pH superior a 6,5. Observou-se correlação negativa entre os teores de N, Ca e Mg e a severidade da doença.

Palavras-chave: controle cultural, galhas, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, uréia.

ABSTRACT

NITROGEN SOURCES AND pH IN THE DISEASE EXPRESION CAUSED BY *Plasmodiophora brassicae*

The liming to elevate the pH of the soils is a measure more accepts by the producer, for the control of the clubroot of the crucifers caused by *Plasmodiophora brassicae* due to the low costs and ways of execution. This work had as objective to evaluate the effect of pH levels of the soil facing different sources of nitrogen, in the control of the clubroot of the crucifers. The experiment was done in green house, in the Section of Agrarian Sciences of the Federal University of Paraná through the period of august to october/2000, in a factorial 4x2, being 3 sources of nitrogen fertilization (ammonium sulfate, urea and calcium nitrate) and a treatment controls without application of N and 2 levels of pH of the soil (5,5 and 7,3), in a complete randomized block design with 4 replications and each replication constituted by 4 plants. The soil was used CAMBISSOLO HÁPLICO Ta typical Distrófico. The isolated of *P. brassicae* was obtained starting from rootses of Chinese cabbage with galls that after being triturated in a blender, took place the extraction of the spores, for successive centrifugations and filtrations, being gauged the solution in haemocytometry, with: $2,5 \times 10^7$ spores. ml⁻¹, that was applied in the form of irrigation, in base of the plants, when the Chinese cabbage plantlets were transplanted (*Brassica pekinensis* L. ssp *pekinensis*). At the 45 days after the transplant, were evaluated: the aerial production (fresh and dry foliar mass and plant height) and radical mass production (fresh and dry radical mass) the severity of the disease and the content of N, P, K, Ca, Mg and B in the leaf tissue of the plants. The data were analyzed by analysis of the variance and also a factorial analysis to verify the correlation/gruping among the variables. The aerial and radical production of the plant was higher in the treatment with calcium nitrate and pH 7,3. The disease severity was lower in the treaments with calcium nitrate and pH 6,5, followed by the treatments with urea in pH greater than 6.5. The higher levels of foliar nitrogen and phosphorous were verified when was utilized calcium nitrate and soil pH greater than 7.0. For potassium, was verified greater levels in pH greater than 7.0 and urea application or ammonium sulfate. The higher levels of foliar magnesium and calcium were obtained with the calcium nitrate or urea in pH greater than 6.5. Was observed a negative correlation between the levels of N, Ca and Mg and the disease severity.

Key-words:: cultural control, galls, ammonium sulfate, calcium nitrate, urea.

3.1 INTRODUÇÃO

As brássicas constituem a família botânica que abrange o maior número de culturas oleráceas, ocupando lugar de destaque na olericultura do centro-sul (Filgueira, 2000). Consagram-se como eficientes supridoras de sais minerais e vitaminas à população humana. Às características alimentares dessas plantas associam-se seus atributos agrônômicos, destacando-se a alta produtividade em peso por área, o que faz com que retirem grandes quantidades de nutrientes do solo, a cada colheita (Torres, 1995).

Das doenças que incidem nestas culturas, a hérnia causada por *Plasmodiophora brassicae* Woron. é uma das mais importantes. No Brasil está presente nas regiões Sul e Sudeste, especialmente em locais com clima úmido e temperaturas mais baixas (Zambolim, et al. 2000). A doença é favorecida quando a temperatura oscila entre 18 e 25 °C, o solo é arenoso, e o pH é ácido. Esta última condição, é preponderante no desencadeamento e desenvolvimento da infecção (Maringoni, 1995) e todas elas são observadas na região metropolitana de Curitiba, que está localizada no primeiro planalto Paranaense (Bigarella, 1961), com clima, segundo a classificação climática de Koeppen (IAPAR, 1994), do tipo Cfb. Clima mesotérmico úmido sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais quente, inferior a 22° C. A precipitação pluvial média anual da região varia de 1400 e 1800 mm com chuvas bem distribuídas ao longo do ano.

Nessas condições, o fungo permanece por longos períodos no solo, na forma de esporos de resistência. No processo de colonização, o patógeno induz o aparecimento e desenvolvimento de galhas no sistema radicular, o que implica no surgimento de sintomas reflexos na parte aérea da planta, passando a exibir murcha nas horas mais quentes do dia e, posteriormente, clorose foliar e subdesenvolvimento, como resultado da interferência do patógeno nos processos de absorção de água e nutrientes e no metabolismo geral da planta hospedeira (Maringoni, 1995).

Após ampla infestação do solo fica difícil a completa erradicação do patógeno. Contudo, algumas medidas podem ser consideradas importantes para reduzir o nível de inóculo e tornar economicamente viável a exploração da cultura nessas áreas. Entre estas medidas a calagem para elevar o pH do solo é considerada a medida mais efetiva, pois segundo Zambolim (2001) a doença é severa até pH 5,7, entre 5,7 a 6,2 a severidade da doença decresce, recomendando-se utilizar a calagem para aumentar o pH para próximo de 7,0. Entretanto, o que se observa junto a produtores e técnicos da região metropolitana de Curitiba, é que nem sempre esta medida tem sido efetiva, e segundo Dobson et al. (1983), alguns fatores de natureza química ou física, ligados ao solo podem interferir no desempenho da calagem como medida de controle.

As espécies oleráceas extraem do solo e exportam, em suas partes comerciáveis, maiores quantidades de nutrientes por hectare, em relação a outras culturas. Isso ocorre em razão de suas exigências peculiares e, principalmente, da sua maior capacidade de produção (Filgueira, 2000), e respondem com alta taxa de conversão em espaço de tempo relativamente curto (Castellane *et al*, 1993). O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade e o mais importante dos macronutrientes, tanto em uso de fertilizantes, como em conteúdo nas culturas e nas colheitas (Van Raij, 1991). No caso das brássicas, para se obter boa produção, é necessário promover o bom desenvolvimento das folhas externas e, para isso, não se pode deixar faltar nitrogênio nos estádios de expansão e desenvolvimento das folhas externas e de expansão das folhas internas.

Desta forma, e sabendo-se que o nitrogênio é facilmente lixiviado do solo, torna-se importante realizar as adubações nitrogenadas de base e em cobertura (Castellane *et al*, 1993). Aliado a este fato, o produtor na busca de maiores rendimentos e de um produto final mais atrativo, aplica grandes quantidades de adubos nitrogenados, fazendo uso incorreto ou excessivo de fertilizantes com radicais ácidos como o sulfato de amônia e a uréia que são fontes de hidrogênio, isto é, deixam no solo resíduos ácidos, provocando o aumento da acidez do solo (Osaki, 1990).

No comércio existem vários fertilizantes nitrogenados e a escolha de um deles dependerá da disponibilidade no mercado local e das condições de solo e de clima. Entre os mais utilizados, estão o sulfato de amônio, a uréia e os nitratos de cálcio ou de potássio (Nakagawa e Bull, 1990).

Ao ser adicionada ao solo, cada fonte de N apresenta comportamento específico, podendo estar nas formas amídica, amoniacal ou nítrica. Quando o processo de nitrificação converte o íon amônio a nitrato, íons hidrogênio são liberados, isto é uma fonte de acidez para o solo. Conseqüentemente, as fontes de nitrogênio que contêm ou formam nitrogênio amoniacal aumentam a acidez do solo (Instituto da Potassa e Fosfato, 1998).

O sulfato de amônio é uma fonte contendo N amoniacal (NH_4^+), com 20 g.kg^{-1} de nitrogênio e $22\text{-}24 \text{ g.kg}^{-1}$ de enxofre. Quando adicionado no solo o íon NH_4^+ é retido temporária e superficialmente pelo complexo coloidal; passa depois para a solução do solo sofrendo então o processo de nitrificação. A nitrificação é um processo em geral rápido em solos bem drenados. Valores de pH mais altos e boa aeração do solo favorecem o processo (Van Raij, 1991). Ao ser adicionado ao solo o sulfato de amônio produz H^+ , promovendo a acidez, conforme a reação: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 2\text{NH}_4 + \text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{NH}_4 + \text{SO}_4 + 4\text{O}_2 = 2\text{NO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+$.

O nitrato de cálcio é um fertilizante que contém N na forma nítrica (NO_3), e apresenta 15 g.kg^{-1} de N e 25 g.kg^{-1} de Ca. Como o íon é carregado negativamente, há pouca tendência para ser adsorvido pelo solo pois a carga das superfícies organo-minerais do solo tem o mesmo sinal. Por isso fica sujeito a perdas por lavagem. O nitrato também é um fator importante associado com a lixiviação de bases como cálcio, magnésio e potássio do solo. À medida que estas bases são removidas e substituídas por hidrogênio, os solos podem se tornar mais ácidos (Instituto da Potassa e Fosfato, 1998).

Enquanto que a uréia com 44% de N na forma amídica, não contém NH_4^+ , na forma em que é comercializada e usada. No solo, entretanto, ela pode ser hidrolisada rapidamente, na presença da enzima urease, para produzir íons de amônio e bicarbonato. Uma vez convertida em amônio, a uréia comporta-se como qualquer dos outros fertilizantes nitrogenados amoniacais (Instituto da Potassa e Fosfato, 1998). Em síntese a reação que aumenta a acidez do solo, se inicia com a conversão rápida da uréia em carbonato de amônio: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. O carbonato de amônio, sendo instável, decompõe-se dando amônia e gás carbônico: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ em seguida ocorre: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}$. Tanto o NH_3 quanto o NH_4^+ podem ser adsorvidos na fração coloidal do solo e, em seguida, sofrer nitrificação: $\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4 + \text{OH}^-$ que segue: $\text{NH}_4 + \text{OH} \rightarrow \text{NH}_4 + \text{OH} + 2\text{H}_2 = \text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$. Devido a produção final de 2H^+ a adição de uréia leva ao abaixamento do pH do solo (Malavolta, 1981).

A forma de nitrogênio (amônio ou nitrato) que está disponível ao hospedeiro ou patógeno afeta a severidade ou resistência às doenças mais que a quantidade do elemento. A redução de doenças pelo nitrogênio geralmente resulta da influência de formas específicas deste nutriente, associadas ao pH, modificando rotas metabólicas e alterando o crescimento e constituintes da planta ou exudados. As formas de nitrogênio também apresentam efeitos diretos sobre a germinação, sobrevivência, reprodução, crescimento e virulência do patógeno, interferindo assim na interação planta x patógeno x ambiente. Cada fonte de nitrogênio tem efeito específico sobre as doenças, isto é, aumenta ou diminui sua severidade, dependendo do patossistema em questão (Zambolim, 2001).

O uso de fertilizantes nitrogenados, pode promover a redução do pH do solo. A intensidade de acidificação depende do fertilizante utilizado (Van Raij *et al.*, 1996). Como a hémia das crucíferas é favorecida pelo pH baixo (Maringoni, 1995), a utilização de determinadas fontes de N poderiam interferir na eficiência da calagem, utilizada para elevar o pH do solo, como medida de controle desta doença.

Este trabalho teve como objetivos, avaliar o efeito de fontes de N e pH do solo na produção da parte aérea (massa foliar fresca e seca e altura das plantas), na produção do

sistema radicular (massa radicular fresca e seca), no teor de nutrientes no tecido foliar e na severidade da doença apresentada por plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*.

3.2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, no período de agosto a outubro de 2000.

3.2.1 Hospedeiro

Por apresentar boas características indicadoras dos sintomas da hérnia das crucíferas, foi utilizada a couve-chinesa (*Brassica pekinensis* L. ssp. *pekinensis*). As mudas foram produzidas bandejas (de isopor com 300 células), contendo substrato esterilizado e, após 10 dias, transplantadas (uma planta.vaso⁻¹) nos respectivos tratamentos. Durante este período, manteve-se a umidade à capacidade de campo.

3.2.2 Substrato

Foi utilizado material do horizonte A de um solo virgem, sob vegetação de mata, coletado na Fazenda Experimental da UFPR, situada no município de Quatro Barras, PR, classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, coletado na Fazenda Experimental da UFPR, situada no Município de Quatro Barras, PR. Após ser peneirado, vinte sub-amostras foram tomadas deste solo, formando uma amostra composta. Esta amostra foi encaminhada para o Laboratório de Fertilidade e de Análises Físicas de Solos do Departamento de Solos da UFPR, para as seguintes determinações: pH em CaCl₂ 0,01M, teor de Ca, Mg, H + Al, K trocável, P solúvel e C, segundo Pavan *et al.* (1991), e análise granulométrica conforme metodologia de Vettori (1969). Os resultados destas determinações encontram-se nas Tabela 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1 - Característica química inicial do solo utilizado na avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

pH CaCl ₂	Al ⁺³	H+Al	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	T	P mg.dm ⁻³	C g.dm ⁻³	pH SMP	V %
	cmol _c .dm ⁻³									
4,4	3,5	12,1	2,8	1,70	0,28	15,18	1,0	8,8	4,8	20

TABELA 2 - Análise granulométrica do solo utilizado na avaliação de fontes de N e níveis de pH na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	Argila (%)
25	19	44	26	30

Para determinação da quantidade de calcário necessária, para atingir os valores de pH desejados, realizou-se a incubação do solo. Com as seguintes doses de calcário: 0; 1,5; 3,0; 6,0 e 9,0 g.vaso⁻¹ contendo 1,5 kg de solo, correspondendo a 0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 t.ha⁻¹, respectivamente. Como corretivo foi utilizado calcário calcítico analisado previamente quanto suas características químicas (Tabela 3), como Poder de Neutralização (PN), Eficiência Relativa (E.R.) e Poder Relativo de Neutralização (PRNT). Após a aplicação do calcário, o pH do solo foi monitorado, até a estabilização dos valores, o que ocorreu aos 35. Os resultados estão apresentados na Figura 1.

TABELA 3 - Valor do poder de neutralização (P.N.), da eficiência relativa (E.R.) e o poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário utilizado para avaliação

Calcário Calcítico	
PN (%Eq. CaCO ₃)	104,5
E.R. %	100,0
PRNT %	104,5

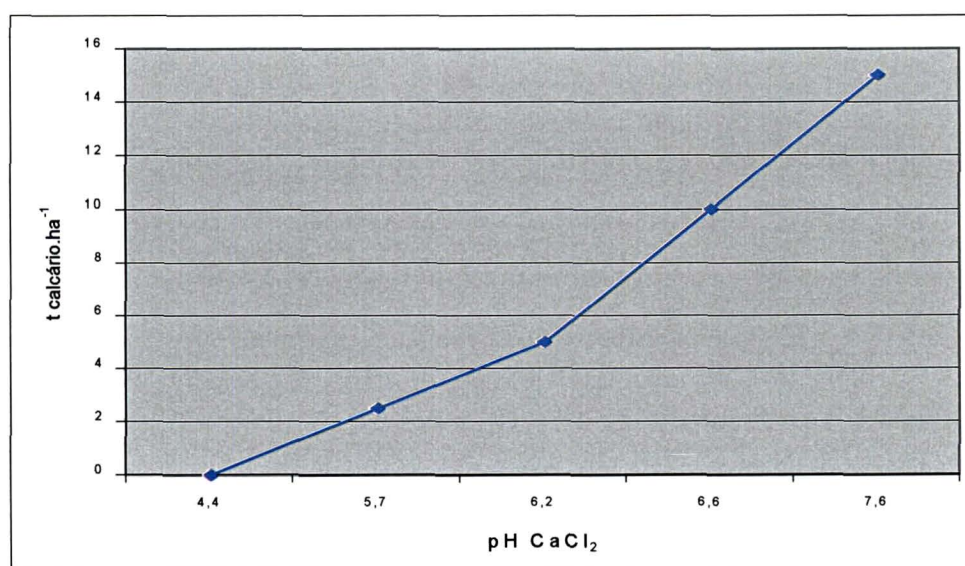


FIGURA 1- Valores de pH (CaCl₂) apresentados pelo solo incubado com doses de calcário durante 35 dias.

Os valores de pH utilizados no experimento foram 5,5 e 7,3. Para atingir estes valores, a necessidade de calagem foi baseada na curva de calibração (Figura 1), correspondendo a 2,4 e 9,5 t de calcário.ha⁻¹, o equivalente a 2,8 e 5,7 g de calcário.1,5 kg⁻¹ de solo, respectivamente. O calcário foi incorporado ao solo, agitando-se rigorosamente a mistura (calcário + solo) em sacos de polietileno e em seguida esta mistura foi colocada em vasos de alumínio com capacidade para 1,5 kg de solo, e mantidos com umidade à capacidade de campo. O pH foi monitorado até a estabilização dos valores, que ocorreu após 30 dias. Ao final deste período foram coletadas amostras de solo dos tratamentos. Parte das amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR, para as seguintes determinações: pH em CaCl₂ 0,01M, teor de Ca, Mg, H + Al, K trocável, P solúvel e C, segundo Pavan *et al.* (1991), e análise granulométrica conforme metodologia de Vettori (1969). Outra parte das amostras foi encaminhada para o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), para determinação do teor de B conforme Berger e Truog (1940). Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 - Característica química do solo utilizado na avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por *P. brassicae**.

Trat ^o T calcário.ha ⁻¹	pH CaCl ₂	Al ³⁺	H+A I	Cmol _c .dm ⁻³				P mg.dm ⁻³	B mg.kg ⁻¹	C g.dm ⁻³	pH SMP	V %
				Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	T					
2,4	5,5	0,0	2,70	14,20	9,60	0,20	17,1	1,2	0,7	9,4	6,8	84
9,5	7,3	0,0	1,00	14,70	10,2	0,15	17,8	0,7	0,4	11,4	8,1	87

*Média de 2 repetições de amostras coletadas aos 30 dias após a calagem.

As adubações recomendadas foram determinadas de acordo com as Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina de Siqueira *et al.* (1995) e com auxílio de Van Raij *et al.* (1996). Foi considerada uma população (stand) de 42.000 plantas.ha⁻¹.

A adubação de base com fósforo, potássio e boro encontra-se na Tabela 5. Para equilibrar a quantidade de enxofre fornecida pelo superfosfato simples, utilizou-se o gesso (CaSO₄.2H₂O).

TABELA 5 - Adubação de base utilizada na avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

Elemento	Recomendação	Fonte	Vaso (1,5 kg solo)
Fósforo	250 kg de P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	Superfosfato simples	375 mg P ₂ O ₅
Potássio	150 kg de K ₂ O.ha ⁻¹	Cloreto de potássio	225 mg K ₂ O
Boro	2 kg de B kg.ha ⁻¹	Bórax	5,3 mg B

A adubação nitrogenada realizada na base e em cobertura. Foram aplicadas na base, 45 mg de N.1,5 kg⁻¹ de solo, agitando-se a mistura (solo + adubos) em sacos de polietileno. Em cobertura foram utilizados 45 kg de N.ha⁻¹ aos 15 e aos 30 dias após o transplante. Totalizando 190 kg de N.ha⁻¹ aplicados nos respectivos tratamentos (Tabela 6).

TABELA 6 - Adubação nitrogenada utilizada na avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

Fertilizante	Características			Recomendação	Dose do Fertilizante (mg. 1,5 kg ⁻¹ de solo)
	N %	Fórmula	Acidez (-) ou alcalinidade (+) equivalente*		
Uréia	44	CO(NH ₂) ₂	-1,80	plantio: 100 kg de N.ha ⁻¹ ou 150 mg de N.1,5 kg ⁻¹	plantio: 341 cobertura: 307
Sulfato de amônio	20	(NH ₄) ₂ SO ₄	-5,35	cobertura: 90 kg de N.ha ⁻¹ ou 135 mg de N.1,5 kg ⁻¹ aplicados em vezes	plantio: 750 cobertura: 675
Nitrato de cálcio	15	CaNO ₃	+1,35		plantio: 1000 cobertura: 900

* kg de CaCO₃ puro.kg⁻¹ de N

FONTE: Van Raij *et al.* (1996); Malavolta (1981)

No final do experimento, foram coletadas amostras de solo dos tratamentos e encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR, para a determinação dos valores de pH em CaCl₂ 0,01M, segundo Pavan *et al.* (1991). Os resultados estão apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 – Valores do pH do solo ao final da avaliação de fontes de N e pH na expressão da doença causada por *P. brassicae*.

Tratamentos		pH (CaCl ₂) inicial do solo	pH (CaCl ₂) final do solo
Fontes de N			
Sem aplicação de N		5,5	5,4
		7,3	7,2
Uréia		5,5	5,2
		7,3	6,9
Sulfato de amônio		5,5	5,0
		7,3	6,5
Nitrato de cálcio		5,5	5,5
		7,3	7,2

3.2.3 Inóculo e inoculação

O isolado de *P. brassicae* Woron., foi obtido à partir de raízes de couve chinesa, com 50 dias, naturalmente infectada, em plantio comercial da cultura, localizado no município de Colombo, PR. A coleta foi realizada após inspeção visual, selecionando-se aquelas plantas que apresentavam sintoma reflexo de murcha da parte aérea. Entre estas plantas, escolheu-se as que apresentavam galhas bem desenvolvidas, descartando-se aquelas em início de decomposição. Coletou-se 1 kg de raízes, que foram transportadas em saco de polietileno à temperatura ambiente. No mesmo dia em que foram coletadas, as raízes foram lavadas em água corrente e em água esterilizada, acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas à temperatura de -20 °C, durante 45 dias. Segundo Dylewski, (1990) os esporos de repouso podem permanecer viáveis no tecido de raízes infectadas e armazenadas em “freezer”, durante anos.

A extração dos esporos de repouso foi baseada na metodologia de Naiki e Dixon, (1987). A suspensão de esporos de repouso de *P. brassicae* foi obtida pela homogeneização de 80 g de raízes com galhas + 60 ml de água esterilizada e destilada em liquidificador. A mistura foi filtrada através de quatro camadas finas de “musseline”. Após a filtragem, a mistura foi centrifugada por 10 minutos à 2000 rpm. O “pellet” foi ressuspenso em 50 ml de água esterilizada e destilada e os processos foram repetidos duas vezes consecutivas. Diluindo-se o “pellet” final em 5ml de água esterilizada.

A partir da solução assim obtida, foram realizadas diluições com água esterilizada, de forma que, para cada vaso contendo 1,5 kg de solo, utilizou-se volume final de 25 ml,

com a respectiva concentração. A determinação da concentração de esporos foi feita em hematocítmetro. Calibrando-se as soluções com $2,5 \times 10^7 \text{ ml}^{-1}$.

A aplicação foi realizada despejando-se a solução na superfície do solo, ao redor e aproximadamente à 0,5 cm do colo das plantas, logo após o transplante das mudas. No momento da aplicação, o solo encontrava-se com umidade à capacidade de campo. Com o objetivo de distribuir o inóculo no solo, após a aplicação em todos os tratamentos, foi realizada rega com 75 ml de água aplicada em cada vaso.

3.2.4 Avaliação

3.2.4.1 Parte aérea

Aos 45 dias após o transplante e a inoculação das mudas, realizou-se a colheita das plantas, lavando-se cuidadosamente o sistema radicular. Em seguida, as plantas foram cortadas, destacando-se a parte aérea da parte radicular em nível do colo das plantas. A parte aérea das plantas recém colhidas foi pesada individualmente, determinado-se a massa fresca. A altura das plantas foi determinada, medindo-se o comprimento entre o colo e o ápice da folha de maior comprimento.

Após estas avaliações, a parte aérea das plantas foi acondicionada individualmente, em sacos de papel, identificada e levada à estufa de circulação forçada a 75° C , por 72 horas, sendo então pesadas em balança digital, para determinação da massa seca.

3.2.4.2 Sistema radicular

Ao serem coletadas as raízes foram lavadas e pesadas individualmente. Em seguida foram acondicionadas individualmente em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada a 75° C , até peso constante, realizando-se a pesagem em balança digital.

A severidade da doença, expressa em porcentagem, foi avaliada através da estimativa da área radicular doente em relação à área radicular sadia total da planta conforme Dixon e Robinson (1986) e realizada no mesmo dia por um único avaliador.

3.2.4.3 Teor de macronutrientes e B no tecido foliar

Segundo Van Raij (1991), para a determinação dos nutrientes em material vegetal, devem ser amostradas aquelas partes da planta que apresentam a maior estabilidade possível em relação a fatores que afetam a composição mineral e ao mesmo tempo em que

devem ser sensíveis em refletir variações de composição decorrentes de diferenças de suprimento de nutrientes. De uma maneira geral isto significa folhas recém maduras. No caso das crucíferas (repolho, couve-flor e brócolis), neste trabalho, conforme recomendação do autor ora citado, utilizou-se a nervura central das folhas externas coletadas no início da formação das cabeças. A coleta foi realizada por ocasião da avaliação do experimento aos 45 dias, após o transplante. Cada amostra foi constituída por 8 folhas obtidas de 4 plantas de cada unidade experimental.

O material coletado foi lavado em água deionizada e as nervuras centrais das folhas foram destacadas e secadas em estufa à 70° C, posteriormente este material foi moído em moedor Brown e seco a 60° C. Em seguida foram realizadas as análises segundo Hildebrand (1977), com digestão via seca para: P, K, Ca e Mg com incineração a 500 °C, solubilização em HCl 3N, filtragem; B com incineração a 500 °C, solubilização em HCl 1N, filtragem. Onde o P foi determinado por colorimetria (PL Zeiss) com molibdato-vanadato de amônio e ácido nítrico a 20%. O K por espectrofotometria de absorção atômica no aparelho: A.A.S -2380; Ca e Mg por absorção atômica. B por colorimetria com azometina – H; e digestão sulfúrica (método Kjeldahl, conforme descrito por Hildebrand (1977) para o N, sendo determinado por titulação com NaOH 0,02N.

3.2.5 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4x2, sendo 3 fontes de adubação nitrogenada (Sulfato de amônio, Uréia e Nitrato de cálcio) + tratamento testemunha sem aplicação de N, e 2 níveis de pH do solo (5,5 e 7,3), em delineamento de blocos ao acaso, com 4 repetições, e cada repetição constituída por 4 plantas, totalizando 8 tratamentos e 128 vasos.

Para as análises estatísticas foram consideradas a médias das quatro repetições por tratamento. A técnica de Análise de Variância foi realizada para verificar se havia a diferença significativa entre os níveis de pH e os níveis de concentração de inóculo em relação as variáveis observadas, bem como a interação entre os níveis dos dois fatores. Além da ANOVA também foi feito uma Análise Fatorial para verificar a correlação/agrupamento entre as variáveis em estudo. Para as análises, utilizou-se o programa R, cujo manual é descrito por Ihaka e Gentleman (1996) e as referências básicas estão no "CRAN" (Comprehensive R archive network). Outro software utilizado como apoio foi o STATGRAPHCS PLUS para Windows versão 5.0.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Parte aérea

Os resultados da ANOVA (Anexo 4) obtidos para as variáveis massa foliar fresca, massa foliar seca foram semelhantes entre si, tanto para estas variáveis, quanto para altura de plantas houve diferença altamente significativa ($< 1\%$ de probabilidade) para as fontes de nitrogênio e os níveis de pH do solo, bem como a interação destes fatores sobre a produção de massa foliar fresca e seca.

O maior valor na produção de massa foliar fresca (129 g) foi apresentado pelos tratamentos com nitrato de cálcio e pH 7,3, seguido pela uréia e pelo sulfato de amônio para o mesmo valor de pH do solo (Figuras 2A e 2B). Comportamento oposto foi observado quando se utilizou o pH 5,5 para as mesmas fontes (Figuras 2A e 2C). Quanto à produção de massa foliar seca (Figuras 2C e 2D), houve acréscimo (10,36 g) na massa com o uso do nitrato de cálcio em pH 7,3 que se destacou das demais fontes por apresentar inclinação da reta de massa foliar seca mais ascendente que os demais tratamentos que apresentaram produções semelhantes entre si (Figura 3D).

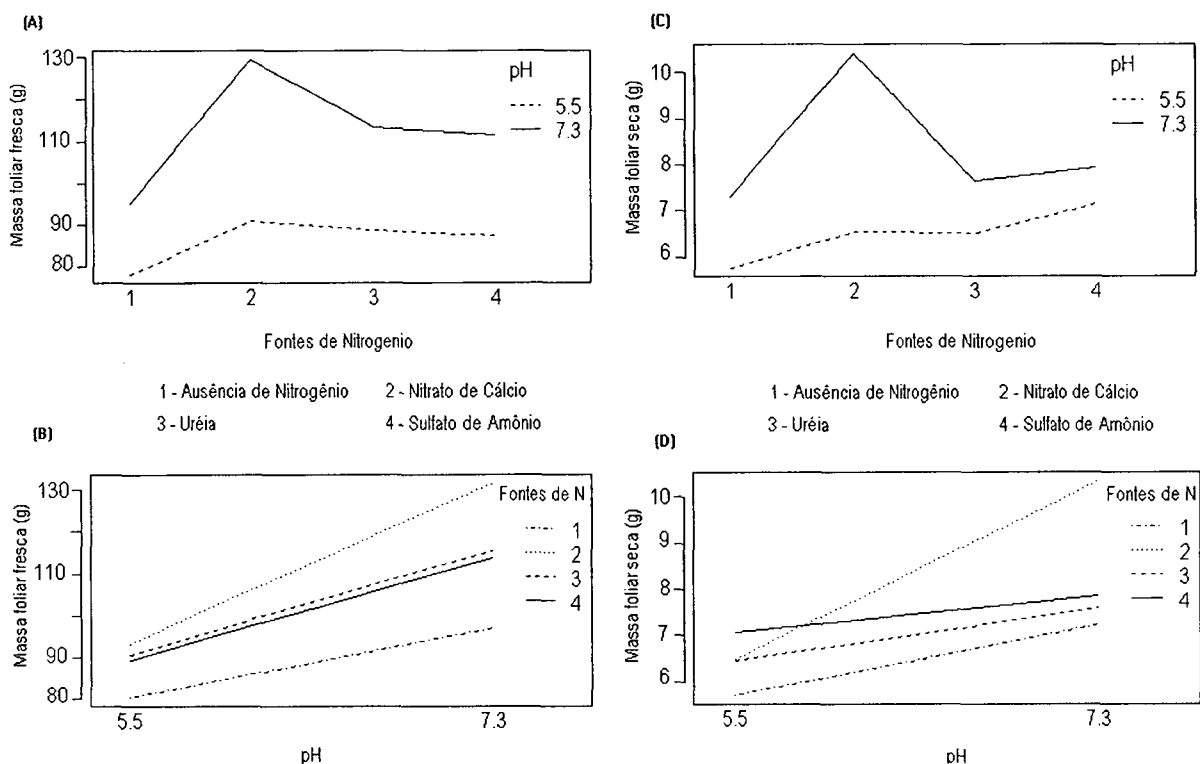


FIGURA 2 - Interação fontes de N x pH do solo na produção de massa foliar fresca (A e B) e de massa foliar seca (C e D) de plantas de couve chinesa infectadas por *Plasmodiophora brassicae*.

3.3.2 Sistema radicular

Para massa radicular fresca e seca houve efeito significativo dos fatores nitrogênio e pH, e interação N x pH que semelhantemente às variáveis da parte aérea teve significância menor que 1% de probabilidade (Anexo 4 e 5).

O incremento na massa radicular fresca foi favorecido pela interação pH 7,3 e nitrato de cálcio com valores de 13 e 12 g, respectivamente. Baixos valores de Massa Radicular Fresca foram observados para os tratamentos sem aplicação de N em pH igual a 5,3 (Figuras 3A e 3B). Comportamento semelhante foi verificado para a produção de massa radicular seca, observando 5 g de massa radicular seca para tratamentos com aplicação de nitrato de cálcio em pH 7,3 (Figuras 3C e 3D).

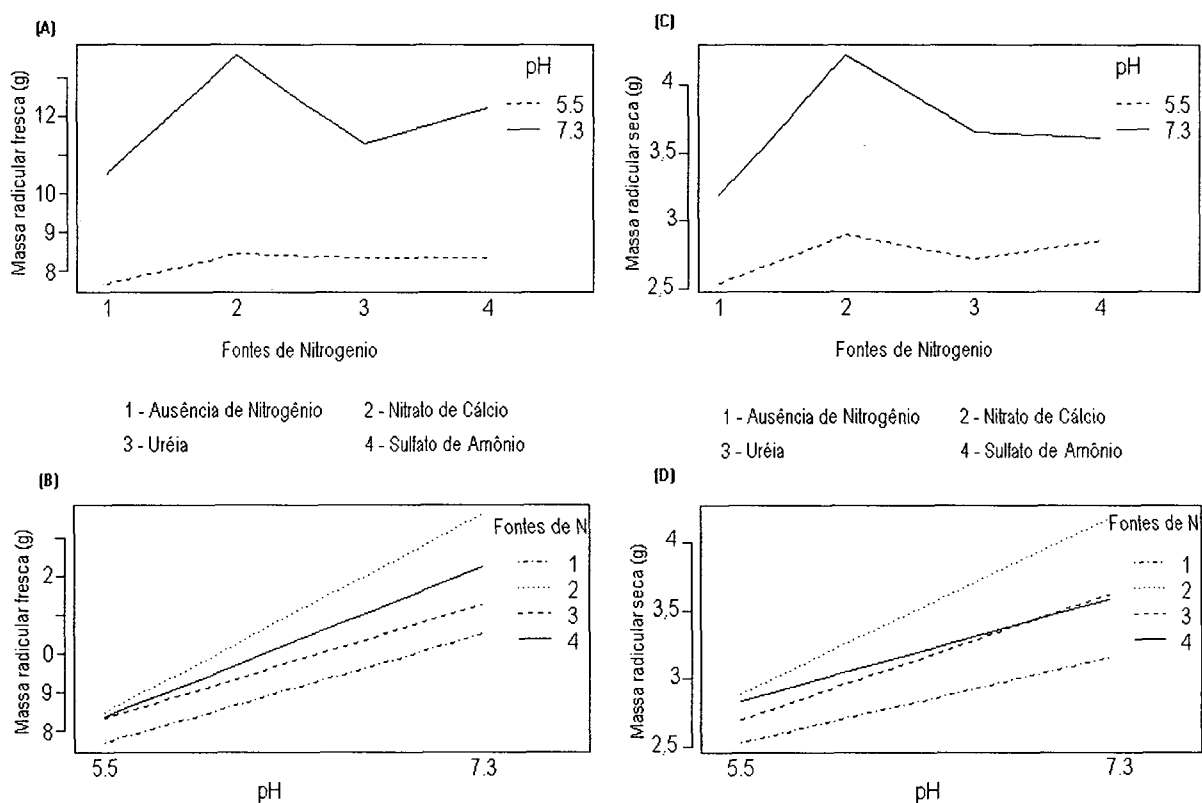


FIGURA 3 - Interação fontes de N x pH do solo na produção de massa radicular fresca (A e B) e massa radicular seca (C e D) de plantas de couve chinesa infectadas por *Plasmodiophora brassicae*.

Os resultados da análise de variância para a severidade da doença (Anexo 4) avaliada em percentagem, apresentaram efeito significativo com probabilidade menor que 1% para os fatores fontes de nitrogênio e pH do solo, e para a interação entre estes fatores,

isto significa que existe influência das fontes na severidade da hérnia das crucíferas em couve chinesa infectada pela *P. brassicae*.

Os resultados da interação entre as fontes de N e o pH do solo sobre a severidade da doença estão apresentados na Figura 4. A avaliação da severidade da doença mostrou que os maiores índices (>70%) foram verificados em pH mais ácido 5,5 sem aplicação de N. O ataque do patógeno foi reduzido quando se utilizou nitrato de cálcio em pH de 7.3 (Figuras 4A e 4B).

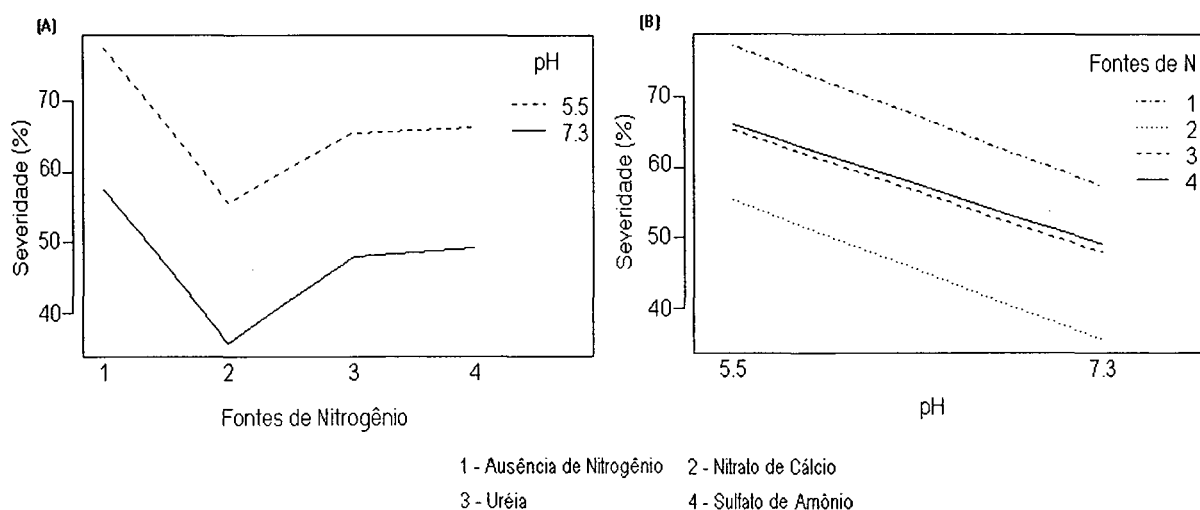


FIGURA 4 - Interação entre fontes de N e pH do solo na severidade da doença (A e B), em plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*.

Baixo índice de severidade, em torno de 45% foi verificado para pH maior que 6,5 utilizando-se nitrato de cálcio e uréia como fontes de N do solo. A ausência de N no solo em pH mais ácido (5,5) favoreceu a severidade da doença, verificando-se níveis de severidade superiores a 75%. Nos tratamentos com a aplicação de sulfato de amônio a severidade também foi elevada, possivelmente devido ao maior efeito acidificante do solo apresentado por esta fonte de N. Nestes tratamentos observou-se que ao final do experimento os valores de pH que inicialmente eram de 5,5 e de 7,3 passaram para 5,0 e 6,5 respectivamente (Tabela 7). Conforme Zambolim (2001) a doença é severa até pH 5,7; entre 5,7 a 6,2 a severidade da doença decresce, mas somente acima de 7,2 o patógeno é completamente inibido. Dobson, *et al.* (1983), que avaliou o efeito de diferentes fontes de N (nitrato de cálcio, sulfato de amônio, uréia e nitrato de potássio mais nitrato de cálcio), com e sem a

aplicação de calcário, no controle da hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* também verificaram que a incidência foi significativamente maior nos tratamentos com e sem calcário, em que se utilizou o sulfato de amônio, e das fontes de fertilizantes testadas, somente o nitrato de cálcio reduziu de forma significativa a severidade da doença, por ser capaz de aumentar o pH do solo de maneira geral e o pH da rizosfera.

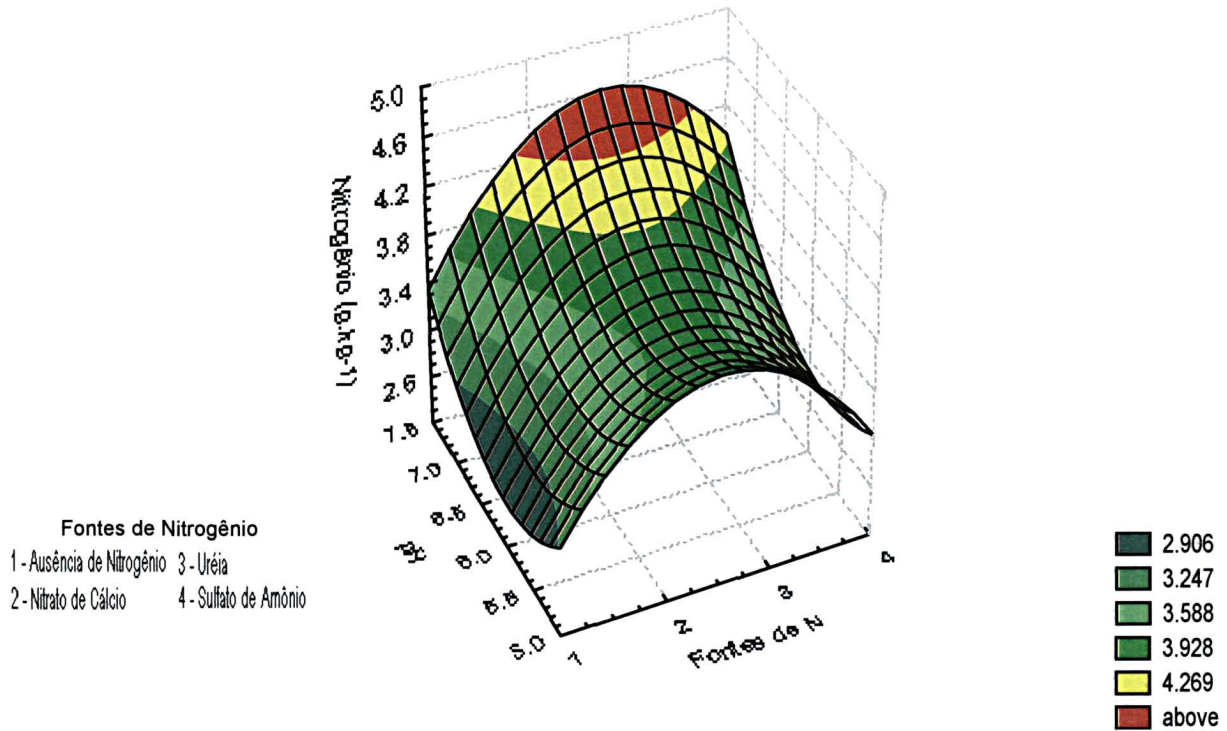
3.3.3 Teor de macronutrientes e boro no tecido foliar

Houve efeito significativo ao nível de probabilidade menor que 1% entre os fatores fontes de N e pH do solo e sua interação na análise de variância dos dados de nutrientes no tecido foliar, com exceção para fósforo, em que a interação não foi significativa. O Anexo 4 e 5 apresentam o valor da estatística F e do coeficiente de variação (C.V.) para as variáveis em discussão.

O comportamento da superfície polinomial ajustada aos dados de K, P, Mg e N no tecido foliar apresentaram tendência quadrática (Figura 5 e 7). Os maiores níveis de nitrogênio ($> 4,3 \text{ g.kg}^{-1}$) obtidos nas folhas foram verificados quando se utilizou nitrato de cálcio, seguido pelo tratamento com uso da uréia, estando restritos ao pH a partir de 7,0. E os menores níveis observados deste elemento nas folhas não dependeram do nível de pH do solo quando não se utilizou nenhuma fonte de nitrogênio no solo (Figura 5A). Conforme era esperado, a adição de fertilizante na forma nítrica facilmente absorvível, manteve o pH maior que 7,0 até o final do experimento (Tabela 7), fato que reduziu a severidade da doença e também aumentou os teores de N nos tecidos em relação aos demais tratamentos. A melhor nutrição foi responsável também pelo maior crescimento das plantas neste tratamento (Figuras 2A e 2B) que, conforme os dados apresentados teve ponto máximo de produção de massa foliar fresca e seca para nitrato de cálcio e pH maior que 7,0.

(A)

$$z=13.959+1.767*x-4.305*y-0.415*x*x+0.069*x*y+0.352*y*y$$



(B)

$$z=169.712-34.317*x-13.035*y+5.711*x*x+0.622*x*y+0.088*y*y$$

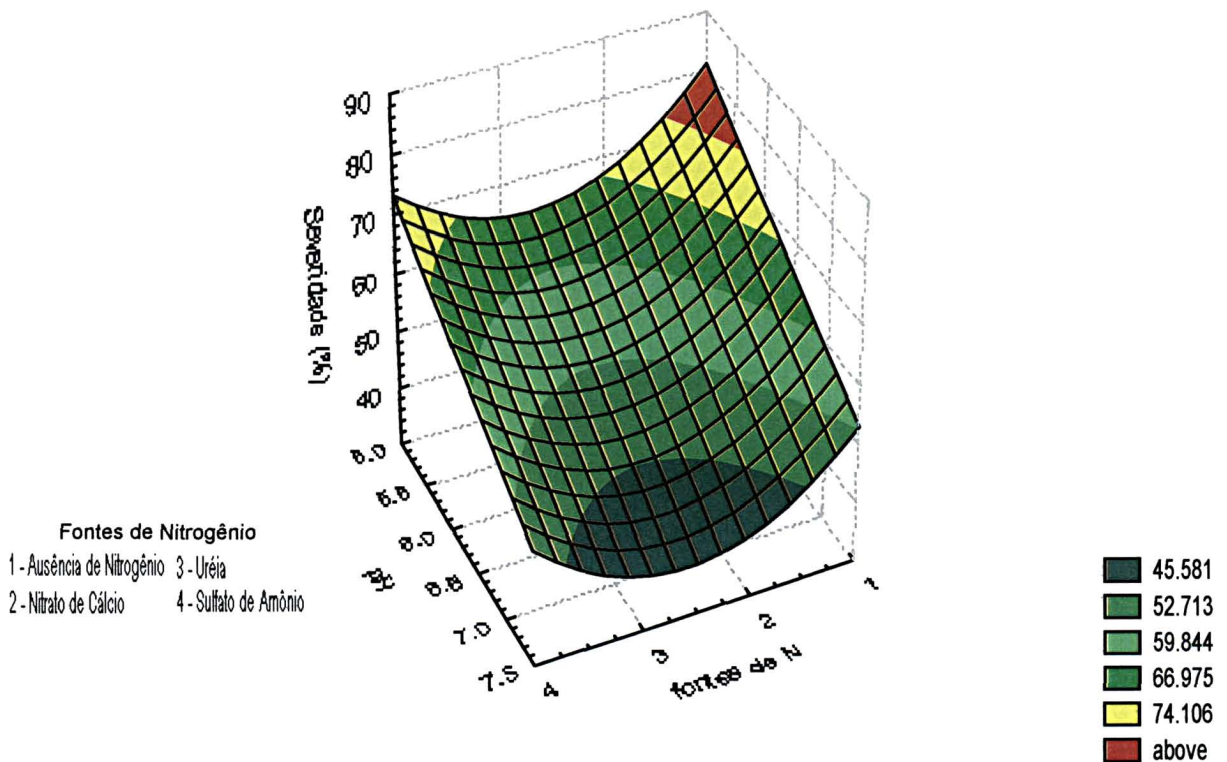


FIGURA 5 - Superfícies polinomiais ajustadas para o teor de nitrogênio foliar em g.kg^{-1} (A) e severidade da doença (B), em relação às fontes de N e os níveis de pH do solo, de plantas de couve chinesa infectadas por *Plasmodiophora brassicae*.

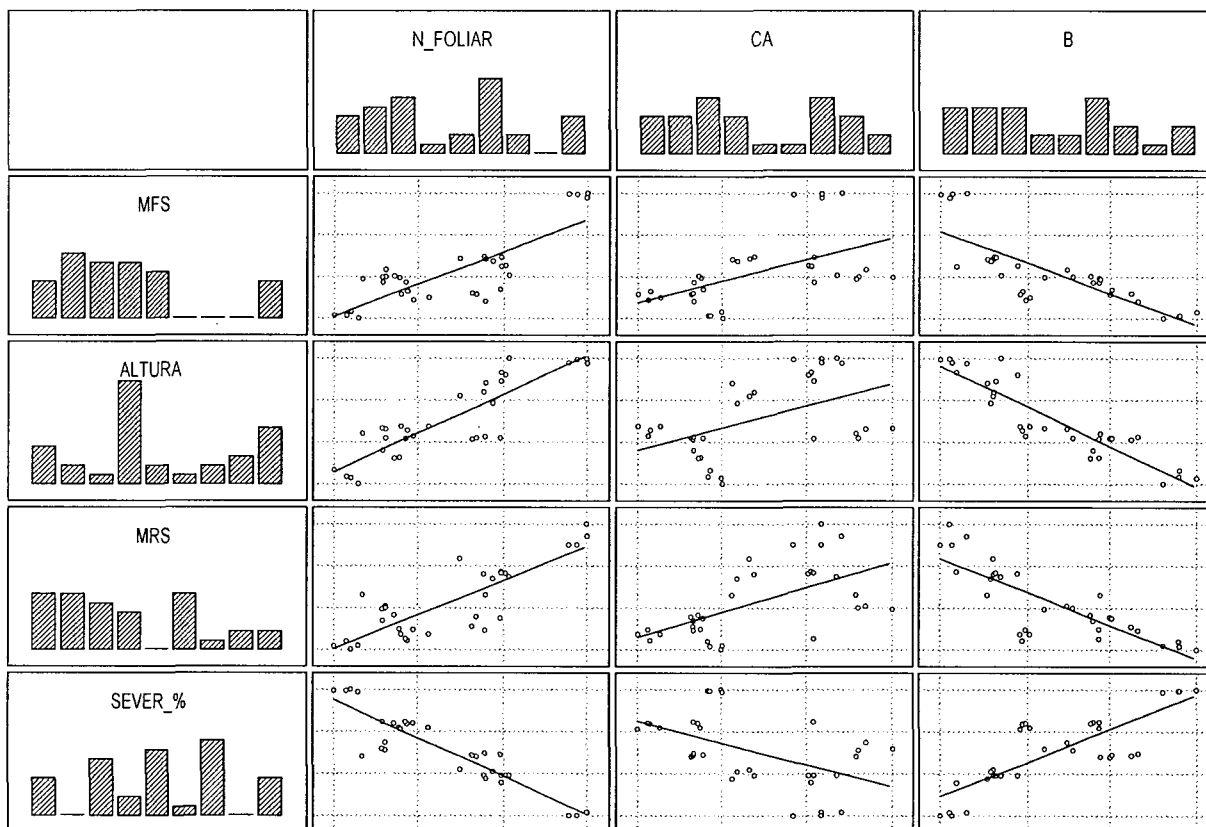


FIGURA 6 - Matriz de correlação do nitrogênio foliar (N), alturas de plantas, massa seca foliar (MFS) e massa radicular seca (MRS) de plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae* e submetidas à fontes de N e dois níveis de pH do solo.

Observou-se o maior coeficiente de correlação (0,87) para os dados de N foliar com a altura da planta, ou seja, à medida que as plantas eram maiores, maior foi o teor de N observado, para a massa foliar e radicular seca obteve-se correlação de 0,81 e 0,83, respectivamente (Figura 6), estes coeficientes podem ser observados não Anexo 4 e 5. O nutriente tem importantes funções no metabolismo, como parte de proteínas e enzimas, estando diretamente envolvido nos processos de fotossíntese, e no crescimento das plantas (Castellane *et al.*, 1993). As elevadas quantidades de nitrogênio contidas nas brássicas não deixam dúvidas sobre as necessidades altas do nutriente para estas plantas e a calagem tem um efeito pronunciado no aproveitamento de nitrogênio e, assim, influi nas respostas ao nutriente aplicado em adubações (Castellane *et al.*, 1993), visto que foi no maior valor de pH do solo, que houve maior resposta à adubação nitrogenada, em termos de crescimento da planta. Destacam-se ainda, os baixos índices de severidade, em torno de 45% que foi verificado para pH maior que 6,5 com aplicação de nitrato de cálcio e uréia como fonte de N

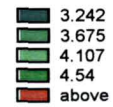
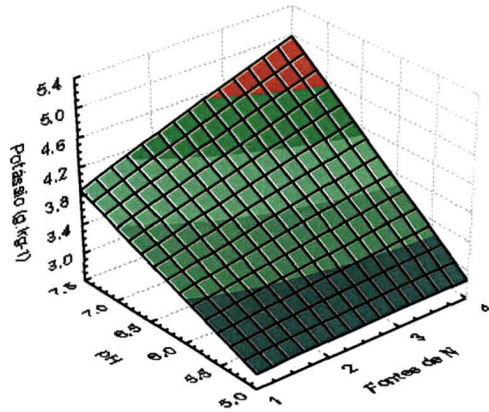
do solo, e a ausência de N no solo em pH mais ácido (5,5) favoreceu a severidade de hérnia verificando níveis de severidade superiores a 75% (Figura 5B).

Para o potássio, a interação que proporcionou o maior teor ($4,54 \text{ g.kg}^{-1}$) deste elemento no tecido foliar foi verificada com $\text{pH} > 7$ e aplicação de uréia e sulfato de amônio, conforme Figura 7A. Os menores teores de K observados nos tratamentos com aplicação de nitrato de cálcio podem estar relacionados à maior disponibilidade de Ca no solo, uma vez que este fertilizante apresenta em sua composição cerca de 25 g.kg^{-1} de Ca (Instituto da Potassa e Fosfato, 1998). O efeito provocado por altas concentrações de Ca, no meio, na absorção de K pelas raízes é um exemplo clássico de inibição competitiva, que ocorre quando dois elementos combinam-se, com o mesmo carregador (Malavolta *et al.*, 1989).

Os maiores teores de fósforo nas folhas ($0,45 \text{ g.kg}^{-1}$) foram obtidos para o nitrato de cálcio e para a uréia em pH maior que 7 (Figura 7B). Esperava-se, entretanto, que nestes valores de pH, os maiores teores do elemento fossem apresentados com a aplicação do sulfato de amônio seguido pela uréia, pois segundo Malavolta (1981), a acidez residual do sulfato de amônio (Tabela 7) que, prejudicial quando em excesso, pode entretanto ter efeito favorável tornando o fósforo do solo ou dos adubos mais assimilável, sendo que as formas mais solúveis e disponíveis de fósforo, de acordo com o Instituto da Potassa e Fosfato (1998) estão numa amplitude de pH de 5,5 a 7,0, podendo-se concluir que nas condições do presente trabalho este efeito favorável do sulfato de amônio sobre a disponibilidade de fósforo não foi verificado.

Enquanto que para o magnésio e para o cálcio observou-se um acréscimo destes elementos à medida que foi utilizado o nitrato de cálcio e uréia em $\text{pH} > 6,5$. Com relação aos tratamentos sem aplicação de N e aqueles com sulfato de amônio mesmo com $\text{pH} > 7,0$, os teores de Mg e Ca foliar, foram os menores e não ultrapassaram os valores de $0,49$ e $2,5 \text{ g.kg}^{-1}$ respectivamente, na superfície polinomial ajustada (Figura 7C). O Ca e o Mg estão constantemente associados, já que podem ser aplicados ao solo através da calagem visando neutralizar o pH (Zambolim, 2001). Além disso, o nitrato de cálcio é um fertilizante que contém cerca de 25 g.kg^{-1} de Ca e , uma vez solubilizado, fornece cálcio para a solução do solo, absorvido pelas raízes por processo ativo na forma iônica Ca^{++} (Malavolta, 1980). Explicando assim os maiores teores destes elementos, observados nos tratamentos com aplicação de nitrato de cálcio e $\text{pH} > 6,5$. Por outro lado, observou-se neste trabalho que os menores teores de Ca no tecido foliar foram apresentados nos tratamentos com sulfato de amônio.

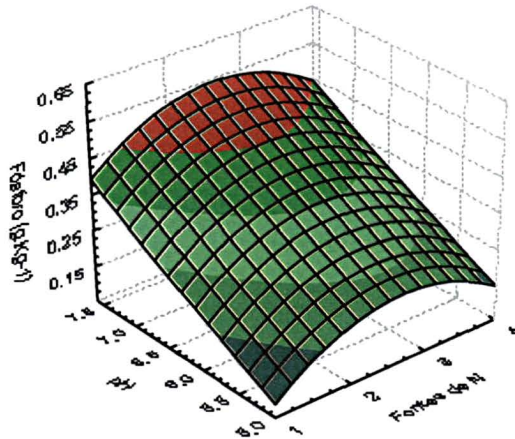
$$z=1.23-0.636*x+0.316*y-0.008*x*x+0.139*x*y-0.002*y*y$$



Fontes de Nitrogênio

- 1 - Ausência de Nitrogênio 3 - Uréia
- 2 - Nitrato de Cálcio 4 - Sulfato de Amônio

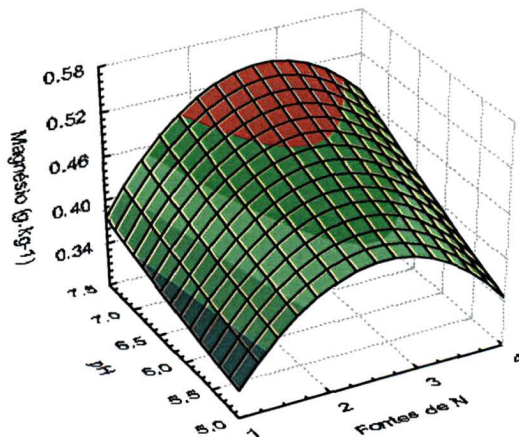
$$z=-0.584+0.293*x+0.068*y-0.054*x*x-0.001*x*y+0.004*y*y$$



Fontes de Nitrogênio

- 1 - Ausência de Nitrogênio 3 - Uréia
- 2 - Nitrato de Cálcio 4 - Sulfato de Amônio

$$z=0.141+0.21*x-0.019*y-0.049*x*x+0.009*x*y+0.003*y*y$$



Fontes de Nitrogênio

- 1 - Ausência de Nitrogênio 3 - Uréia
- 2 - Nitrato de Cálcio 4 - Sulfato de Amônio

FIGURA 7 - Superfície polinomial ajustada para os dados de potássio (A), fósforo (B) e magnésio (C) foliar em g.kg⁻¹ de plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae* em relação às fontes de nitrogênio e pH do solo utilizado.

Segundo Russell (1976), quando o sulfato de amônio é adicionado ao solo causa perda do Ca^{+2} trocável presente e que para cada 100 kg do adubo em geral 45 kg de Ca são removidos na água de drenagem. Isto se dá porque o SO_4^{-2} não absorvido pela planta é lavado como sulfato de cálcio; além disso parte do nitrato que se forma por nitrificação é também lavado como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Esse tipo de perda e nessa proporção tem sido encontrado tanto em regiões temperadas quanto tropicais desde que os solos não sejam demasiadamente ácidos (Castellane *et al.*, 1993). Verificou-se, também, no presente trabalho, que o aumento do teor de Ca no tecido foliar, foi acompanhado por queda no teor de Mg. Tal efeito pode ter sido provocado por altas concentrações de Ca, no meio, interferindo na absorção do Mg pelas raízes, como no caso do K é um exemplo clássico de inibição competitiva, que ocorre quando dois elementos combinam-se, com o mesmo carregador (Malavolta, 1980).

No que diz respeito ao efeito dos nutrientes sobre a severidade da doença, observa-se na linha da matriz (Figura 6) que as correlações do N, Ca e Mg foram negativas para a severidade da doença, apresentando a maior relação com o nitrogênio foliar (92%), ou seja, o ajuste dos valores em torno da reta é maior entre estas duas variáveis, tendo comportamento inverso, à medida que aumentou o teor de N foliar houve diminuição na severidade da doença. A correlação referente ao teor de cálcio no tecido foliar e a severidade da doença, apresentaram coeficiente igual a $-0,52$. Apesar do baixo coeficiente, isto significa que o cálcio apresentou efeito na redução da severidade, ou seja, quanto maior o teor de Ca foliar, menor a severidade da doença apresentada pelas plantas. O cálcio tem um papel crítico na divisão e desenvolvimento celular, na estrutura da parede celular e na formação da lamela média. É relativamente imóvel nos tecidos. Complementa a função do potássio na manutenção da organização celular, hidratação e permeabilidade. Está envolvido na mitose, ativação e regulação enzimática e funcionamento das membranas. O conteúdo de cálcio nos tecidos das plantas afeta a incidência de doenças parasíticas de duas formas: na primeira, o cálcio é essencial para a estabilidade das biomembranas; quando os níveis de cálcio são baixos, e o fluxo de compostos de baixo peso molecular (açúcares) do citoplasma para o apoplasto é aumentado. Na segunda, poligalacturonatos de cálcio são requeridos na lamela média para que haja estabilidade da parede celular (Zambolim, 2001).

De acordo com Webster e Dixon (1991), que ao estudarem a influência do pH, do cálcio e da concentração de inóculo na colonização do tecido por *P. brassicae*, concluíram que o aumento na concentração de cálcio reduziu o número e a severidade de galhas e que o cálcio inibiu a ruptura (abertura) dos esporângios a altos níveis de inóculo e o

desenvolvimento destes em baixas concentrações e que o elevado pH e concentração de Ca^{+2} em combinação auxiliam (aumentam) a absorção de cátions pelo hospedeiro aumentando em consequência a resistência do hospedeiro. Estes autores explicam ainda, que dentro da rizosfera, o Ca^{+2} pode influenciar a viabilidade, a germinação ou a mobilidade dos esporos, e que dentro do hospedeiro o cálcio tem um crítico papel celular que pode afetar os seguintes eventos: invasão dos pêlos radiculares pelos zoósporos primários e secundários com a subsequente migração das subunidades plasmodiais e hipertrofia celular. Conseqüentemente, incrementos na concentração de cálcio e aumento do pH por períodos determinados de tempo, podem ativar mecanismos de inibição à *P. brassicae*, podendo suprimir o potencial patogênico de uma determinada concentração de inóculo, bem como elevar a resistência do hospedeiro.

O teor de B nas folhas mostrou correlação negativa para as variáveis comparadas, em que o maior efeito (- 0,91 e - 0,87) foi observado para altura de planta e massa foliar seca, à medida que se observava massa seca foliar e altura maior de plantas o teor de boro foliar era reduzido. E diferente do esperado, a correlação entre este elemento e a severidade da doença não foi significativa. Entretanto, este resultado endossa os dados obtidos no capítulo II deste trabalho em que se avaliou o efeito de doses de B em diferentes níveis de pH do solo. Isto porque, verificou-se que a severidade apresentou os maiores índices (>70%) para interação pH ácido (<6,0) e baixos níveis de boro no solo, menos que 10 mg.kg^{-1} e baixo índice de severidade, em torno de 26%, quando o pH do solo foi maior que 6,5 na faixa de 10 a 30 mg.kg^{-1} de boro no solo, com destaque para a dose de 20 mg.kg^{-1} de boro no solo. Sendo que no presente experimento, a adubação de base seguiu as recomendações de Siqueira *et al.*, 1995, utilizadas na região que recomenda o uso de 5 mg.kg^{-1} de boro no solo, e conforme argumentado no referido capítulo, esta dose estaria muito aquém das necessidades para o melhor crescimento da planta e para o controle da doença.

3.4 CONCLUSÕES

A produção da parte aérea e do sistema radicular foi maior nos tratamentos com nitrato de cálcio e pH 7,3.

A severidade da doença foi menor nos tratamento com o nitrato de cálcio em pH 6,5, seguido pelos tratamentos com o uso da uréia em pH maior que 6,5

Os maiores níveis de nitrogênio e fósforo foliar foram verificados quando se utilizou nitrato de cálcio, em pH do solo maior que 7,0. Para o potássio, verificou-se maior teor em pH maior que 7,0 e aplicação de uréia ou sulfato de amônio. Os maiores teores de magnésio e de cálcio foliar foram obtidos com o uso de nitrato de cálcio ou da uréia em pH superior a 6,5.

Observou-se correlação negativa entre os teores de N, Ca e Mg e a severidade da doença.

REFERÊNCIAS

- 1 BERGER, K.C.; TRUOG, E. Boron deficiencies as revealed by plants and soil tests. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison: n. 32, p. 297-301, 1940.
- 2 CASTELLANE, P.D., CRUZ, M.C.P., FERREIRA, M.E. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1993. 480 p.
- 3 DIXON, G.R.; ROBINSON, D.L. The susceptibility of Brassica oleracea cultivars to *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). **Plant Pathology** n. 35, p. 101 – 107 1996.
- 4 DOBSON, R.L., GABRIELSON, R.L., BAKER A.S.; BENNETT L. Effects of lime particle size and distribution and fertilizer formulation on clubroot disease caused by *Plasmodiophora brassicae*. **Plant disease** v. 67, n. 1, p. 50-52, 1983.
- 5 FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 402 p.
- 6 HILDEBRAND, C. **Manual de análise química de solos e plantas**. Curitiba: UFPR, 1977. (mimeografado).
- 7 IHAKA, R.; GENTLEMAN, R. (1996). R: A Language for data analysis and graphics. **Journal of Computational and Graphical Statistics**. n. 5, p. 299-314.
- 8 INSTITUTO DA POTASSA E FOSFATO. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1998. 177 p.
- 9 MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. S. Paulo: Agronômica Ceres 1980. 251 p.
- 10 MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.
- 11 MALAVOLTA, E., VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.
- 12 MARINGONI, A.C. Doenças das crucíferas. In: KIMATTI, H. *et al.*, **Manual de Fitopatologia**. 3.ed., v.2, São Paulo: Agronômica Ceres, 1995 p. 318-319.
- 13 NAKAGAWA, J.; BULL, L.T. **Princípios de calagem e adubação de plantas olerícolas**. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1990. 48 p. (apostila)
- 14 NAIKI, T.; DIXON, G.R. The effects of chemicals on developmental stages of *Plasmodiophora brassicae*. **Plant Pathology**, v.36, p. 316-327, 1987.

- 15 OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Curitiba: 1990. 503 p.
- 16 PAVAN, M.A. *et al.* **Manual de análise química de solo**. Londrina: IAPAR. 1991.
- 17 RUSSELL, E.W. *Soil Conditions and Plant Growth*. 10^a ed. Longman, Londres e Nova Iorque. 1976.
- 18 SIQUEIRA, O.J.F., SHERER, E.E., TASSINARI, G., ANGHINONI, I., PATELLA, J.F., TEDESCO, M.J., MILAN, P.A.; ERNANI, P.R. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo, EMBRAPA/CNTP, 1995. 100 p.
- 19 TORRES, G. Doenças de hortaliças: o tratamento adequado. **Informe Agropecuário**. Minas Gerais, v. 17, n. 182, p. 3, 1995.
- 20 VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.
- 21 VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., **Boletim Técnico 100 - Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. 285p.
- 22 VETTORI, L. Método de análise de solo. **Boletim Técnico. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo**, Rio de Janeiro, n. 7, p. 1-24, 1969.
- 23 WEBSTER, M.A.; DIXON, G.R. Boron, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. **Mycological Research** Great Britain, 95(1):74-79. 1991.
- 24 ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado fitossanidade. Cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 722 p.
- 25 ZAMBOLIM, L., CASA, R.T.; REIS, E.M. Sistema plantio direto e doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira** n. 25, p. 585-595. 2000. FOI TIRADO DA DISCUSSAO UMA VEZ

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho verificou-se o melhor controle da h ernia das crucíferas com o uso do nitrato de cálcio, como fonte de N após a calagem do solo, para elevar o pH do solo acima de 6,6. Verificou-se também, que seguida da calagem, a fertiliza o com doses adequadas de B, pode reduzir a severidade da doença, aumentando a produ o das plantas.

Verificou-se que a doença pode ser reduzida com o uso da calagem, se o potencial de inóculo for baixo. Mas, quando esse potencial for elevado, mesmo a aplica o de grandes quantidades de calcário pode não ser capazes de reduzir a infec o. Portanto, a intera o entre o pH, o potencial de inóculo e o uso de elevadas doses de fertilizantes nitrogenados, como o sulfato de amônio, e a uréia, ou então a falta de micronutrientes, como o B, podem ser representativos de modo a exercer o papel de fatores limitantes no controle da doença. O conhecimento e monitoramento destes fatores, se tornam fundamental para o manejo da doença.

Para o monitoramento da concentra o de inóculo do patógeno no solo, há necessidade de estudos buscando metodologias práticas e rápidas de quantifica o deste inoculo. Aliado ao monitoramento da disponibilidade de B, e do uso de fontes de N, estes dados poderão servir para o estabelecimento de estratégias de controle de acordo com condi es locais de potencial de inóculo e de fertilidade do solo.

Percebeu-se durante o desenvolvimento do trabalho, a escassez de estudos envolvendo a intera o entre a nutri o e doenças em plantas. e que muitos dos dados publicados são de difícil interpreta o, devido às condi es de solo, fonte do fertilizante, ou taxa e época de aplica o, que não são explícitos. constatou-se também o reduzido número de pesquisas com nutri o de hortaliças, especialmente das brássicas, isto tanto em nível nacional, quanto regional, e os dados disponíveis podem estar relativamente desatualizados, considerando-se o dinâmico lançamento de novos cultivares e o uso intensivo dos solos.

Há necessidade de pesquisas envolvendo *Plasmodiophora brassicae*, nas nossas condi es, estabelecendo-se a distribui o espacial e temporal da epidemia, assim como outros parâmetros epidemiológicos, já estabelecidos em outros paises com condi es ambientais diferentes. Torna-se interessante, também, o estudo sobre o efeito de métodos e periodicidade de aplica o do calcário em campo, para o controle da doença.

ANEXOS

ANEXO 1 - Valores da estatística F da análise de variância e coeficiente de variação (C.V. %) para os dados de massas foliares fresca (MFF) e seca (MFS), massas radiculares fresca (MRF) e seca (MRS) e altura, respectivamente em plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*.

	F			C.V. (%)
	pH	Inóculo	Inóculo x pH	
MFF	3022,5718**	2059,5693**	22,1855 **	26,18
MFS	428,8911**	320,6421**	10,2920 **	23,10
MRF	6892,2218 **	7816,7246**	202,8815**	33,71
MRS	2355,6795**	302,7460**	36,5262**	28,59
Altura	12090,3728**	7946,7264**	300,5869**	33,07
Severidade (%)	145,3981**	52,4867**	3,0067**	12,85

** estatisticamente significativo a menos de 1% de probabilidade.

* estatisticamente significativo a 5% de probabilidade.

ANEXO 2 - Valores da estatística F da análise de variância e coeficiente de variação (C.V. %) para massas foliares fresca (MFF) e seca (MFS), massas radiculares fresca (MRF) e seca (MRS), altura, teores dos macro nutrientes (N, P e K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e boro (B) foliar, respectivamente, em plantas de couve chinesa infectadas por *P. brassicae*.

	F			C.V. (%)
	pH	Boro	pH x Boro	
MFF	2838,3178**	1424,4551**	91,9702**	7,39
MFS	848,4483**	405,5586**	66,5595**	6,79
MRF	1909,9534**	1037,8911**	69,9450**	5,59
MRS	709,4906**	115,5689**	91,8488**	7,02
Altura	592,1060**	244,2243**	33,0479**	10,34
N	280,1635**	728,4035**	52,3842**	7,34
P	94,3931**	574,5676**	9,7185**	6,28
K	133,1905**	229,2709**	26,4125**	5,90
Ca	1899,8263**	583,8090**	115,6370**	6,97
Mg	590,2671**	33,6501**	39,1137**	5,50
B	38,9369**	1862,9113**	7,9580**	6,80
Severidade (%)	3756,531**	1807,323**	212,763**	6,27

** estatisticamente significativo a menos de 1% de probabilidade.

* estatisticamente significativo a 5% de probabilidade.

ANEXO 3 - Matriz dos coeficientes de correlação entre variáveis medidas em plantas de couve chinesa submetidas à cinco níveis de boro x três níveis de pH do solo.

	Nitrogênio	Cálcio	Boro
Massa foliar seca	0,78*	0,85*	0,30*
Altura	0,71*	0,90*	0,35*
Massa radicular seca	0,61*	0,74*	-0,06
Severidade	-0,52*	-0,63*	-0,56*

*Correlações significativas ao nível de 5% de probabilidade.

ANEXO 4 - Valores da estatística F da análise de variância e coeficiente de variação (C.V. %) para massas foliares fresca (MFF) e seca (MFS), massas radiculares fresca (MRF) e seca (MRS), altura das plantas, teores dos macro nutrientes (N, P e K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B) foliar e severidade da doença, respectivamente, em plantas de couve chinesa infectadas por *P.brassicae*.

	F			C.V. (%)
	N	pH	NxpH	
MFF	375,5234**	2717,022**	80,6407**	7,42
MFS	208,8208**	1031,629**	147,3113**	8,17
MRF	13,366**	278,2351**	5,7311**	6,25
MRS	44,6928**	460,8557**	12,134**	9,75
Altura	140,3965**	744,4557**	9,0745**	6,61
N	297,6056**	360,7180**	13,6337**	5,84
P	281,4961**	2178,5586**	1,3984	8,84
K	80,5459**	1409,5912**	46,2443**	7,32
Ca	10,280**	184,015**	16,013**	9,67
Mg	252,1362**	202,1682**	6,9566**	4,07
B	84,3832**	361,3296**	27,4565**	6,62
Severidade (%)	492,5485**	2136,5522**	3,8125*	6,0

** estatisticamente significativo a menos de 1% de probabilidade.

* estatisticamente significativo a 1% de probabilidade.

ANEXO 5 - Matriz dos coeficientes de correlação entre variáveis medidas em plantas de couve chinesa submetidas as diferentes Fontes de Nitrogênio x três níveis de pH do solo.

	Nitrogênio	Cálcio	Boro
Massa foliar seca	0,81*	0,53*	-0,79*
Altura	0,87*	0,49*	-0,91*
Massa radicular seca	0,83*	0,60*	-0,81*
Severidade	-0,92*	-0,52*	0,82*

*Correlações significativas ao nível de 5% de probabilidade.