

OSVALDO RYOHEI KATO

**EFEITO DE MICORRIZA VESICULAR-ARBUSCULARES NO CRESCIMENTO
E NUTRIÇÃO DA MANDIOCA (*Manihot esculenta*, CRANTZ) EM SOLO
ADUBADO COM DOSES CRESCENTES DE SUPERFOSFATO TRIPLO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1 9 8 7

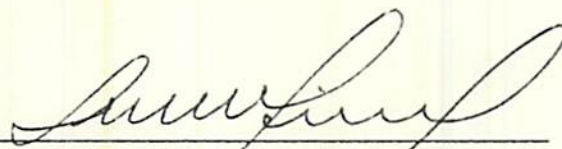
MPA 18239
C. O. W. S.
1633.4
K. H. T.
44

EFEITO DE MICORRIZA VESICULAR-ARBUSCULARES NO CRESCIMENTO
E NUTRIÇÃO DA MANDIOCA (Manihot esculenta, CRANTZ) EM
SOLO ADUBADO COM DOSES CRESCENTES DE SUPERFOSFATO TRIPLO

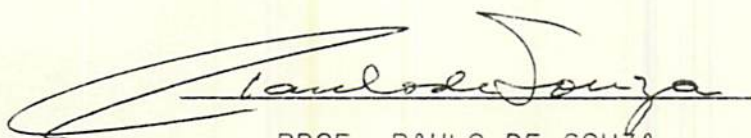
APROVADA:



PROF. HÉLIO CORRÊA



PROF. JOSÉ OSWALDO SIQUEIRA



PROF. PAULO DE SOUZA

À minha esposa Socorro Kato
aos meus filhos Patrícia Yukari
e Victor Kunizo
aos meus pais Kunizo e Masako
e aos meus sogros
Teófilo e Rita

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela oportunidade e apoio proporcionado à realização do curso;

à Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, especialmente aos Departamentos de Agricultura, Fitossanidade e Ciências do Solo pelo apoio e ensinamentos transmitidos;

à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, pelo financiamento do projeto de pesquisa;

à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão - FAEPE, pela ajuda na publicação desse trabalho;

ao professor Paulo de Souza pelas orientações, críticas e sugestões durante a realização deste trabalho;

ao professor Ruben Delly Veiga, pelas orientações nas análises estatísticas;

ao pesquisador Raimundo Parente de Oliveira e ao Centro de Processamento de Dados da ESAL, pela realização das análises estatísticas;

à professora Janice Guedes de Carvalho, pelo apoio prestado e valiosas sugestões;

ao professor Alfredo Scheid Lopes, pela realização das análises químicas das plantas de mandioca;

aos demais professores desta Escola que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;

aos colegas Jose Adérito Rodrigues Filho, Gildo Freitas de Almeida, Guilherme Pantoja Calandrini de Azevedo, António Dias Santiago e Arnaldo Colozzi Filho pelo apoio e convívio;

à bibliotecária Rubenise Farias Gato, pela recuperação de informações bibliográficas;

às laboratoristas Ana Lúcia B. de S. Costa, Ana Maria dos Santos e Lola de Souza Figueira pelo apoio e dedicação;

à todos os colegas do curso de pós-graduação, especialmente a Sérgio Alves de Carvalho, Shizuo Maeda, Edson Diogo Tavares, Luiz Fernando Corbeira da Silva, Aledir Cassiano da Rocha e a amiga Elvânia Mara Caldeira Bruzeguez pela valiosa ajuda prestada na execução deste trabalho;

às famílias dos professores Hélio Corrêa, José Osvaldo Siqueira, Vânia Déa de Carvalho e dos amigos Elizabeth de Oliveira e Arnaldo Colozzi Filho pela amizade e carinho com que nos receberam;

à minha esposa Socorro Kato, pelo apoio, incentivo e compreensão, e aos meus filhos Patrícia Yukari e Victor Kunizo, pela paciente compreensão durante a realização do curso;

finalmente, meus agradecimentos a todas aquelas pessoas que no decorrer deste treinamento conviveram e me prestaram apoio para a realização deste trabalho de pesquisa.

Em especial:

aos professores Hélio Corrêa e José Osvaldo Siqueira, pe los valiosos ensinamentos transmitidos, pela dedicada orientação, apoio e amizade durante a realização deste treinamento;

à amiga Elizabeth de Oliveira, pelas suas valiosas críticas e sugestões, pelos ensinamentos transmitidos, pela dedicada colaboração na condução do experimento de tese, pelo apoio, conví vio e amizade durante a realização deste treinamento.

BIOGRAFIA DO AUTOR

OSVALDO RYOHEI KATO, filho de Kunizo Kato e Masako Kato, nasceu no município de Tomé-Açu, Estado do Pará, aos 9 dias do mês de março de 1955.

Em 1978, obteve o título de Engenheiro Agrônomo pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.

Em 1979 foi admitido pela Empresa Brasileiro de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, para exercer as funções de pesquisador, na Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Altamira, Pará - UEPAE de Altamira, hoje UEPAE de Belém.

Em fevereiro de 1985 iniciou o curso de pós-graduação a nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Fósforo	3
2.1.1. Fósforo no Solo e na Planta	3
2.1.2. Resposta da Planta ao Fósforo	5
2.2. Micorrizas Vesicular-Arbusculares	7
2.2.1. Considerações Gerais	7
2.2.2. Efeitos das Micorrizas VA no Desenvolvimento de Plantas	9
2.2.3. Efeitos das Micorrizas VA na Absorção de Nutrientes	11
2.2.4. Efetividade Simbiótica de Espécies de Fungos Micorrízicos Vesicular-Arbusculares para Mandioca	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Caracterização do Local e do Solo	19
3.2. Manivas - Sementes	21
3.3. Inóculo	22
3.4. Tratamentos e Delineamento Experimental	23

3.5. Avaliação do Experimento	24
3.6. Análise Estatística	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Estabelecimento da Simbiose	29
4.2. Características da Parte Aérea	35
4.2.1. Produção e Retenção de Folhas	35
4.2.2. Altura Média da Planta e Diâmetro Médio da Maior Haste	39
4.3. Acumulação de Matéria Fresca e Seca	42
4.3.1. Parte Aérea	44
4.3.2. Raízes	48
4.3.3. Planta Total	57
4.4. Comentários (I)	60
4.5. Teores de Nutrientes nos Tecidos na Parte Aérea ..	61
4.5.1. Macronutrientes	61
4.5.1.1. Nitrogênio	61
4.5.1.2. Fósforo	64
4.5.1.3. Potássio	68
4.5.1.4. Cálcio	70
4.5.1.5. Magnésio	72
4.5.1.6. Enxôfre	75

4.5.2. Micronutrientes	78
4.5.2.1. Zinco	78
4.5.2.2. Manganês	82
4.5.2.3. Ferro	84
4.5.2.4. Cobre	86
4.5.2.5. Boro	89
4.5.3. Comentários (II)	93
4.6. Teores dos Nutrientes nas Raízes	93
4.6.1. Macronutrientes	93
4.6.1.1. Nitrogênio	94
4.6.1.2. Fósforo	96
4.6.1.3. Potássio	98
4.6.1.4. Cálcio	100
4.6.1.5. Magnésio	103
4.6.1.6. Enxôfre	105
4.6.2. Micronutrientes	107
4.6.2.1. Zinco	107
4.6.2.2. Manganês	110
4.6.2.3. Ferro	112
4.6.2.4. Cobre	114
4.6.2.5. Boro	114
4.6.3. Comentários (III)	118

5. CONCLUSÕES	121
6. RESUMO	123
7. SUMMARY	126
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
APÊNDICE	146

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Resultados das análises química e física do solo, 15 dias após o plantio da mandioca. ESAL, Lavras - MG. 1987	20
1A	Resumo da análise de variância referente à colonização de raízes de plantas de mandioca aos 50 e 90 dias e número de esporos, em diferentes doses de fósforo, tratamentos fúngicos e fumigação do solo. ESAL, Lavras - MG, 1987	147
2A	Colonização das raízes de plantas de mandioca e número de esporos de fungos micorrízicos, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	148
3A	Resumo da análise de variância, referente ao número total de folhas, número de folhas retidas, altura e diâmetro médio da haste de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	149

QUADRO

Página

4A	Número total de folhas e número de folhas retidas/planta de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	150
5A	Altura média da planta e diâmetro médio de hasteis de plantas de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	151
6A	Resumo da análise de variância referente a acumulação de matéria fresca e seca de parte aérea, raiz e planta total de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos Va, em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	152
7A	Acumulação de matéria fresca e seca da parte aérea e de matéria fresca de raízes de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	153
8A	Acumulação de matéria seca de raiz de plantas de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987	154
9A	Acumulação de matéria seca de raiz de plantas de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987 .	155

QUADRO

Página

10A	Acumulação de matéria fresca e seca de planta total de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	156
11A	Resumo da análise de variância, referente aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxôfre, na parte aérea de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	157
12A	Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	158
13A	Teores de cálcio, magnésio e enxôfre na parte aérea da mandioca, em solos com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	159
14A	Resumo da análise de variância referente aos teores de zinco, manganês, ferro, cobre e boro, na parte aérea de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA, em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	160

QUADRO

Página

15A	Teores de zinco na parte aérea da mandioca, em solos com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	161
16A	Teores de manganês e ferro na parte aérea da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987 .	162
17A	Teores de cobre na parte aérea da mandioca em solo com doses crescentes de fósforo. ESAL, Lavras - MG. 1987	163
18A	Teores de cobre na parte aérea da mandioca, em solos com fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	163
19A	Teores de boro na parte aérea da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	164
20A	Teores de boro na parte aérea da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987	165
21A	Resumo da análise de variância referente aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxôfre, nas raízes de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	166

QUADRO

22A	Teores de nitrogênio e fósforo nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987 .	167
23A	Teores de potássio nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987	168
24A	Teores de potássio nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	169
25A	Teores de cálcio nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	170
26A	Teores de magnésio e enxôfre nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	171
27A	Resumo da análise de variância referente aos teores de zinco, manganês, ferro, cobre e boro, nas raízes de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA, em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 ..	172
28A	Teores de zinco nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	173

QUADRO

Página

29A	Teores de manganês nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	174
30A	Teores de ferro nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	175
31A	Teores de cobre nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	176
32A	Teores de boro nas raízes da mandioca, em solo com fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987	177
33A	Teores de boro nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987	177

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Efeito de doses de fósforo na porcentagem de colonização das raízes de mandioca por fungos micorrízicos VA aos 50 dias em solo fumigado (A) e não fumigado (B) e aos 90 dias em solo fumigado (C) e não fumigado (D). ESAL, Lavras - MG. 1987	30
2	Efeitos de doses de fósforo no número de esporos de fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	33
3	Efeito de doses de fósforo no número total de folhas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	36
4	Efeito de doses de fósforo no número de folhas retiradas em plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	38

FIGURA

5	Efeito de doses de fósforo no número de manchas foliares causadas por oídio em mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA. ESAL, Lavras - MG. 1987	40
6	Efeito de doses de fósforo na altura de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA, em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	41
7	Efeito de doses de fósforo no diâmetro das hastes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	43
8	Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria fresca da parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	45
9	Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria seca da parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	46
10	Relação entre os teores de P e acumulação da matéria seca da parte aérea da mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA, em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	49

FIGURA

Página

- 11 Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria fresca de raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 50
- 12 Efeito da adição de doses crescentes de P_2O_5 no nível de P disponível no solo. ESAL, Lavras - MG. 1987 53
- 13 Curvas de regressão para doses de fósforo e acumulação de matéria seca de raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA (A) e fumação do solo (B). ESAL, Lavras - MG. 1987 54
- 14 Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA, na acumulação de matéria seca de raízes de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987 55
- 15 Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria fresca total de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 58

FIGURA

- 16 Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria seca total de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 59
- 17 Efeito de doses de fósforo no teor de nitrogênio na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 63
- 18 Efeito de doses de fósforo no teor de fósforo na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 65
- 19 Relação entre os teores de P nos tecidos da parte aérea da mandioca e colonização radicular pelos fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987 67
- 20 Efeito de doses de fósforo no teor de potássio na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 69
- 21 Efeito de doses de fósforo no teor de cálcio na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 71

FIGURA

- 22 Efeito de doses de fósforo no teor de magnésio na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 73
- 23 Efeito de doses de fósforo no teor de enxôfre na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 76
- 24 Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de zinco na parte aérea de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 . 79
- 25 Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de zinco na parte aérea da mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987 ... 81
- 26 Efeito de doses de fósforo no teor de manganês na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 83

FIGURA

- 27 Efeito de doses de fósforo no teor de ferro na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 85
- 28 Curva de regressão para doses de fósforo e teor de cobre na parte aérea de plantas de mandioca. ESAL, Lavras - MG. 1987 87
- 29 Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de cobre na parte aérea da mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987 88
- 30 Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de boro na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA e em solo não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 90
- 31 Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de boro na parte aérea da mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987 92

FIGURA

- 32 Efeito de doses de fósforo no teor de nitrogênio nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 95
- 33 Efeito de doses de fósforo no teor de fósforo nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 97
- 34 Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de potássio nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA e em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 99
- 35 Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de potássio nas raízes de mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987 . 101
- 36 Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de cálcio nas raízes de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 102

FIGURA

Página

37	Efeito de doses de fósforo no teor de magnésio nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	104
38	Efeito de doses de fósforo no teor de enxôfre nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	106
39	Curva de regressão para doses de fósforo e teor de zinco nas raízes de mandioca em solo fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	108
40	Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de zinco nas raízes da mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987	109
41	Efeito de doses de fósforo no teor de manganês nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	111
42	Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de ferro nas raízes de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987	113

FIGURA

Página

- 43 Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de cobre nas raízes de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987 115
- 44 Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de cobre nas raízes de mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987 116
- 45 Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de boro nas raízes de mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987 117
- 46 Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de boro nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA. ESAL, Lavras - MG. 1987 .. 119

1. INTRODUÇÃO

O uso de microorganismos como agentes promotores de crescimento de plantas e de controle biológico de pragas e doenças, tem despertado grande interesse no meio científico como forma de aumentar a produtividade assim como de preservar as condições do ambiente.

Micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) são associações simbióticas mutualísticas entre fungos do solo e radículas de plantas superiores. Essas associações apresentam grande potencial para utilização em larga escala e tem suscitado grande interesse pelos seus efeitos benéficos no crescimento e absorção de nutrientes pelas plantas, principalmente o fósforo (ZAMBOLIM & SIQUEIRA, 99).

O fósforo (P), embora seja o macroelemento absorvido em menor quantidade pela mandioca (Manihot esculenta, Crantz), é o que mais tem limitado a produção dessa cultura no Brasil (GOMES & HOWELER, 35).

Sendo o P um recurso natural, não renovável, relativamente escasso e sem sucedâneo (GOEDERT & SOUZA, 33), estratégias

mais adequadas para o aproveitamento dos fertilizantes fosfatados devem ser estabelecidas e como as micorrizas VA são eficazes na absorção de nutrientes aumentando a absorção de P, constituindo importante alternativa para maximizar o aproveitamento dos fertilizantes fosfatados.

Embora possa produzir rendimentos razoáveis em solos ácidos e de baixa fertilidade natural, a mandioca, é considerada pouco eficiente na absorção de nutrientes em função da estrutura/morfologia de seu sistema radicular assim como a baixa densidade de pelos absorventes (HOWELER, 37). Vários autores (8, 28, 42, 98) atribuem este comportamento à capacidade de formar a simbiose MVA.

Os trabalhos de YOST & FOX (98), EZETA & CARVALHO (28), HOWELER et alii (42) demonstram que a mandioca é altamente dependente ao micotrofismo, apresentando teores mais elevados de P e melhor desenvolvimento quando micorrizada e crescendo em condições sub-ótimas de P no solo.

O presente trabalho conduzido em casa de vegetação teve como objetivo avaliar os efeitos da inoculação com fungos micorrízicos vesicular-arbusculares no desenvolvimento e absorção de nutrientes pela mandioca (cultivar IAC-12 829), crescendo em amostras de um Latossolo Roxo adubado com doses crescentes de superfosfato triplo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Fósforo

2.1.1. Fósforo no Solo e na Planta

A maioria dos solos brasileiros apresentam como aspecto marcante a baixa disponibilidade natural de fósforo aliada à alta capacidade de "fixação" de fosfatos (SANCHEZ & UEHARA, 82) havendo resultados de aumentos sensíveis de produtividade em diversas culturas com o uso de fertilizantes fosfatados.

O fósforo é elemento de baixa mobilidade no solo, onde se encontra como ortofosfatos (H_2PO_4 e HPO_4 em solos ácidos), formas estas derivadas do ácido ortofosfórico (H_3PO_4). Cerca de 90 a 98% dos íons fosfatos da solução do solo se movimentam em relação à superfície da raiz pelo mecanismo de difusão (BARBER, 6).

Segundo RAIJ (74) o fosfato adicionado como fertilizante dissolve-se passando para a solução do solo. Com baixa solubilidade dos compostos do fósforo e a forte tendência de adsorção pelo solo, a maior parte do fósforo passa para fase sólida dos so

los permanecendo como fosfato lábil. Este fosfato lábil pode redissolver-se quando há abaixamento da concentração de P na solução do solo para manter o equilíbrio. Esse abaixamento dá-se principalmente através da absorção pelas plantas.

De acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (17), os níveis de fósforo no solo são estabelecidos levando-se em consideração a sua textura. Para os solos de classe textural argilosa, os níveis são considerados baixo, médio e alto, quando compreendidos nas faixas de 0 a 5, 6 a 10 e maior que 10 ppm, respectivamente. Para a mandioca, HOWELER (40) indica o valor de 9 ppm, determinado pelo extrator Melich 1.

O fósforo na planta desempenha papel importante no metabolismo energético, sendo componente básico das nucleoproteínas, ácidos nucléicos, fosfolipídeos e de enzimas envolvidas no transporte de energia. Um adequado suprimento deste elemento proporciona à mandioca boa produção de raízes com altos níveis de carboidratos por ser este elemento essencial para o processo de fosforilação na síntese do amido (TANAKA et alii, 94).

A cultura da mandioca possui a habilidade de produzir rendimentos razoáveis em solos muito ácidos e de baixa fertilidade natural onde outras culturas não crescem satisfatoriamente (HOWELER, 40). Porém, maiores produções são alcançadas, quando cultivadas em solos de boa fertilidade (GOMES, 34).

Estudos em solução nutritiva têm indicado que a mandioca não é uma cultura muito eficiente na absorção de nutrientes,

por apresentar sistema radicular com poucos pelos absorventes, e assim com baixa capacidade de explorar o solo (HOWELER, 38). Com respeito ao fósforo, a quantidade extraída é pequena, porém são necessárias altas concentrações na solução do solo para máxima produção, em condições artificiais (4, 23, 37).

Plantas com deficiência de fósforo frequentemente possuem hastes delgadas, pecíolos curtos, menor número de lobos por folhas, folhas inferiores cloróticas, com as margens enroladas para cima e em algumas cultivares as folhas podem tomar a cor vermelho-púrpura (ASHER et alii, 4 e LOZANO et alii, 56). A deficiência do fósforo pode reduzir substancialmente o crescimento da mandioca sem evidentes sintomas dessa deficiência (4, 40, 94).

As concentrações normais de fósforo na parte aérea de plantas de mandioca, flutuam de 0,47 a 0,66% (HOWELER, 40). Em folhas superiores totalmente expandidas, esses valores são de 0,3 a 0,5% e se tem determinado o valor de 0,44% como concentração crítica em plantas com 2 - 5 meses de idade (HOWELER, 41).

2.1.2. Resposta da Planta ao Fósforo

Em ensaio com solução nutritiva, MALAVOLTA et alii (60) encontraram que o fósforo é um dos nutrientes mais importantes para a mandioca, e em sua ausência, a produção foi baixa, e o teor de amido decresceu de 32% para 25% em relação ao tratamento com o fósforo.

EZETA et alii (29) em estudo de análise foliar na avaliação do requerimento nutricional da mandioca, observaram incremento linear nos teores de fósforo dos tecidos quando se elevou os níveis da adubação fosfatada.

Experimentos em casa-de-vegetação em solo com baixo P disponível e desinfestado, plantas de mandioca apresentaram deficiência deste elemento, e tiveram crescimento máximo quando foram aplicados entre 1600 a 3200 kg P/ha (CIAT, 11). Resultados semelhantes foram observados por PERIN (68), onde obteve máxima altura e acumulação de matéria seca na parte aérea com aplicação de mais de 1700 kg de P_2O_5 /ha.

Em solos sob vegetação de cerrado, PERIN et alii (69) encontrou que a omissão de fósforo resultou em rendimento da mandioca significativamente inferior (raízes, amido e parte aérea), ao tratamento completo.

Outros experimentos mostram efeitos positivos e lineares da aplicação de fósforo na produção (15, 19, 65), e a aplicação de fósforo, quando combinado com nitrogênio e potássio, aumenta o número total de folhas, número de folhas retidas por planta e a altura das plantas de mandioca (KUMAR et alii, 51).

PERIN (68) trabalhando com quatro doses de fósforo (0, 200, 600 e 1800 kg/ha P_2O_5) em condições de casa-de-vegetação, encontrou que a acumulação de P, Ca, Mg e Zn, nas diferentes partes de plantas, aumentou com as doses de fósforo, porém houve inibição na absorção de Zn em altas doses de P. Esse efeito foi também

verificado em trabalhos desenvolvidos no CIAT - Colombia (12) e EMBRAPA/CNPMP - Brasil (24).

Os resultados de pesquisas tem demonstrado que a mandioca responde positivamente a adubação fosfatada em solos com baixos níveis de P na solução do solo, sendo que em condições artificiais são requeridos altas concentrações de P na solução. Em condições de campo tem-se verificado que não são necessárias altas doses de P para alcançar alta produtividade de raízes de mandioca. A COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (17) recomenda a adubação fosfatada para mandioca com base no nível de P no solo, sugerindo aplicação de 90, 60 e 30 kg/ha de P_2O_5 quando este nível for baixo, médio e alto respectivamente.

2.2. Micorrizas Vesicular-Arbusculares

2.2.1. Considerações Gerais

Micorrizas são associações simbióticas mutualística formadas entre raízes de plantas e certos fungos de solo, onde ambos se beneficiam. Segundo ZAMBOLIM & SIQUEIRA (99) o termo micorriza foi designado pelo pesquisador alemão Frank em 1885. Ele postulou que os fungos colonizavam as raízes, exerciam a função de pelos absorventes, beneficiando a planta hospedeira.

Citações de LOPES et alii (55) e ZAMBOLIM & SIQUEIRA

(99) mostram que as associações micorrízicas ocorrem de modo generalizado no ambiente terrestre, sendo mais fácil listar espécies de plantas que não formam micorrizas do que catalogar as espécies vegetais micorrízicas, ou seja, plantas que não formam micorrizas constituem uma exceção. Embora conhecidos por mais de um século, os estudos sobre estas associações só tiveram grande repercussão a partir de 1960 (ZAMBOLIM & SIQUEIRA, 99), devido às preocupações com o meio ambiente e elevação no custo dos insumos.

Diferentes espécies vegetais respondem diferentemente à micorrização e a dependência micorrízica destas foi definida por GERDEMANN (31) "como sendo o grau ao qual a planta é dependente da condição micorrízica para produzir o máximo crescimento e produção, a um dado nível de fertilidade do solo".

No tocante à fertilidade do solo, principalmente à disponibilidade de P, à medida em que esta aumenta, a dependência micorrízica decresce até um determinado ponto em que a planta necessita da simbiose para desenvolvimento normal (COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 16 e HOWELER et alii, 45). A partir deste ponto o fungo pode atuar até mesmo como um parasita, drenando carboidratos da planta conforme relatam COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA (16), SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO (89) e SIQUEIRA et alii (90).

YOST & FOX (98) demonstraram a dependência micorrízica de sete espécies de plantas tropicais crescendo em um Oxissol, do Hawai. Eles determinaram as concentrações de fósforo na solução do solo em que se obteve benefício das micorrizas, e encontraram que

a mandioca é uma das espécies mais dependentes ao micotrofismo. Esta dependência elevada tem sido confirmada por vários outros autores (8, 25, 28 e 45) e parece estar relacionada com a absorção de P pela planta.

Apesar da mandioca requerer em solução nutritiva elevadas concentrações de P, quando cultivada no campo, em solos de baixa fertilidade, a mandioca responde em menor grau aos fertilizantes fosfatados quando comparados com outras culturas, podendo até mesmo obter altos rendimentos sem a aplicação de P. Na Colombia, obteve-se produção de 50 t/ha em um solo com 1,5 ppm de P disponível (HOWELER, 36). Esta capacidade de produzir bem nestas condições tem sido atribuída a formação de associações micorrízicas eficientes na absorção de P (COCK, 14 e HOWELER; 36).

2.2.2. Efeitos das Micorrizas VA no Desenvolvimento de Plantas

Inúmeras pesquisas desenvolvidas até o momento têm mostrado os efeitos benéficos da inoculação artificial em condições controladas e evidenciam a importância e potencial destas associações para o uso em larga escala. As revisões de MOSSE (63) e LOPES et alii (54) evidenciam a variabilidade destes efeitos. Os efeitos benéficos no crescimento das plantas devido à inoculação com fungos micorrízicos VA podem ser bastante acentuados, atingindo aumentos da ordem de 1000% em mandioca (KANG et alii, 48), 3.440% em

"sweetgum" (SCHUBERT & HAYMAN, 84), podendo atingir o valor de zero, como obtidos por COVERY et alii (21) em milho, sem adição de fósforo no solo e até mesmo efeito negativo em girassol (KOIDE, 49).

YOST & FOX (98), VANDER ZAAG et alii (96), HOWELER & SIEVERDING (42), encontraram que em solo fumigado com brometo de metila o crescimento da mandioca é reduzido severamente, a menos que altas doses de P são fornecidas, porém quando são inoculadas com fungos micorrízicos eficientes há grandes respostas no crescimento em baixos níveis de P. EZETA & CARVALHO (28) observaram que as plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA e cultivadas em solo autoclavado apresentaram maior produção de matéria seca, tanto de folhas como de raízes, sendo que as raízes eram mais finas e ramificadas, resultando em maior comprimento por unidade de peso.

Devido à alta dependência micorrízica da mandioca, a maioria dos trabalhos conduzidos em solo desinfestado apresentam respostas positivas no crescimento como os obtidos por HOWELER (39); CARVALHO (7); HOWELER & SIEVERDING (43); HOWELER et alii (45); CARVALHO et alii (8).

Em condições de campo e/ou solos não fumigados, estas respostas são de magnitude bem menor. Segundo ZAMBOLIM & SIQUEIRA (99) a magnitude desta resposta é imprevisível, pois depende de fatores inerentes à planta hospedeira, ao meio ambiente e ao próprio fungo.

A população nativa de fungos micorrízicos VA é, frequentemente, muito efetiva na promoção do desenvolvimento da mandioca em condições de campo conforme HOWELER & SIEVERDING (43) e HOWELER et alii (45), e nestes casos a inoculação não tem efeito benéfico. Se o solo tem um baixo potencial de inóculo e as espécies do local são menos efetivas, há um potencial para inoculação com espécies mais efetivas. Esses mesmos autores não encontraram efeito significativo no crescimento da mandioca pela inoculação em solo natural sem adição de fósforo, porém obtiveram efeito significativo quando adicionaram 100 kg de P/ha. Estes resultados mostram que a inoculação não substitui a aplicação de P, mas aumenta a eficiência de utilização do P aplicado conforme relatado por HOWELER (38).

ALMENDRAS et alii (3) nas Filipinas, em experimento em solo natural não encontraram efeitos da inoculação na produção de matéria seca de mandioca. Por outro lado, SIEVERDING (87) em experimento de campo nas regiões montanhosas da Colômbia encontrou aumento na produção de raízes frescas de até 38% em função da inoculação. SIEVERDING & LEIHNER (88) observaram que a rotação de cultura de mandioca com leguminosas aumentou a infecção micorrízica, porém a produção de raízes frescas não foi influenciada.

2.2.3. Efeitos das Micorrizas VA na Absorção de Nutrientes

A simbiose micorrízica é de grande importância para a

nutrição de P, Zn e Cu, devido ao fato destes nutrientes apresentarem baixa mobilidade no solo, movendo-se para as raízes por difusão segundo COOPER (18). Além disso, de um modo geral, os solos das regiões tropicais apresentam baixos níveis de P disponível o que SANCHEZ & SALINAS (81) consideram como um dos fatores limitantes para produção de alimentos nos trópicos.

A maioria dos estudos nutricionais envolvendo associações micorrízicas concentram-se em seus efeitos na absorção de P. Contudo, vários autores (1, 55, 63, 66, 95, 99) mostram que diferenças na concentração e absorção de N, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Al e Si podem ocorrer em plantas micorrizadas.

A maior absorção de P pelas plantas micorrizadas é provável que seja devida às hifas externas do fungo, atuando como extensão do sistema radicular aumentando a superfície de absorção de nutrientes do solo e translocando-os para as raízes do hospedeiro (63, 76, 95). RHODES & GERDEMANN (76) encontraram que raízes de cebola micorrizadas podem estender a zona de absorção de fosfato a uma distância de 8 cm da superfície da raiz, enquanto a zona de absorção de plantas não micorrizadas era de apenas 1 a 2 mm.

CRESS et alii (22) estudando a cinética de absorção de P em tomateiro micorrizado e não micorrizado encontraram menores valores de Km para plantas micorrizadas, indicando maior afinidade de sítios de absorção de H_2PO_4 nestas plantas.

POWELL (73) em experimento utilizando ^{32}P , demonstrou que plantas micorrizadas e não micorrizadas utilizam fontes idên-

ticas de fósforo, a fração lábil do elemento. Ele concluiu ainda que nenhuma espécie de fungo micorrízico testado solubiliza P inorgânico ou hidroliza fontes de P orgânico não disponível para as plantas não micorrizadas. Esses resultados foram confirmados por MOSSE et alii (64).

Associação micorrízica é de grande importância na nutrição de plantas que apresentam reduzido número de pelos absorventes, como é o caso da mandioca (8, 14, 28, 37, 45). Segundo HOWELER et alii (45) o nível crítico de fósforo disponível (Bray II) no solo para plantas de mandioca não micorrizadas de 190 ppm enquanto que para plantas micorrizadas este nível foi de apenas 15 ppm. Estudos conduzidos em solução nutritiva mostraram aumento de 91% na concentração de P na parte aérea e 233% nas raízes quando a mandioca micorrizada cultivada com $1 \mu\text{M}$ de fosfato e quando a concentração P na solução era de 10 a $100 \mu\text{M}$ a percentagem de infecção das raízes de mandioca inoculada foi zero (HOWELER et alii, 44).

VANDER ZAAG et alii (96) relatam que plantas de mandioca não micorrizadas invariavelmente contêm menor concentração de P do que plantas micorrizadas. Com relação a outros nutrientes, plantas micorrizadas tendem a possuir maiores concentrações de K, S e Zn. Resultados semelhantes foram obtidos por CARVALHO et alii (8) e CARVALHO (7) em solo esterilizado. Em solo natural, muitas vezes estas respostas são ausentes ou quando presentes de magnitude bem menor.

2.2.4. Efetividade Simbiótica de Espécies de Fungos Micorrízicos Vesicular-Arbusculares para Mandioca

As espécies de fungos que formam micorrizas VA pertencem aos gêneros Glomus, Sclerocystis, Gigaspora, Acaulospora e Entrophospora da família Endogonaceae, sendo conhecidas mais de 100 espécies descritas. Estas espécies apresentam grande variação quanto à seus efeitos na absorção de fósforo do solo e promoção do desenvolvimento da mandioca (HOWELER & SIEVERDING, 42).

Para a seleção de fungos micorrízicos eficientes em promover o crescimento de plantas e absorção de nutrientes, normalmente se trabalha em solos esterilizados a fim de garantir a eliminação de fungos micorrízicos nativos para que o fungo em teste não tenha competição (SIEVERDING, 86). A fim de aproximar-se às condições microbianas do solo natural, normalmente são adicionados um filtrado que contenha os microorganismos de ocorrência natural (LOPES, 53).

Para que a inoculação com fungos micorrízicos em um cultivo seja benéfica, é necessário que o fungo (espécie ou isolado) seja capaz de aumentar a absorção de nutrientes pela planta em especial de P. No entanto, a eficiência da simbiose depende até certo ponto de sua adaptabilidade do fungo ao solo. Para estudar o primeiro aspecto, deve-se avaliar a eficiência dos diversos organismos em solo esterilizado e com baixo nível de P, e para o segundo, deve-se avaliar solos naturais distintos e que tenham popu

lações distintas de microorganismos nativos (HOWELER, 36 e HOWELER, 38).

Embora um experimento conduzido por POTTY (72) mostrar que a mandioca não apresenta especificidade na associação com fungos micorrízicos nativos ou introduzidos, interações específicas entre cultivares de mandioca e espécies de fungos micorrízicos VA tem sido relatadas (CIAT, 9). Em testes conduzidos no CIAT (9) para seleção de fungos micorrízicos efetivos para a mandioca, de 103 isolados, 41 foram altamente efetivos para o desenvolvimento da planta, sendo que estes isolados representam 10 espécies: Glomus occultum, Acaulospora longula, Entrophospora colombiana, Glomus manihotis, Acaulospora appendicula, Acaulospora sp, Acaulospora laevis, Glomus sp, Glomus microcarpum, Acaulospora foveata.

KANG et alii (48) verificaram que a inoculação com Glomus mosseae em mandioca cultivada em solo esterilizado resultou em respostas positivas significativas na porcentagem de infecção, produção de matéria seca, concentração de P na parte aérea e quantidade de P absorvido. Em solo natural o crescimento da parte aérea foi ligeiramente reduzido quando comparadas às plantas não inoculadas, porém a concentração e absorção de P foi ligeiramente aumentada pela inoculação. Estudos semelhantes foram conduzidos por CARVALHO et alii (8) com Gigaspora margarita em solo esterilizado. Eles obtiveram aumento na produção de matéria seca (planta total) e aumento na concentração de P, K e Mg, porém em solo natural não obtiveram respostas no crescimento e absorção de nutrien-

tes. Observaram ainda que a infecção micorrízica e as esporulações do fungo, foram maiores em solo natural do que em solo esterilizado.

Estudando a afinidade entre Gigaspora margarita, Gigaspora heterogama e Gigaspora sp (nativa) e a mandioca, em solo natural e esterilizado CARVALHO (7) encontrou respostas à micorrização semelhantes às obtidas anteriormente (CARVALHO et alii, 8) e estes efeitos foram semelhantes para as espécies estudadas. Eles observaram que o grau de infecção micorrízica diminuiu com o aumento na dose de P aplicado ao solo. Em estudo semelhante com Acaulospora sp em solo esterilizado, EZETA & CARVALHO (28) encontraram resposta à inoculação em crescimento e concentração de P absorvido. Em solo natural foi observada que a presença de Gigaspora sp concorreu para maior concentração de P na mandioca em relação às plantas cultivadas em solo esterilizado com e sem inoculação, porém a resposta ao crescimento e P absorvido foi inferior às plantas inoculadas com Acaulospora sp. Estes mesmos autores em outro estudo (EZETA & CARVALHO, 27) compararam a eficiência de Acaulospora sp e Gigaspora sp em solo natural e esterilizado encontraram que as duas espécies não diferiram entre si na promoção de crescimento e absorção de fósforo, confirmando outros estudos (7, 8, 28).

Pesquisas realizadas por HOWELER & SIEVERDING (43) mostram que Glomus manihotis, Entrophospora colombiana, Acaulospora longula, Acaulospora sp, Glomus fasciculatum e Glomus sp isoladas

de vários locais da Colômbia apresentaram maiores produções de ra_{ma}, ao passo que apenas Glomus sp e A. longula apresentaram maiores produções de raízes frescas de mandioca. Estes autores encontraram respostas à inoculação com Glomus manihotis em solo natural para produção de raízes de mandioca, com aplicação de 100 de P/ha sugerindo que quando o solo é muito deficiente em P, é reque_{rido} aplicação de P para estimular a eficiência desta espécie de fungo. Na ESAL, experimento em casa-de-vegetação em solo fumigado OLIVEIRA et alii (dados não publicados) mostram maior eficiência simbiótica dos fungos Entrophospora colombiana e Glomus clarum.

A multiplicação do fungo não é possível em meios de cul_{tivos} artificiais limitando a produção de inóculo em grandes quan_{tidades} (HOWELER, 38). Pode-se conseguir o inóculo a partir de dois meses dependendo da espécie de planta hospedeira, da espécie do fungo, do substrato e do ambiente. Como inóculo, pode-se usar esporos, raízes colonizadas ou solo contendo esporos e raízes colonizadas. MANJUNATH & BAGYARAJ (62) encontram uma melhor resposta no crescimento, inoculando cebola com esporos de Glomus fasciculatum do que com fragmentos de raízes colonizadas. A vantagem do uso de inoculação com esporos em trabalhos experimentais prende-se à facilidade em quantificar o número de esporos utilizado em determinada planta, porém esta metodologia de inoculação é muito dispendiosa (HOWELER, 38).

O efeito de fonte e quantidade de inóculo em mandioca foi estudado por HOWELER & SIEVERDING (42) onde observaram que a

inoculação com 25 e 50 esporos foi menos efetiva que a inoculação com raízes ou solo, apesar de, todos os métodos de inoculação aumentarem significativamente a produção de matéria seca e concentração de P no tecido da planta.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do Local e do Solo

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação com cobertura plástica, na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, no período de outubro de 1985 a janeiro de 1986. O município de Lavras está localizado no sul do Estado de Minas Gerais, a aproximadamente, 21°4' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste, apresentando altitude média de 900 m, (26). De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta clima do tipo Cwb (BAHIA, 5).

O solo utilizado foi um Latossolo Roxo Distrófico, de acordo com a classificação de BAHIA (5), e retirado de área não cultivada, no Campus da ESAL, até a profundidade de 20 cm. As amostras do solo, para análise, foram coletadas 15 dias após o plantio, introduzindo-se um trado no centro de cada unidade experimental e analisadas quanto ao teor de nutrientes, sendo os resultados apresentados no Quadro 1.

O solo foi passado em peneira com malha de 5 mm e arma-

QUADRO 1 - Resultados das análises química e física do solo, 15 dias após o plantio da mandioca - ESAL - Lavras, MG, 1987.

Determinações ^{1/}	Solo Fumigado					Solo Não Fumigado				
						P ₂ O ₅ (kg/ha)				
	0	200	600	1800	Média	0	200	600	1800	Média
pH em água	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,1	4,1	4,2	4,3	4,2
Al ⁺⁺⁺ (mE/100 cm ³) ^{2/}	0,7	0,7	0,6	0,4	0,6	1,0	1,1	1,0	0,8	1,0
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (mE/100 cm ³) ^{2/}	0,5	0,6	0,8	1,6	0,9	0,5	0,7	0,9	1,6	0,9
K (ppm) ^{4/}	89,1	87,3	91,5	91,7	89,9	83,6	87,0	83,4	80,6	83,6
P (ppm) ^{5/}	1,7	5,5	21,3	85,2	28,4	1,6	6,7	20,9	77,7	26,7
Cu (ppm) ^{3/}	1,5	1,3	2,4	2,5	1,9	2,4	1,7	1,7	1,7	1,9
Zn (ppm) ^{3/}	0,7	0,6	0,6	1,0	0,7	1,0	0,8	1,2	1,3	1,1
Mn (ppm) ^{3/}	2,2	2,3	2,4	3,6	2,6	3,6	3,5	3,7	4,2	3,7
Fe (ppm) ^{3/}	97,7	96,3	83,8	76,9	88,7	95,0	95,1	97,6	103,5	97,8
Matéria Orgânica (%) ^{6/}						3,89				
Areia (%)						24,4				
Argila (%)						69,8				
Classificação Textural						Muito Argiloso				

^{1/} Análises realizadas no Laboratório do Instituto de Química "John Wheelock" do Departamento de Ciências do Solo da ESAL.

^{2/} Extrator KCl (1N), e determinado pela acidez titulável de acordo com VETTORI (97).

^{3/} Extrator Mehlich I, e determinado por espectrofotometria de absorção atômica.

^{4/} Extrator Mehlich I, e determinado por fotometria de chama.

^{5/} Extrator Mehlich I, e determinado por colorimetria.

^{6/} Determinado pelo método de Walkley-Black, segundo ALLISON (2).

do em caixas de amianto com capacidade para 1.000 litros. Par foi fumigado em caixa de cimento e disposto em camada com 20 cm altura. A fumigação foi realizada pela aplicação de 264 ml de eto de metila/m³ de solo com cobertura plástica por 48 horas posterior aeração por 72 horas.

Como fonte de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), (B) e zinco (Zn), utilizou-se nitrato de cálcio (14,0% Ca e 16% N), superfosfato triplo (43,9% P₂O₅, 0,3% Mg e 14,16% Ca), sulfato de potássio (60% K₂O), borax (11,5% B) e sulfato de zinco (100% Zn).

Os fertilizantes fosfatado e potássico, foram incorporados ao solo por ocasião de sua colocação nas bandejas, na quantidade de 150 kg/ha de K₂O e o fósforo de acordo com as doses estabelecidas no item 3.4. Foram também adicionados ao solo de cada unidade experimental uma solução de borax e sulfato de zinco nas quantidades de 5 e 10 kg/ha respectivamente. Foi realizada também adubação nitrogenada com 50 kg/ha de N, na forma de nitrato de cálcio em solução, parcelado de duas vezes, aos 40 e 50 dias a partir do plantio.

2. Manivas - Sementes

Foram utilizadas manivas-sementes contendo duas gemas, obtidas a partir de hastes de plantas de mandioca (cultivar IAC-12829) obtidas no campo de multiplicação da ESAL/EPAMIG, com 12 meses de idade.

dade, escolhida por ser uma cultivar industrial muito utilizada no Sul de Minas Gerais para fabricação de polvilho, apresentando resistência à bacteriose (COSTA & PERIM, 20) e alta produção de raízes (COSTA & PERIM, 20 e RAMIREZ et alii, 75).

3.3. Inóculo

As espécies dos fungos micorrízicos VA utilizados foram Glomus clarum (Schenck & Smith), proveniente da Universidade da Flórida (Estados Unidos da América), obtido em vaso de cultivo (FERGUSON & WOODHEAD, 30) com 80 dias, utilizando-se uma gramínea (Brachiaria decumbens, Stapf) como planta hospedeira, sendo o substrato nestes vasos constituídos de uma mistura de solo (Latosolo Roxo Distrófico) mais vermiculita (SALES LUIS, 80), na proporção de 1:1 e Entrophospora colombiana (Spain & Schenck), proveniente do CIAT (Colômbia), obtido em vaso de cultivo com 323 dias utilizando-se o sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) como planta hospedeira, em substrato constituído de Latosolo Roxo Distrófico.

A inoculação foi realizada com suspensão de esporos, extraídos dos vasos de cultivo através de peneiramento via úmida, consistindo em peneiramento em peneiras de 0,710 e 0,053 mm, centrifugação em água por 3 minutos, e em solução de sacarose (1 lb/1), 2 minutos a 2.000 rpm.

Os esporos, foram aplicados em solução abaixo de cada mancha, em quantidade capaz de fornecer aproximadamente 250 esporos.

O tratamento com mistura de fungos foram efetuados de forma a permitir o fornecimento de 125 esporos de cada espécie por maniva. A fim de uniformizar a população de outros microorganismos, foi aplicado às bandejas de todos os tratamentos, 8 ml de um filtrado do solo, do conteúdo do vaso de cultivo, sem esporos dos fungos micorrízicos VA. Este filtrado foi preparado pela diluição de 30 ml de solo dos vasos de cultivo dos fungos/litro de água com peneiramento úmido em peneira de 0,053 mm e com duas filtrações em papel de filtro comum.

3.4. Tratamentos e Delineamento Experimental

Os tratamentos constaram da combinação de quatro inoculações e quatro doses de fósforo aplicados em solo não fumigado e fumigado com brometo de metila.

Os tratamentos de inoculação foram constituídos de: não inoculado, inoculado com G. clarum, inoculado com E. colombiana e inoculado com mistura de G. clarum e E. colombiana, e as doses de fósforo, foram respectivamente: 0, 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 aplicado na forma de superfosfato triplo, finamente moído, peneirado em malha de 1 mm e incorporado ao solo em mistura com o cloreto de potássio antes do plantio.

Os tratamentos foram delineados inteiramente ao acaso em esquema fatorial (4 tratamentos de inoculação x 4 doses de P_2O_5 x 2 tratamentos de fumigação do solo), com 4 repetições, totalizan-

do 128 parcelas. Cada unidade experimental foi constituída por uma bandeja de plástico, com a dimensão de 40 x 28 x 10 cm e capacidade para 8,5 kg de solo, sem perfuração, para evitar possíveis perdas de nutrientes por lixiviação e para auxiliar no controle da irrigação. Em cada bandeja foram plantadas 4 manivas-sementes.

3.5. Avaliação do Experimento

Diariamente, após o plantio (15/10/85), durante o período experimental foram realizadas irrigações, de modo a manter a umidade do solo em torno de 60% da capacidade de retenção de água do solo. A colheita das plantas de mandioca foi efetuada 90 dias após o plantio.

Foram os seguintes parâmetros avaliados:

- Percentagem de colonização das raízes e produção de esporos pelos fungos.
- Características da parte aérea: número total de folhas, número de folhas retidas, altura média da planta e diâmetro médio da maior haste.
- Acumulação de matéria fresca e seca: peso da matéria fresca e seca da parte aérea, raiz e planta total.
- Concentração de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn nos tecidos da parte aérea e nas raízes.

50 dias após o plantio tomou-se uma amostra de 0,1 g de raízes, que foram preservadas em FAA (200 ml de etanol 50% + 13 ml de formaldeído 40% + 5 ml de ácido acético) até a clarificação para a avaliação da colonização. Para avaliação da taxa de colonização radicular, as amostras foram clarificadas em KOH 10%, coloridas com azul de tripano (PHILLIPS & HAYMAN, 70), e o comprimento de raízes colonizadas foram avaliados pelo método da placa quadrícula de acordo com GIOVANNETTI & MOSSE (32).

Na colheita (90 dias após o plantio) foi tomada a altura de 4 plantas a partir do nível do solo até a extremidade superior do broto mais alto em cada unidade experimental. O número de folhas retidas foi obtido contando-se o número de folhas presentes nas hastes das 4 plantas mais altas, assim como o número de cicatrizes foliares, para obter-se o número total de folhas. O diâmetro do caule, foi obtido a 3 cm do nível do solo da maior haste de quatro plantas por unidade experimental.

Para avaliação do desenvolvimento da associação, foram coletadas amostras de solo, no centro de cada unidade experimental, para verificar a esporulação, e amostras de raízes (1 g) que foram preservadas em FAA, para coloração e avaliação da colonização. Foram utilizados 50 ml de solo de cada amostra para extração dos esporos pela técnica descrita anteriormente, e a determinação da densidade de esporos, foi feita com o auxílio de placas com câmaras concentricas observadas em estereomicroscópio com aumento de 80 vezes. A taxa de colonização radicular foi avaliada conforme metodologia anteriormente descrita.

Após a coleta dos dados de altura, número de folhas e diâmetro do caule foi colhida a parte aérea, cortando-se as hastes ao nível do solo e logo em seguida tomando-se o peso fresco. A separação do solo do sistema radicular, foi feita manualmente, coletando-se todas as raízes, que foram em seguida lavadas com água e tomado seu peso fresco. Após estas operações as raízes e a parte aérea foram lavadas com água destilada e acondicionadas em sacos de papel individualmente e postas para secar em estufas de ventilação forçada, a 65°C, até peso constante. Posteriormente, foi determinada a matéria seca das raízes, da parte aérea e matéria seca total (parte aérea + raízes).

Para análises dos teores de nutrientes na planta, raízes e a parte aérea das plantas foram moídas separadamente, em moinho provido de facas e peneira inoxidável de 20 mesh, colocadas em frascos de vidros identificados, e em seguida submetidas à digestão via úmida, conforme HUNTER (46), obtendo-se o extrato para a determinação dos teores de N pelo método Kjeldahl modificado por SARRUGE & HAAG (83), P por colorimetria, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe por espectrofotometria de absorção atômica, o S por turbidimetria do sulfato de bário e para o B, procedeu-se determinação por colorimetria após a reação com curcumina.

3.6. Análise Estatística

A análise estatística foi realizada de acordo com as re

comendações de PIMENTEL GOMES (71) e STEEL & TORRIE (92), para o delineamento utilizado.

Para os dados de colonização radicular pelos fungos micorrízicos VA, foi realizada a transformação dos dados em $\text{arc. sen } \sqrt{x + 0,5/100}$ e para os dados de produção de esporos em $\sqrt{x + 0,5}$. Esses dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com quatro tratamentos adicionais (solo não fumigado, não inoculado nas doses de 0, 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5), não sendo incluído na análise os tratamentos não inoculados em solo fumigado.

Os parâmetros referentes à teores de nutrientes expressos em porcentagem, foram transformados em $\text{arc. sen } \sqrt{x/100}$, e em seguida submetidos à análise de variância.

Após realizadas as análises de variância, procedeu-se o cálculo das médias de acordo com o nível de significância dos efeitos simples e das interações entre os fatores em estudo. Quando foram detectadas significância pelo teste F para a interação tripla, optou-se pelo seu desdobramento, em caso contrário procedeu-se o desdobramento das interações duplas e/ou efeitos simples significativos e em seguida, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foram realizadas análises de regressão para os parâmetros que apresentaram interação dupla e/ou efeitos simples significativos. Nos casos de interações triplas significativas foram

construídos gráficos plantando-se as médias. Os dados também foram submetidos à análises de correlação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estabelecimento da Simbiose

A análise de variância para os dados de colonização micorrízica das raízes aos 50 e 90 dias e número de esporos são apresentados no Quadro 1A.

Observa-se que porcentagem de raízes colonizadas aos 50 dias em solo fumigado (Figura 1) foi mais elevada com a inoculação de G. clarum e mistura de fungos, não sendo observado claramente o efeito inibitório dos fungos micorrízicos VA com o aumento da dose de fósforo conforme verificado para a soja por SIQUEIRA et alii (91).

Aos 90 dias (Figura 1) a porcentagem de colonização radicular, em solo fumigado manteve-se alta, não se observando o efeito do P sobre o fungo. As doses de fósforo estudadas não influenciaram na colonização radicular pelo G. clarum e E. colombiana em solo fumigado, mas verificou-se tendência na redução da colonização com a elevação na dose de P_2O_5 para mistura de fungos. A porcentagem de colonização radicular pelo E. colombiana em solo fumi

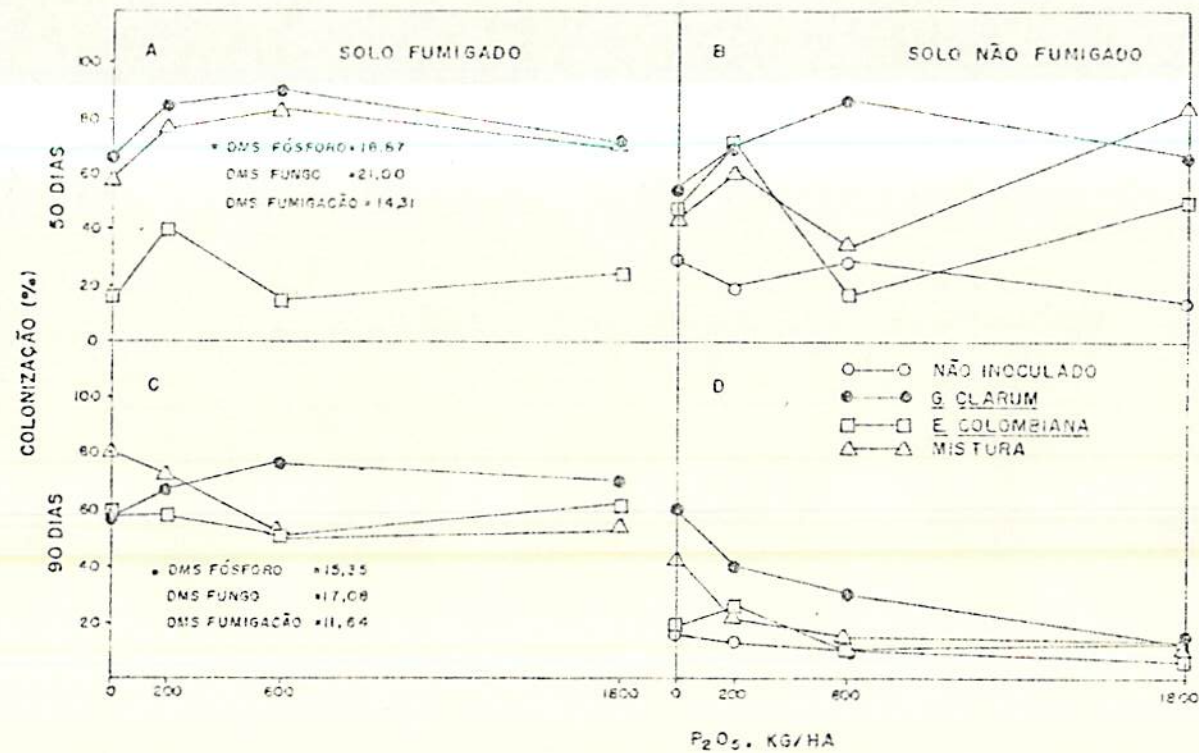


FIGURA 1 - Efeito de doses de fósforo na porcentagem de colonização das raízes de mandioca por fungos micorrízicos VA aos 50 dias em solo fumigado (A) e não fumigado (B) e aos 90 dias em solo fumigado (C) e não fumigado (D). ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

gado elevou-se aos 90 dias em relação a colonização aos 50 dias, apresentando porcentagem de colonização semelhante à inoculação com G. clarum e mistura de fungos (Figura 1).

A inoculação com a mistura de fungos em solo fumigado aos 50 dias mostrou a mesma tendência de colonização do G. clarum (Figura 1). Possivelmente a redução do potencial de inóculo do G. clarum na mistura, induziu a um ligeiro decréscimo na colonização radicular.

Apesar de não ter sido detectada diferença significativa para doses de P_2O_5 no solo fumigado aos 90 dias, a inoculação com G. clarum, apresentou tendência a maiores taxas de colonização nas doses de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 , concordando com os resultados obtidos por SYLVIA & SCHENCK (93) que mencionaram ser o G. clarum tolerante a altos níveis de P no solo.

Em solo não fumigado, no tratamento não inoculado, foi observada baixa taxa de colonização radicular devida à presença de fungos micorrízicos VA nativo.

As avaliações feitas em solo não fumigado aos 50 dias mostram que a inoculação com G. clarum apresentou maiores porcentagens de colonização com aplicação de 600 kg/ha de P_2O_5 , não diferindo das doses de 200 e 1800 kg/ha de P_2O_5 .

A inoculação com mistura de fungos em solo não fumigado aos 50 dias, levou a taxas de colonização radicular semelhantes à aquelas obtidas com E. colombiana nas doses de 0, 200 e 600 kg/ha

de P_2O_5 . Este comportamento pode ser atribuído ao menor potencial de inóculo do G. clarum na mistura e a capacidade competitiva entre os fungos introduzidos e os nativos do solo.

O efeito inibitório do fósforo na colonização radicular (89) é observado aos 90 dias em solo não fumigado (Figura 1). A colonização radicular do G. clarum no tratamento sem P foi semelhante à obtida em solo fumigado. Para as doses de 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 as taxas foram menores em solo não fumigado. Para tratamento não inoculado, e mistura a porcentagem de colonização radicular foi sempre menor em solo não fumigado. Isto pode ser atribuído a competição com fungos micorrízicos VA nativos, fungos hiperparasíticos (ROSS & RUTTENCUTTER, 79).

O número de esporos apresentou grande variabilidade, mas não foram influenciadas pelas doses de P, exceção feita ao E. colombiana e mistura de fungos em solo fumigado (Figura 2). O número de esporos para E. colombiana foi maior nas doses 0 e 1800 kg/ha de P_2O_5 , possivelmente devido constituírem condições desfavoráveis ao fungo, que para a perpetuação da espécie produziu maior número de esporos. O tratamento com mistura de fungos apresentou maior esporulação nas doses de 0, 200 e 1800 kg/ha de P_2O_5 . O comportamento semelhante na produção de esporos nos tratamentos com inoculação de mistura de fungos e E. colombiana, foi devido a presença predominante do E. colombiana na mistura de fungos quando da contagem do número de esporos.

A produção de esporos pelo G. clarum e pelo fungo nati-

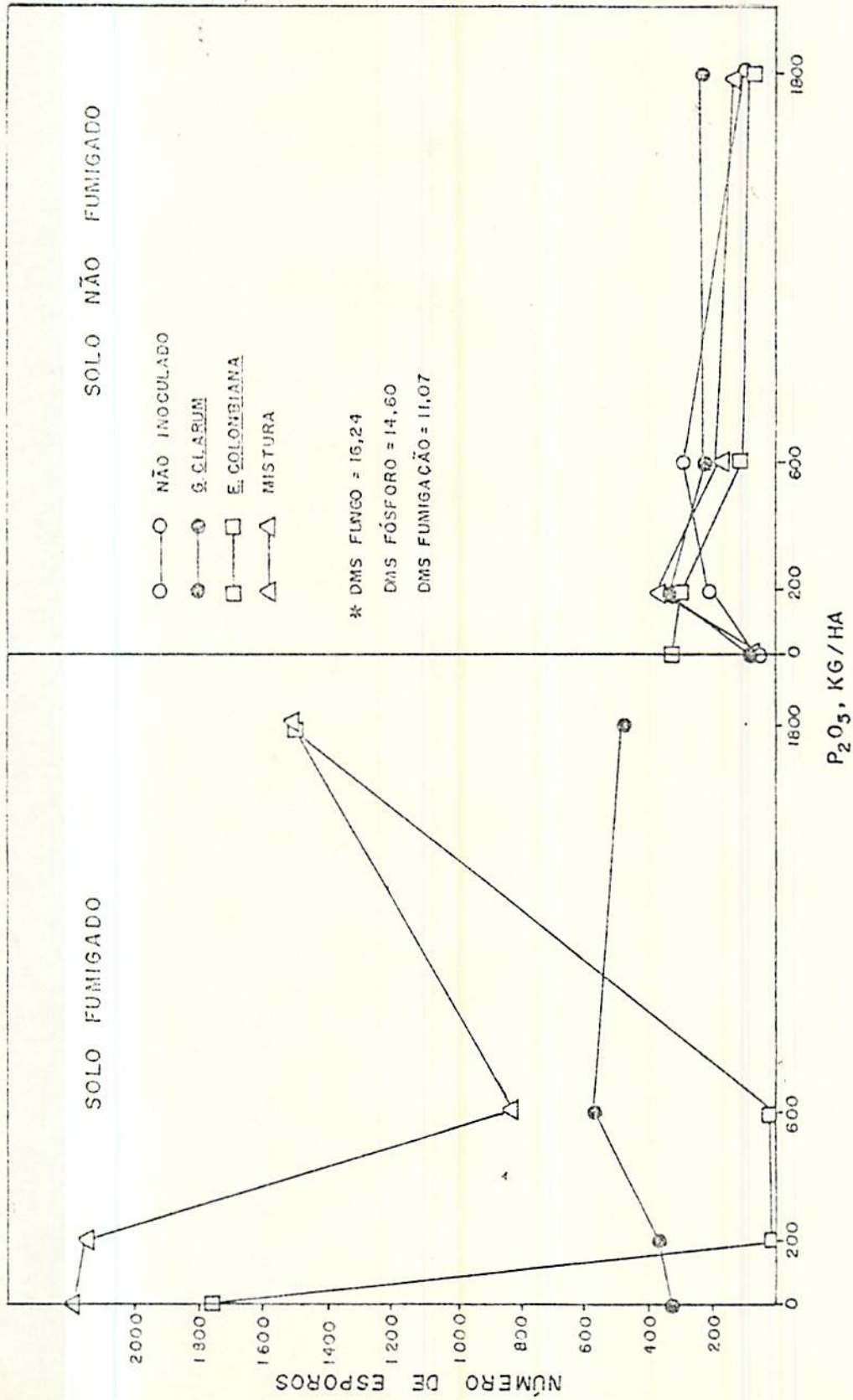


FIGURA 2 - Efeitos de doses de fósforo no número de esporos de fungos micorrízicos em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

vo Acaulospora appendicula (Spain, Sieverding & Schenck), presente no solo não fumigado, apresentou tendência em aumentar a produção de esporos com adição de P_2O_5 ao solo. Estes resultados estão de acordo com SYLVIA & SCHENCK (93), que observaram que os fungos micorrízicos VA diferem em tolerância aos níveis de fósforo no solo e que a adição de superfosfato ao solo melhora a colonização radicular e esporulação do G. clarum.

A produção de esporos no tratamento com mistura de fungos em solo não fumigado, foram menores que em solo fumigado (Figura 2). Comportamento semelhante foi observado para E. colombiana nas doses 0 e 1800 kg/ha de P_2O_5 . Apesar de não ser observado diferença significativa na produção de esporos pelo G. clarum, o número de esporos em solo não fumigado foi ligeiramente menor que em solo fumigado. Estes resultados possivelmente seja devido a presença de fungos hiperparasíticos (ROSS & RUTTENCUTTER, 79) e a existência de outros fatores bióticos existentes no solo não fumigado conforme as observações de ROSS (78), da existência de uma "micosfera" ao redor do micélio dos fungos micorrízicos VA no solo. Os metabólitos dos organismos dentro desta "micosfera" pode ser absorvido pelo micélio e ser transportado para as raízes e a acumulação desses metabólitos dentro dos fungos e/ou raízes pode atuar como um mecanismo inibitório na redução da esporulação dos fungos micorrízicos VA.

4.2. Características da Parte Aérea

Os resultados da análise de variância das características número total de folhas, número de folhas retidas, altura média da planta e diâmetro médio da haste estão contidos no Quadro 3A.

4.2.1. Produção e Retenção de Folhas

Verificou-se que em plantas do tratamento não inoculado, em solo fumigado, a aplicação de P favoreceu a produção de folhas, apresentando efeitos significativos para as doses mais altas de P_2O_5 (Figura 3). Resultados semelhantes foram obtidos por KUMAR et alii (51) e PERIM (68) os quais afirmam que a aplicação de P aumentou o número total de folhas na mandioca. Como plantas micorrizadas em solo esterilizado normalmente contêm maiores teores de P que as não micorrizadas (HOWELER, 37 e YOST & FOX, 98), a inoculação com G. clarum e mistura de fungos apresentaram efeitos positivos na produção de folhas nas doses de 0, 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 .

Em solo não fumigado e sem inoculação, a produção total de folhas apresentou comportamento semelhante à inoculação com G. clarum, E. colombiana e mistura destes fungos (Figura 3). Este comportamento é atribuído à presença de fungos micorrízicos VA nativos, principalmente Acaulospora appendicula.

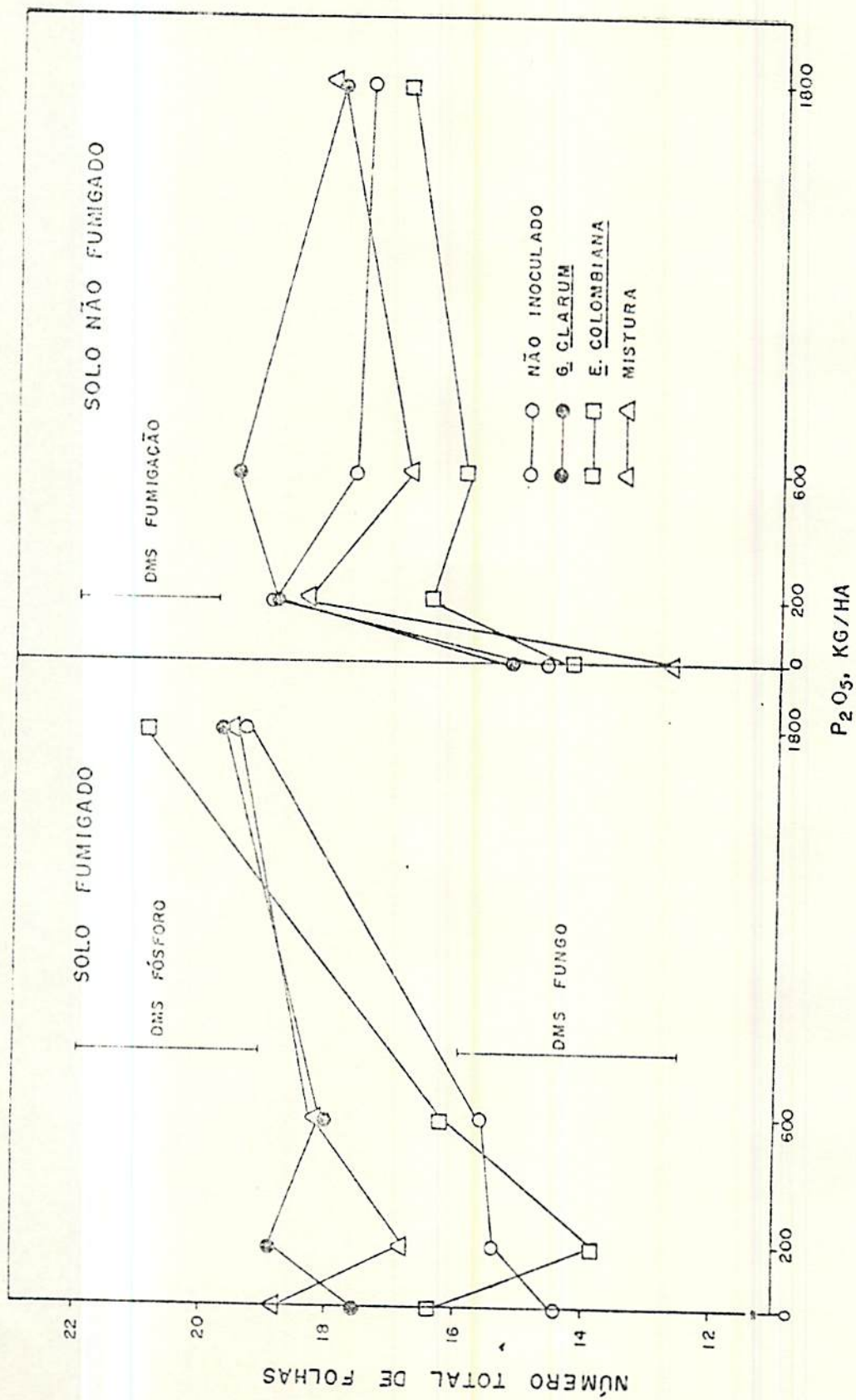


FIGURA 3 - Efeito de doses de fósforo no número total de folhas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras -

MG. 1987.

Observa-se (Figura 3) que nos tratamentos não inoculado, G. clarum e mistura de fungos apresentaram maiores produções de folhas totais nas doses de 200, 600 e 1800 kg/hã de P_2O_5 em solo não fumigado.

Da mesma forma que o fósforo favorece a produção de folhas, ele contribui para aumentar a retenção de folhas na planta (Figura 4). Este efeito foi observado tanto nos tratamentos com micorrizas quanto no não inoculado em solo fumigado (Figura 4). Resultados semelhantes foram relatados por PERIM (68), KUMAR et alii (51) em mandioca e em noqueira por KORMANIK (50).

Os maiores benefícios da simbiose micorrízica são encontrados em baixos níveis de fósforo no solo (COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA, 16). A retenção de folhas em plantas de mandioca apresentou maior benefício pela micorrização na ausência de P no solo fumigado. Na dose 200 kg de P_2O_5 /ha a inoculação com G. clarum e mistura de fungos apresentaram pequeno aumento na retenção de folhas porém não diferiram estatisticamente do tratamento não inoculado (Figura 4). Nas doses de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 não foram observadas diferenças significativas. Isto indica que o efeito da micorrização sobre a retenção das folhas é mediado pelo P na planta.

Em solo não fumigado foram observados comportamentos diferentes do encontrado em solo fumigado. No tratamento não inoculado encontrou-se alta retenção das folhas nas doses mais baixas de P_2O_5 (Figura 4), evidenciando o efeito positivo dos fungos micorrízicos nativo, principalmente Acaulospora appendicula. Neste

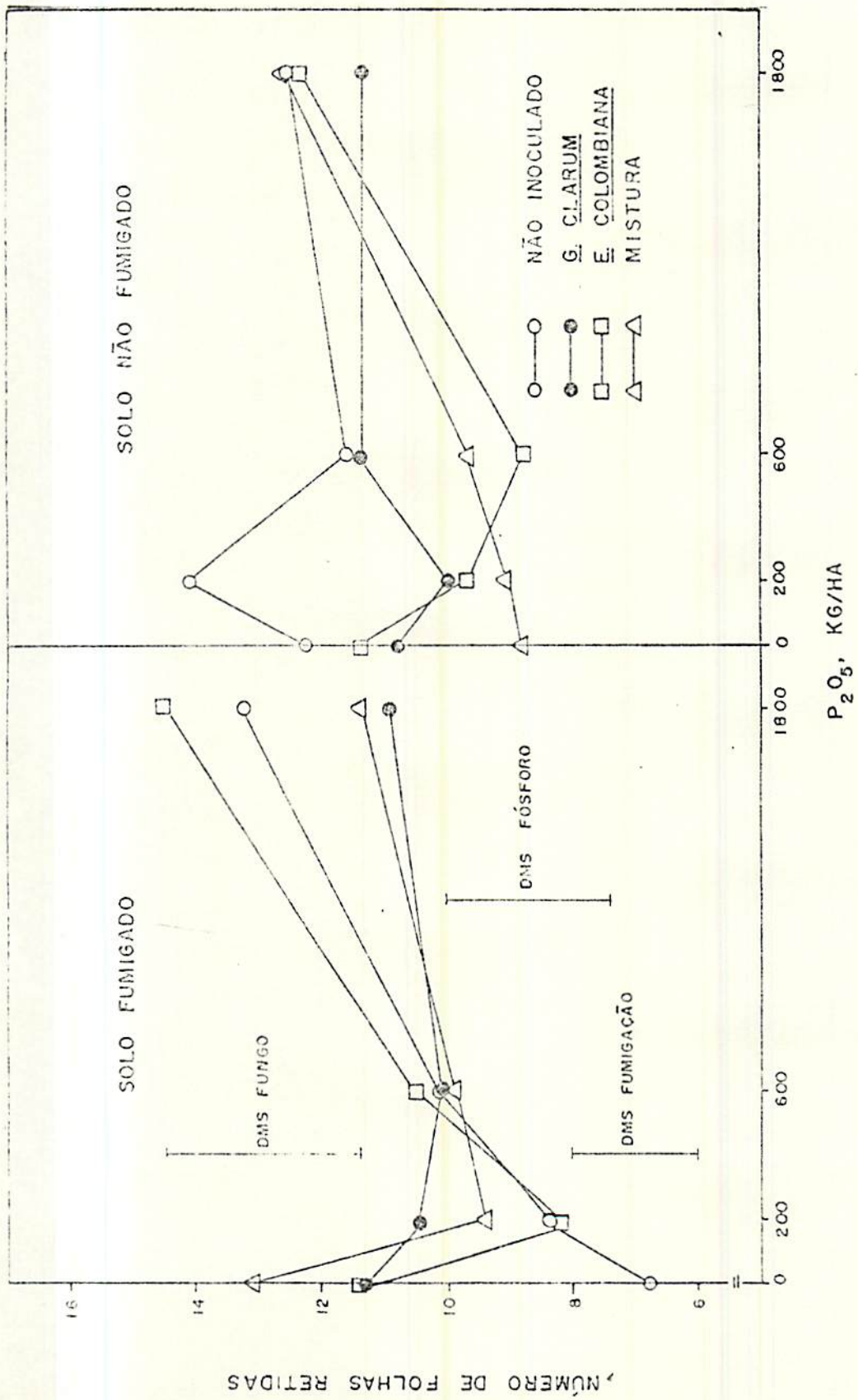


FIGURA 4 - Efeito de doses de fósforo no número de folhas retidas em plantas de mandio
ca, inoculadas com fungos micorrizicos VA em solo fumigado e não fumigado.
ESAL, Lavras - MG. 1987.

solo, a inoculação com G. clarum, E. colombiana e a mistura desses fungos, não apresentaram efeitos benéficos significativos na retenção de folhas pela mandioca quando comparada ao tratamento não inoculado.

A incidência de Oídio (Oidium manihotis P. Henn.) foi observada aos 72 dias de plantio da mandioca. A análise de regressão dos dados de número de manchas foliares causadas por oídio resultaram equações do 2º grau para G. clarum, E. colombiana e mistura e equação do 1º grau para ausência de inoculação (Figura 5). A maior incidência de oídio foi observado nos tratamentos com G. clarum e mistura de fungos que apresentaram aumento no número de manchas foliares com aplicação de até 600 kg/ha de P_2O_5 .

A maior incidência de manchas foram observadas nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 provavelmente ocasionando maior queda de folhas, reduzindo o efeito do G. clarum na retenção de folhas pela mandioca.

4.2.2. Altura Média da Planta e Diâmetro Médio da Maior Haste

O crescimento em altura e diâmetro do caule de plantas não inoculadas em solo fumigado, aumentaram em função da adição de P (Figura 6). Esses resultados concordam com os obtidos por PERIM (68) e KUMAR et alii (51).

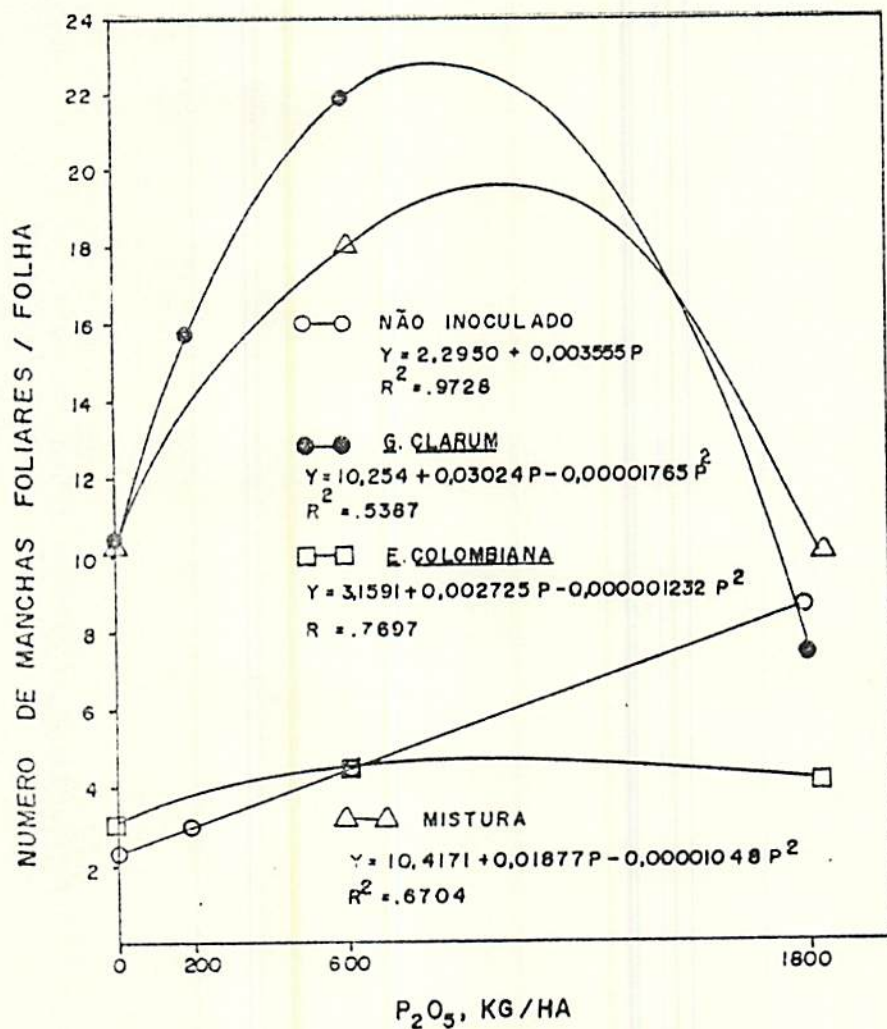


FIGURA 5 - Efeito de doses de fósforo no número de manchas foliares causadas por oídio em mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA. ESAL, Lavras - MG. 1987.

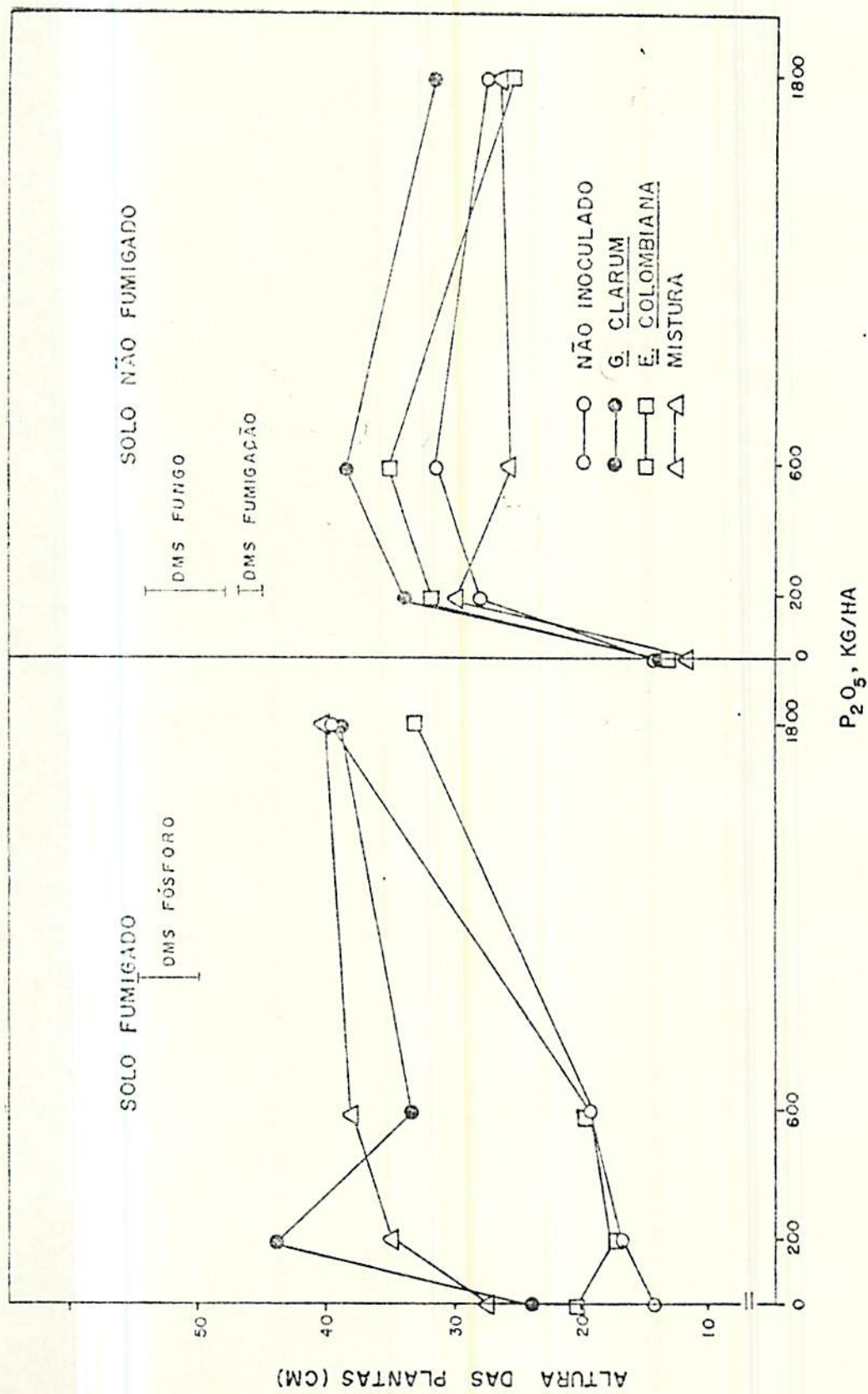


FIGURA 6 - Efeito de doses de fósforo na altura de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG.

Em solo fumigado, a inoculação com G. clarum e mistura de fungos nas doses de 0, 200, 600 kg/ha de P_2O_5 mostrou-se benéfica enquanto que E. colombiana apenas mostrou efeito benéfico quando não se adicionou P (Figura 6).

Em solo não fumigado, inoculadas com G. clarum e E. colombiana, apresentaram maiores alturas nas doses 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 , e na dose de 1800 kg/ha de P_2O_5 houve uma redução na altura da planta. Os tratamentos não inoculado e inoculação com mistura de fungos apresentaram maiores alturas nas doses de 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 (Figura 6).

Não foram observadas respostas positivas da inoculação de fungos micorrízicos VA em solo não fumigado (Figura 6) para altura da planta e diâmetro do caule na ausência de P. Nas doses 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 verificou-se efeitos significativos para altura e diâmetro com inoculação com G. clarum. À semelhança da produção de folhas, não se observou respostas positivas da inoculação na dose de 1800 kg/ha de P_2O_5 para altura e diâmetro do caule.

4.3. Acumulação de Matéria Fresca e Seca

Encontram-se no Quadro 6A, os resumos das análises de variância referentes ao peso da matéria fresca e seca da parte aérea, matéria fresca e seca das raízes e matéria fresca e seca total.

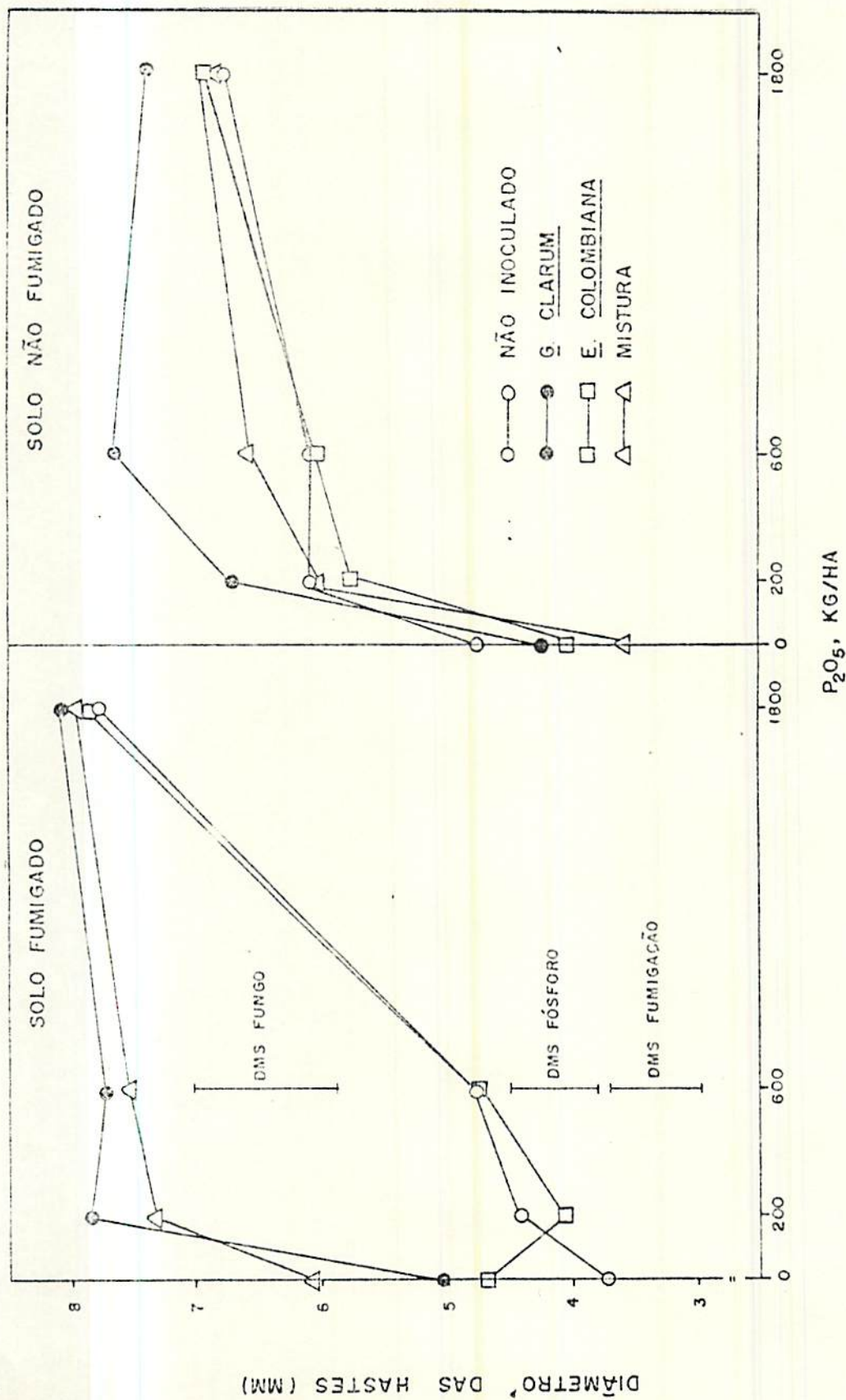


FIGURA 7 - Efeito de doses de fósforo no diâmetro das hastes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

4.3.1. Parte Aérea

Observa-se que no tratamento não inoculado, em solo fumigado que as doses de fósforo proporcionaram aumentos significativos no peso da matéria fresca e seca da parte aérea (Figuras 8 e 9), confirmando os resultados obtidos por PERIM (68). Estas respostas eram esperadas, porquanto o teor médio de 1,65 ppm de P no solo utilizado (Quadro 1) está abaixo do nível crítico da mandioca, micorrizada ou não, estabelecido por HOWELER et alii (45). Os resultados obtidos indicam a capacidade reduzida da mandioca em desenvolver-se em solos desinfestados e deficientes em P, especialmente em condições de casa-de-vegetação (4, 37, 98). De acordo com esses autores, este fato é devido à ineficiência do sistema radicular em absorver P, e mostram que a adaptação da mandioca em solos de baixa fertilidade, está associada a formação de micorriza.

A produção de matéria fresca e seca da parte aérea em solo não fumigado, a ausência de inoculação apresentou comportamento semelhante aos tratamentos com inoculação, exceto para inoculação com G. clarum nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 , o que pode ser atribuído a presença de fungos nativos.

Verifica-se nas Figuras 8 e 9 que em solo fumigado, as inoculações com G. clarum e mistura de fungos promoveram maior produção de matéria fresca e seca da parte aérea, sendo estes efeitos mais nítidos nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 . A maior resposta a inoculação foi obtida com aplicação de 200 kg/ha de P_2O_5 ,

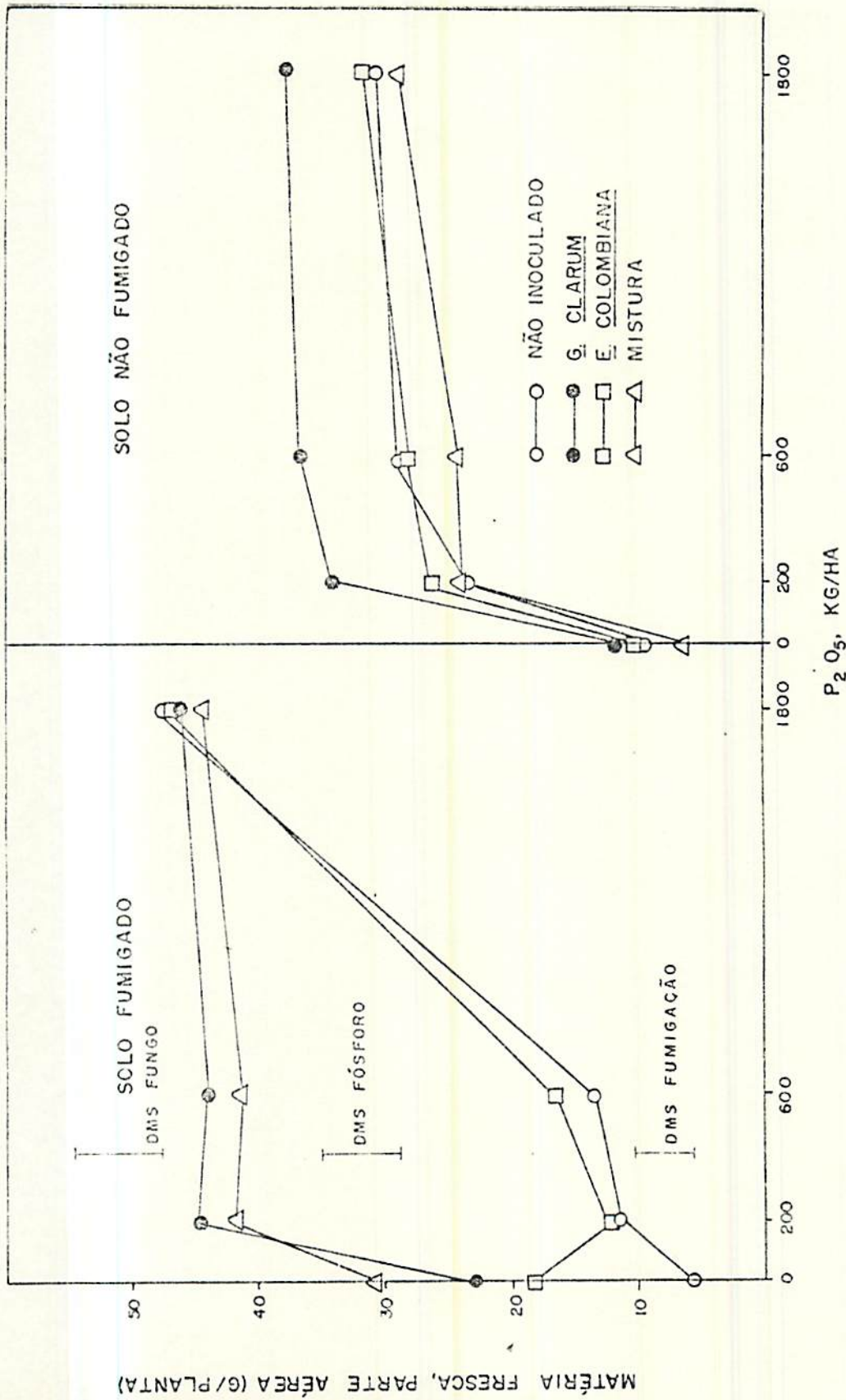


FIGURA 8 - Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria fresca da parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

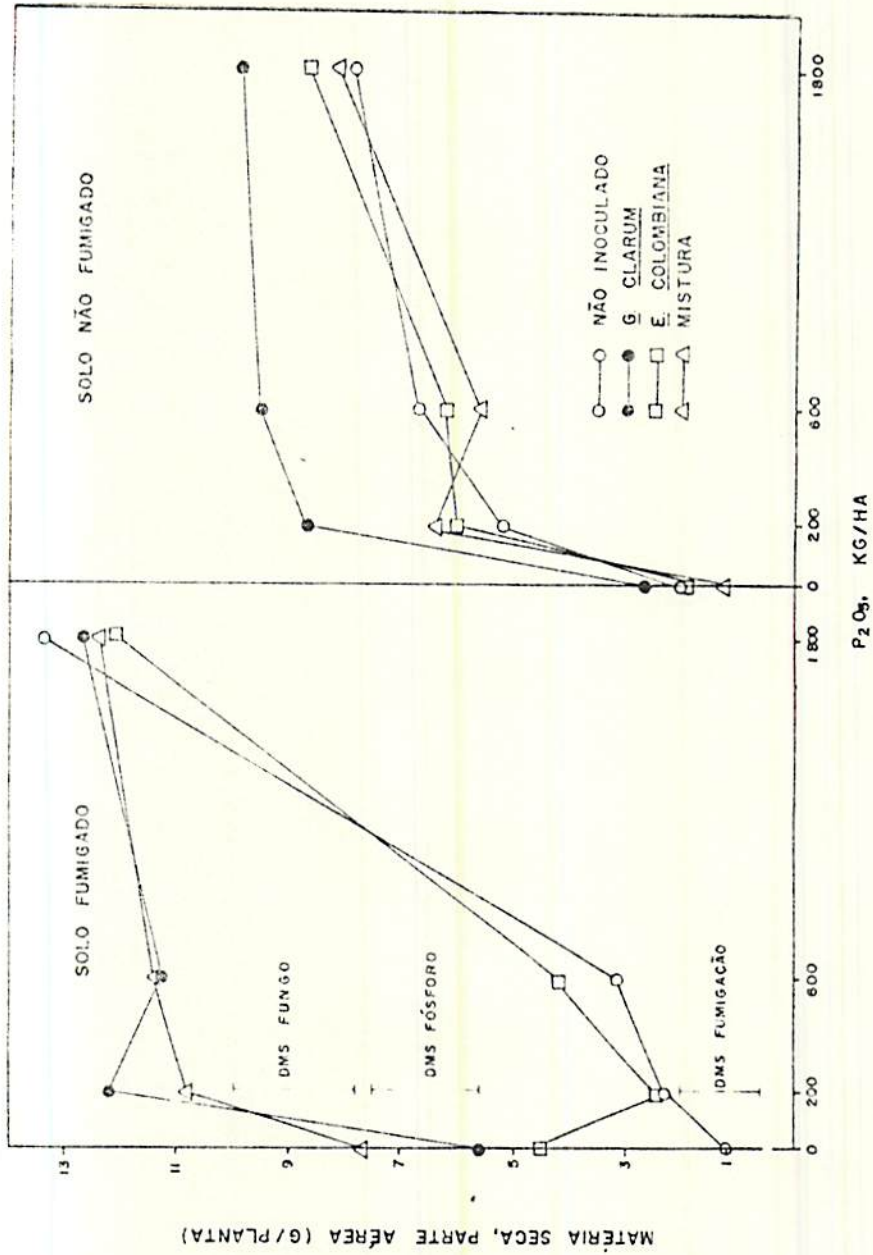


FIGURA 9 - Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria seca da parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

(5,5 ppm de P no solo) indicando que o G. clarum se beneficia da adição de P, fato também observado por HOWELER (39) para o Glomus manihotis. Em solo não fumigado a inoculação de G. clarum foi benéfica nas doses 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 .

A inoculação com E. colombiana apresentou aumento na produção de matéria fresca e seca na parte aérea somente na ausência de P em solo fumigado (Figuras 8 e 9). A resposta significativa observada pela inoculação da mistura de fungos em solo fumigado é atribuída ao G. clarum, sendo seu efeito ligeiramente menor que a inoculação com G. clarum isoladamente nas doses de 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 , porém estatisticamente semelhante, devido ao potencial de inóculo, pois foram utilizados um total de 1.000 esporos/bandeja, sendo 500 de G. clarum e 500 de E. colombiana.

A inoculação com mistura de fungos em solo fumigado, sem adição de P foi superior aos demais tratamentos de inoculação na produção de matéria fresca e seca da parte aérea. Este efeito pode ser atribuído à efetividade tanto do G. clarum como do E. colombiana.

Os resultados aqui relatados confirmam aqueles obtidos por CARVALHO (7), EZETA & CARVALHO (27) e outros, que mostram efeitos benéficos da micorrização da mandioca em solo fumigado, porém em solo não fumigado, a inoculação com G. clarum não confirmou os resultados obtidos por estes autores, que não encontraram respostas a micorrização em solo não fumigado.

Foram verificadas relações quadráticas entre os teores de P na parte aérea e acumulação de matéria seca com a inoculação de G. clarum e mistura de fungos e relação linear na ausência de inoculação em solo fumigado (Figura 10). Esta última relação indica que o aumento na absorção de P é o principal mecanismo responsável pelo aumento na acumulação da matéria seca da parte aérea da mandioca. O efeito quadrático para G. clarum e mistura possivelmente seja devido as micorrizas estarem atuando como um dreno de fotossintatos quando os teores de P são mais elevados nos tecidos da planta conforme as observações de SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO (89) em plantulas de cafeeiro. No solo não fumigado foram observadas relação linear para mistura e quadrática para G. clarum e ausência de inoculação. Este comportamento do tratamento sem inoculação em solo não fumigado provavelmente foi ocasionado pela presença de fungos micorrízicos nativos.

4.3.2. Raízes

Verifica-se na Figura 11 que o maior peso de matéria fresca das raízes foi obtido com aplicação de 1800 kg/ha de P_2O_5 em solo não fumigado. Em solo fumigado esse comportamento foi diferente para inoculação com G. clarum que apresentou maior produção de matéria fresca com aplicação de 600 kg/ha de P_2O_5 , não diferindo entretanto nas doses de 200 e 1800 kg/ha de P_2O_5 .

Em solo fumigado (Figura 11), na ausência de P, verifi-

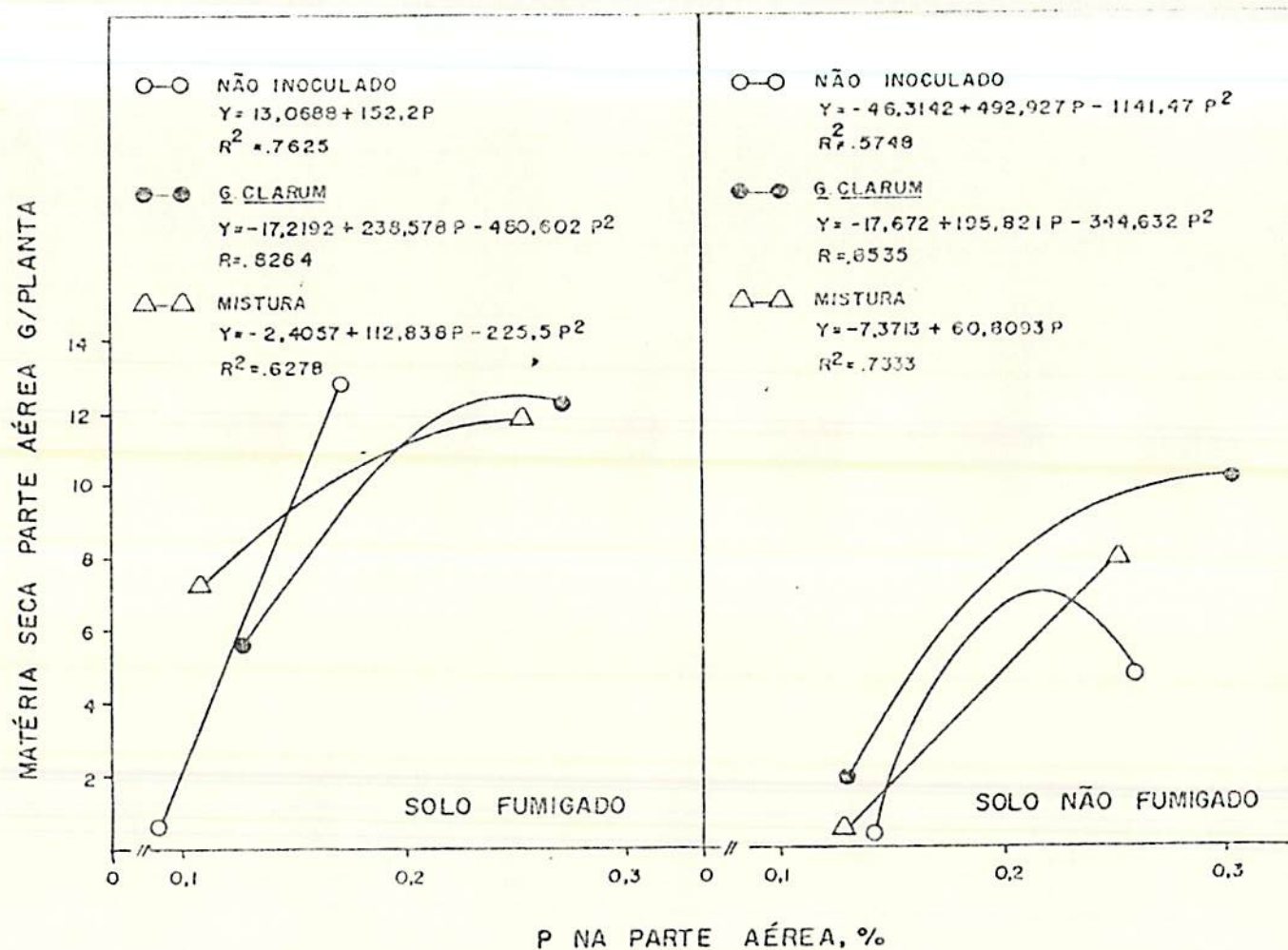


FIGURA 10 - Relação entre os teores de P e acumulação da matéria seca da parte aérea da mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA, em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

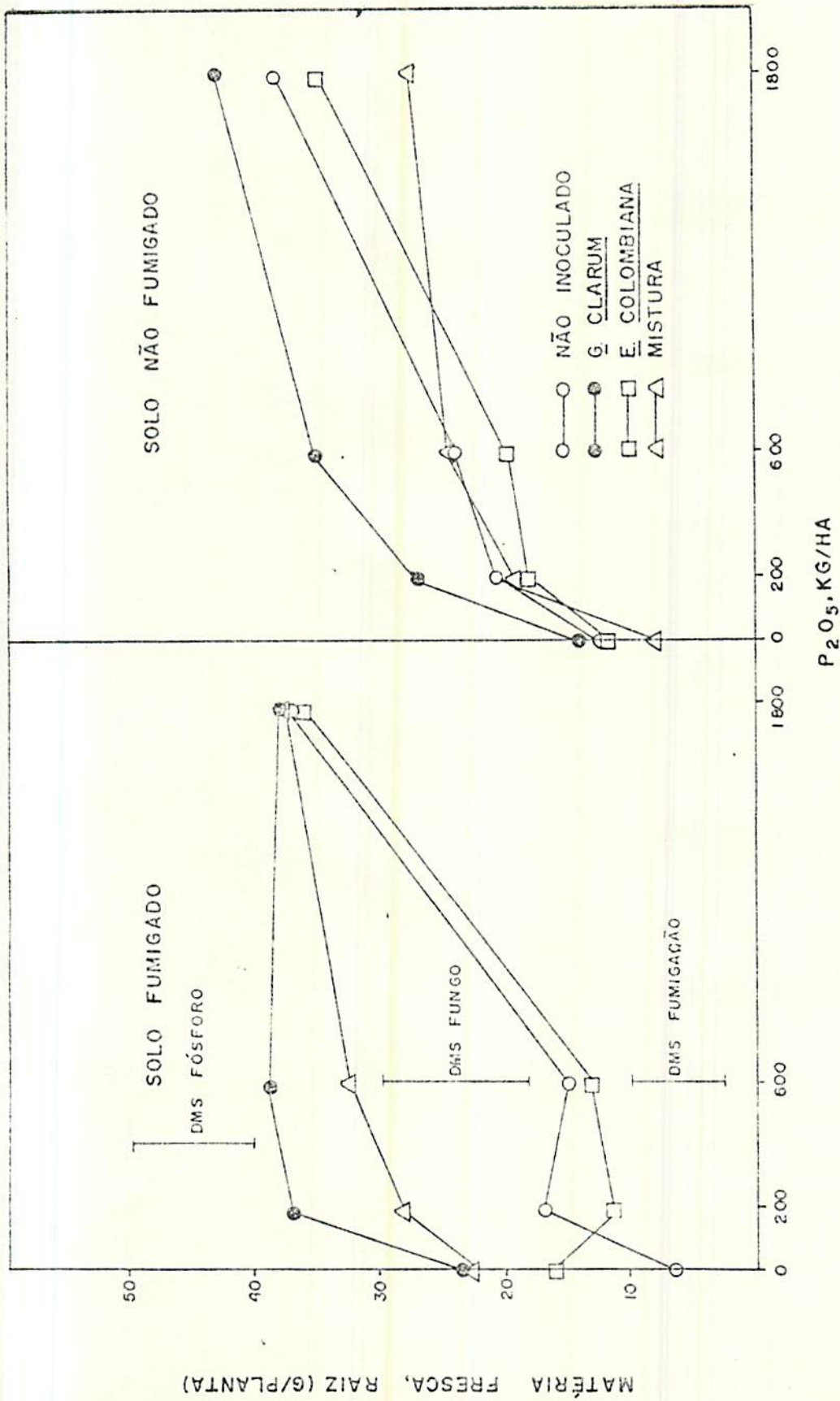


FIGURA 11 - Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria fresca de raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

cou-se que o G. clarum não diferiu do E. colombiana e da mistura, embora apresentasse maior acumulação de matéria fresca de raiz. Nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 a inoculação com G. clarum e mistura de fungos foram superiores na acumulação de matéria fresca nas raízes.

Respostas positivas da inoculação com a mistura de fungos nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 aplicados, em solo fumigado, embora não diferisse do tratamento com a inoculação de G. clarum foi inferior e pode ser atribuída ao potencial de inóculo do G. clarum na mistura de fungos.

Em solo não fumigado apenas a inoculação com G. clarum apresentou tendência positiva à produção de matéria fresca de raízes nas doses de 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 (Figura 11).

O suprimento adequado de fósforo determinam maiores produções de raízes de mandioca com altos níveis de carboidratos (TANAKA et alii, 94), pois de acordo com MALAVOLTA et alii (61) e HOWELER (38), pois o fósforo é essencial para o processo de fosforilação no metabolismo dos carboidratos. Assim, em solos com baixos teores de fósforo justificam as respostas na produção de matéria fresca das raízes pela adição de P em solos deficientes como encontrados por CORRÊA et alii (19), NUNES et alii (65) e COELHO & FALCÃO (15) encontraram respostas crescentes linearmente com a aplicação de fósforo na produção de raízes.

As análises de regressão dos dados de peso de matéria seca de raízes mostram efeitos lineares significativos para trata

mento não inoculado e inoculado com E. colombiana, quadrático para inoculação com mistura de fungos e G. clarum (Figura 13). A aplicação de P teve efeito linear significativo tanto para solo fumigado como para não fumigado. Esta resposta era esperada pois a relação entre o P_2O_5 adicionado e P disponível no solo, apesar do efeito quadrático, apresentou aumento de P disponível com aumento da dose de P_2O_5 adicionado (Figura 12).

Observa-se na Figura 13, que a maior produção de matéria seca das raízes foi obtida com a aplicação de 1800 kg/ha de P_2O_5 . Este resultado, a semelhança da produção de matéria fresca das raízes, mostra a importância do fósforo na produção de matéria seca de raízes, fato documentado em condições de campo por CORRÊA et alii (19) que encontraram resposta crescente linearmente com o fósforo na produção de matéria seca de raízes, semelhantes aos obtidos neste experimento em solo fumigado e não fumigado.

Não se observou influência da fumigação do solo na inoculação com fungos micorrízicos VA (Figura 14), verificando-se diferença significativa somente no tratamento não inoculado, sendo maior a produção de matéria seca de raízes em solo não fumigado, devido à presença de fungo micorrízico VA nativo.

A inoculação da mandioca com G. clarum, tanto em solo fumigado como em solo não fumigado apresentou comportamento semelhante para produção de matéria seca de raízes, sendo superior aos demais tratamentos (Figura 14) de inoculação, à exceção da inoculação com mistura de fungos em solo fumigado que não diferiu esta-

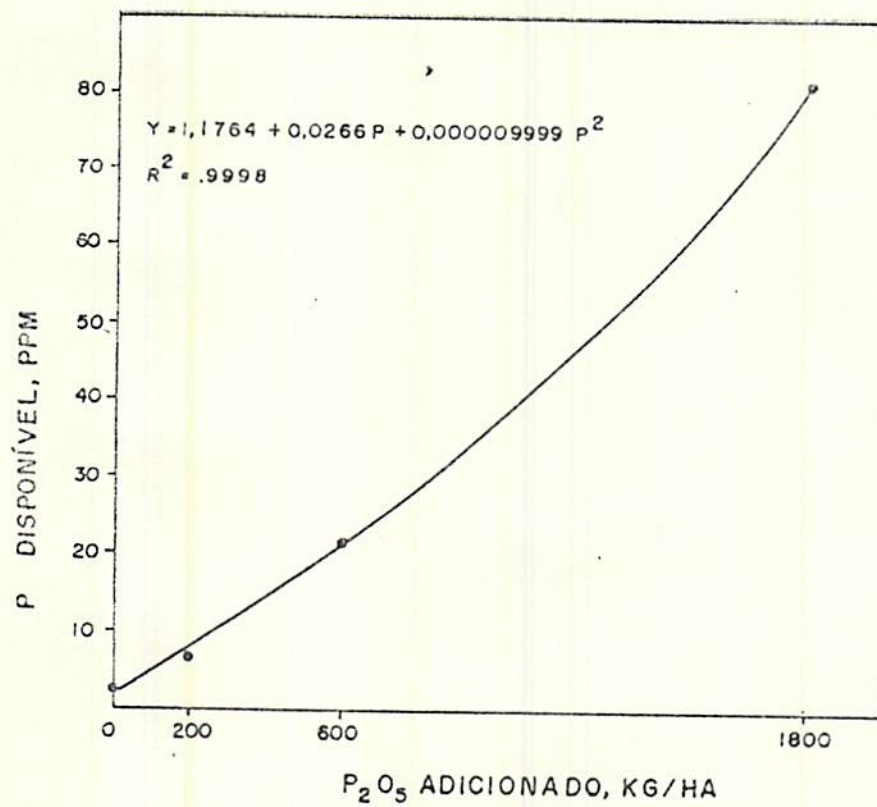


FIGURA 12 - Efeito da adição de doses crescentes de P₂O₅ no nível de P disponível no solo. ESAL, Lavras - MG. 1987.

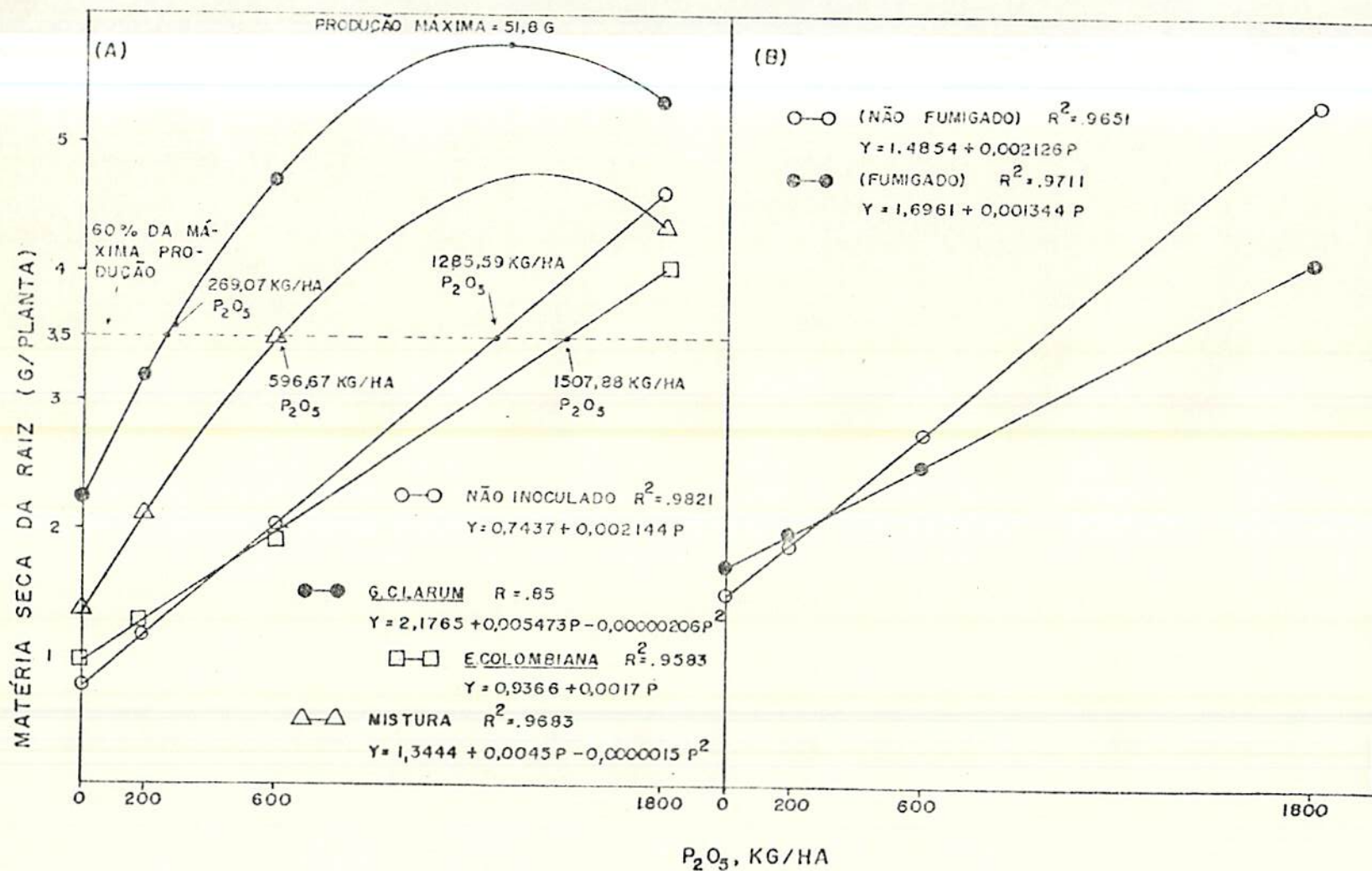


FIGURA 13 - Curvas de regressão para doses de fósforo e acumulação de matéria seca de raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA (A) e fumigação do solo (B). ESAL, Lavras - MG. 1987.

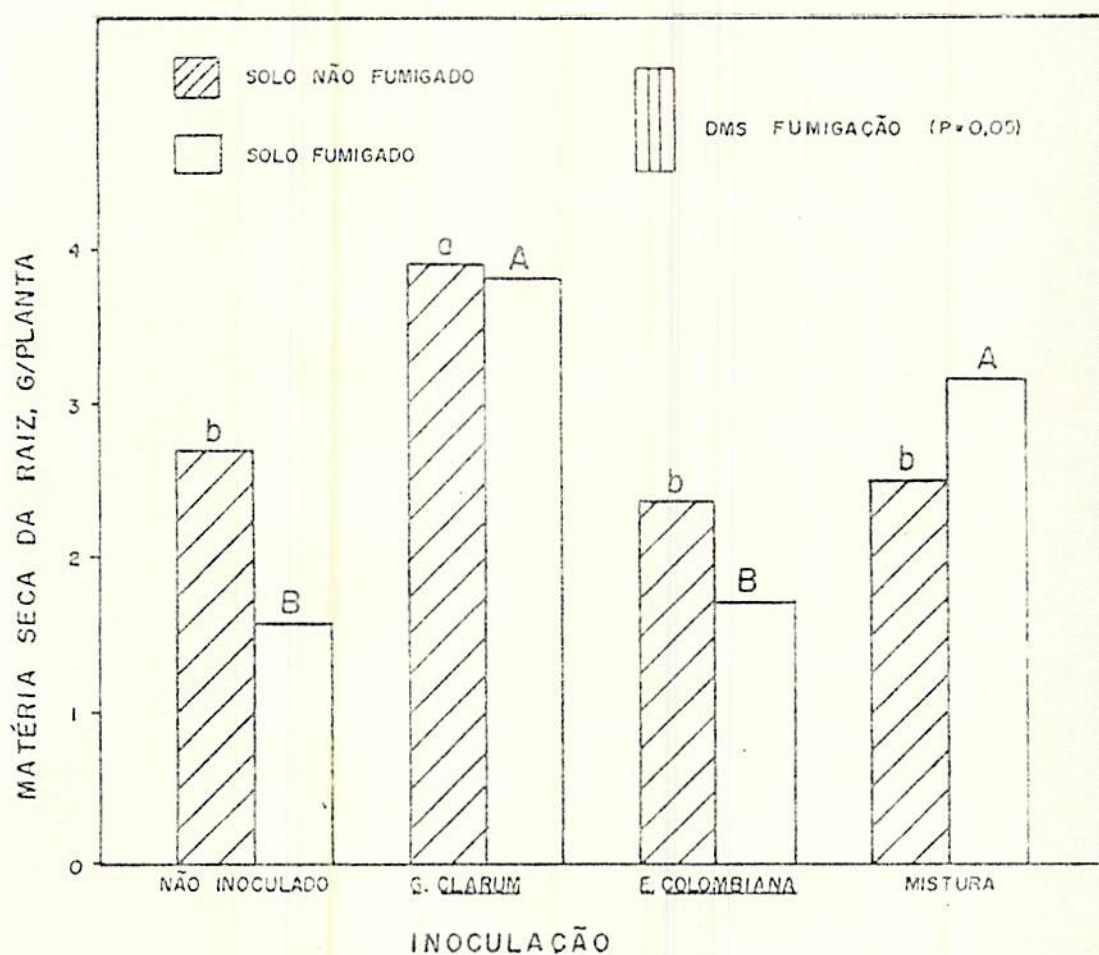


FIGURA 14 - Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA, na acumulação de matéria seca de raízes de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987.

tisticamente. Este efeito possivelmente possa ser atribuído à presença do G. clarum que conseguiu se estabelecer e contribuir no desenvolvimento do sistema radicular da mandioca no solo fumigado. Fato não verificado em solo não fumigado, possivelmente em função do potencial de inóculo e à presença de fungos hiperparasíticos, constituindo em fator negativo (ROSS & RUTTENCUTTER, 79) e impedindo a real expressividade dos benefícios induzidos pelo G. clarum.

A maior resposta do G. clarum na acumulação de matéria seca nas raízes foi com aplicação de 200 kg/ha de P_2O_5 que apresentou um aumento na ordem de 201% em relação ao tratamento não inoculado. Na dose de 1800 kg/ha de P_2O_5 a inoculação com G. clarum apresentou um aumento relativo na produção de matéria seca de raízes na ordem de 15%. Segundo HOWELER (39) trabalhando com Glomus manihotis verificou que é necessário um determinado nível de fósforo no solo para apresentar respostas positivas no desenvolvimento da mandioca. SYLVIA & SHCENCK (93) sugerem que o G. clarum é tolerante a altos níveis de fósforo no solo e SCHUBERT & HAYMAN (84) demonstraram que este fungo é inefetivo em baixos níveis de fósforo.

Verifica-se na Figura 13, que para produção de 60% de matéria seca de raízes em relação ao máximo (5,8 g com G. clarum) foi alcançada com inoculação do G. clarum, mistura e E. colombiana adicionando-se 269,07; 596,67 e 1285,59 kg/ha de P_2O_5 respectivamente e no tratamento sem inoculação foram necessários adicionar 1507,88 kg/ha de P_2O_5 para alcançar esta produção.

4.3.3. Planta Total

Verificando-se a significância do teste F da análise de variância (Quadro 6A) e comparação de médias pelo teste de Tukey (Quadro 10A) da produção de matéria fresca e seca da parte aérea da mandioca, nota-se que estas características apresentaram comportamento semelhantes.

O fósforo é o macronutriente mais importante para a cultura da mandioca (EDWARDS et alii, 23 e HOWELER, 37) e como esta apresenta um sistema radicular ineficiente na absorção de nutrientes, requer alto teor de fósforo na solução do solo em condições artificiais para o máximo crescimento. Assim as respostas da mandioca à adubação fosfatada observados nas Figuras 15 e 16 podem ser atribuídas provavelmente ao baixo teor deste macronutriente no solo, associado ao aumento da disponibilidade de cálcio com incrementos das doses de P_2O_5 (Quadro 1).

Como os fungos micorrízicos contribuem na absorção de nutrientes, favorecendo o crescimento de plantas de mandioca (8, 28, 51, 98) era de se esperar respostas à inoculação com fungos micorrízicos VA em solo fumigado. Verifica-se nas Figuras 15 e 16 que a inoculação com G. clarum e misturas de fungos apresentaram maiores respostas na produção de matéria fresca e seca total com aplicação acima de 200 kg/ha de P_2O_5 em solo fumigado. A maior resposta obtida na produção de matéria fresca e seca total foi na dose de 200 kg/ha de P_2O_5 , sendo 291 e 451% respectivamente superior ao

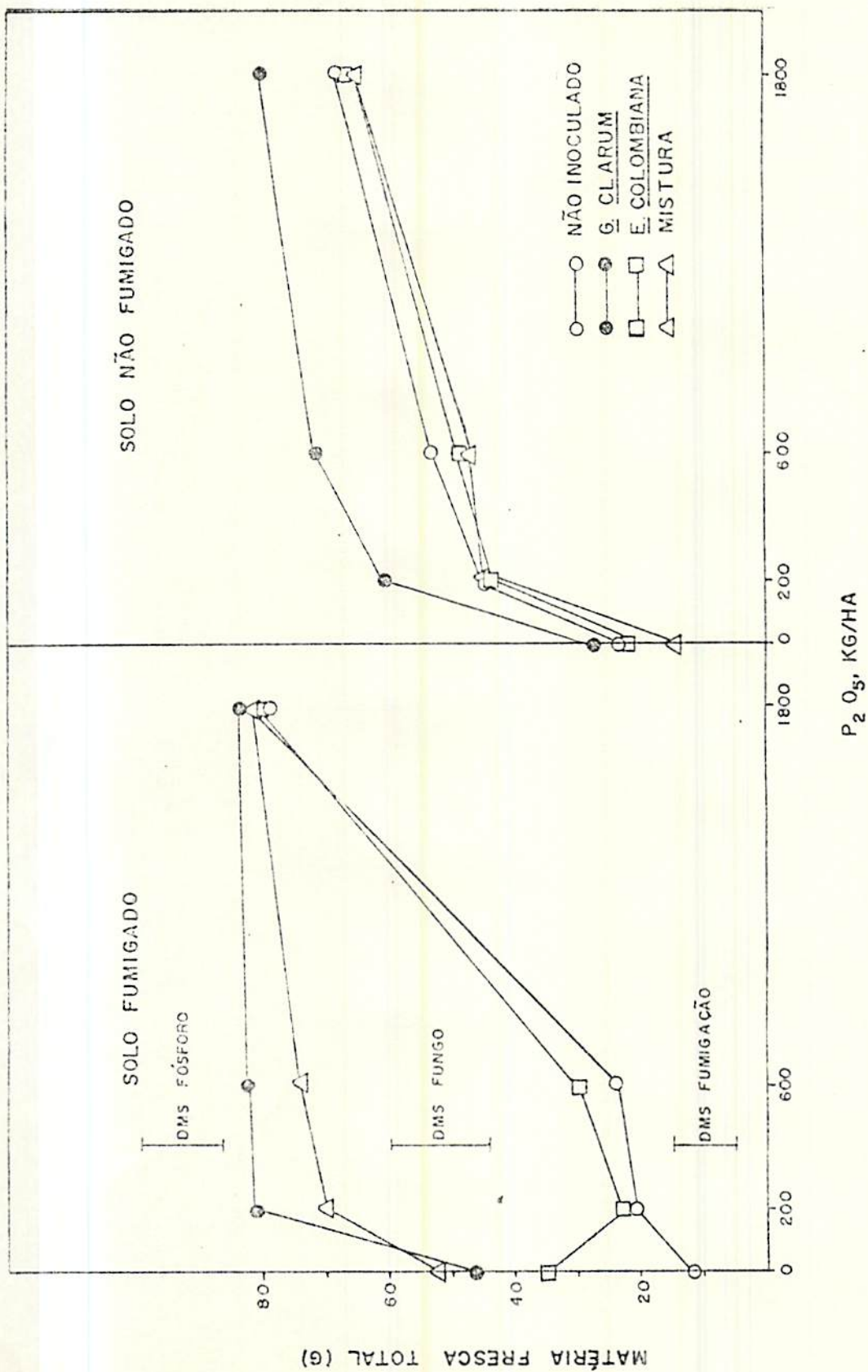


FIGURA 15 - Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria fresca total de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

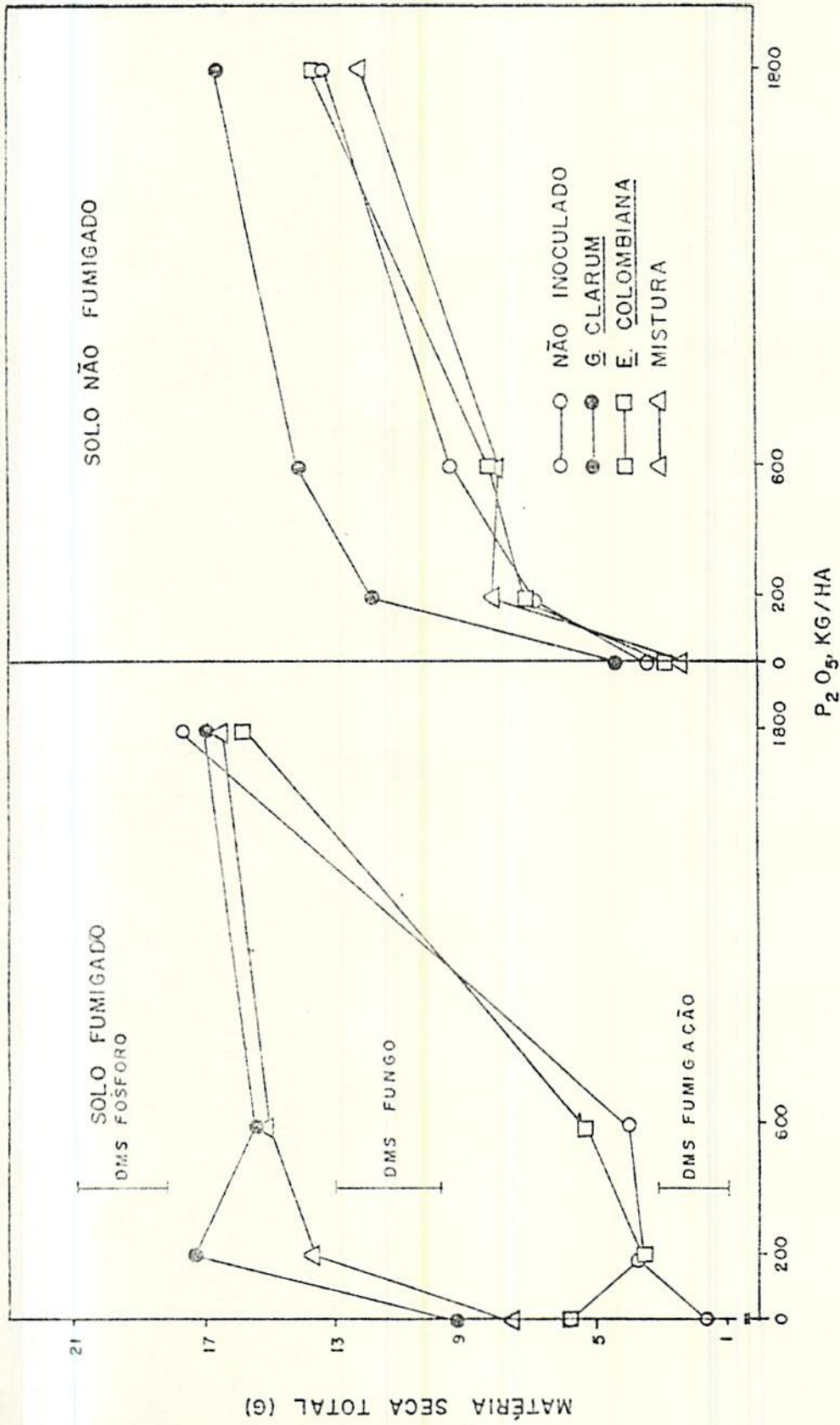


FIGURA 16 - Efeito de doses de fósforo na acumulação de matéria seca total de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

tratamento não inoculado, não se observando efeito destas com aplicação de 1800 kg/ha de P_2O_5 .

Em solo não fumigado as respostas dos tratamentos de inoculação em função das doses de fósforo tenderam a se apresentar semelhantes na produção de matéria fresca e seca total, porém a inoculação com G. clarum foi estatisticamente superior nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 (Figuras 15 e 16).

4.4. Comentários (I)

A colonização radicular pelos fungos micorrízicos VA em solo fumigado não foram influenciadas pela elevação das doses de P_2O_5 , enquanto em solo não fumigado ocorreu o contrário quando da inoculação com G. clarum e mistura. Aos 90 dias a colonização radicular em solo não fumigado foi menor que em solo fumigado.

O número de esporos produzidos pelos fungos micorrízicos não foi influenciado pelas doses de P_2O_5 , exceção feita ao E. colombiana que apresentou maior número de esporos quando fósforo não foi aplicado e com aplicação de 1800 kg/ha de P_2O_5 . Verificou-se em solo não fumigado a presença de esporos do fungo nativo A. appendicula em pequeno número.

A inoculação com G. clarum apresentou efeito positivo na produção de folhas em solo fumigado, não sendo observado este efeito em solo não fumigado. Os efeitos benéficos da micorrização

na retenção de folhas foram observados apenas quando fósforo não foi adicionado em solo fumigado.

Os efeitos benéficos da inoculação da mandioca com G. clarum na altura das plantas, diâmetro do caule, acumulação de matéria fresca e seca da parte aérea, raízes e planta total foram observados em solo fumigado e não fumigado, sendo mais elevados estes valores quando foram adicionados 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 em solo fumigado. Para produção de 60% da máxima produção de matéria seca de raízes no tratamento com G. clarum foi alcançada com aplicação de 269,07 kg/ha de P_2O_5 . Na ausência da inoculação foram necessárias a adição de 1507,88 kg/ha de P_2O_5 .

4.5. Teores de Nutrientes nos Tecidos da Parte Aérea

4.5.1. Macronutrientes

Os resumos das análises de variância referentes aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea estão contidos no Quadro 11A.

4.5.1.1. Nitrogênio

Os teores de nitrogênio na parte aérea, foram diferentes para as doses de fósforo estudadas, sendo verificado efeito in

verso entre a elevação na dose de P e concentração de N (Figura 17). Com a aplicação de 1800 kg/ha de P_2O_5 , nos tratamentos não inoculado e inoculado com E. colombiana e mistura de fungos em solo não fumigado, verificou-se os menores teores deste nutriente.

A inoculação com G. clarum em ambos os solos (Figura 17) apresentou grande redução no teor de nitrogênio com aplicação de 200 kg/ha de P_2O_5 não diferindo estatisticamente das doses de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 , o mesmo ocorrendo com inoculação de mistura de fungos em solo fumigado.

As análises de correlação mostraram relação linear negativa entre os teores de P e N na parte aérea nos tratamentos com G. clarum ($r = -0,8332$) e mistura de fungos ($r = -0,8723$) em solo não fumigado e para ausência de inoculação ($r = -0,7842$), G. clarum ($r = -0,8959$) e mistura ($r = -0,6158$) em solo fumigado, indicando que com aumento nos teores de P, há uma redução nos teores de N nos tecidos da parte aérea da mandioca.

Considerando que tanto o fósforo como a micorrização aumentam o crescimento vegetativo da mandioca (7, 27, 38), depreende-se que a redução nas concentrações de nitrogênio resultou de diluição do nitrogênio no tecido da planta (JARREL & BEVERLY, 47). Resultados semelhantes foram obtidos por CHAN et alii (13) em plantas de mandioca aos seis meses de idade.

Os teores de nitrogênio encontrados na parte aérea de plantas, foram abaixo do nível crítico citado por HOWELER (40), como sendo de 4,2% para plantas entre 4 a 6 semanas, porém es-

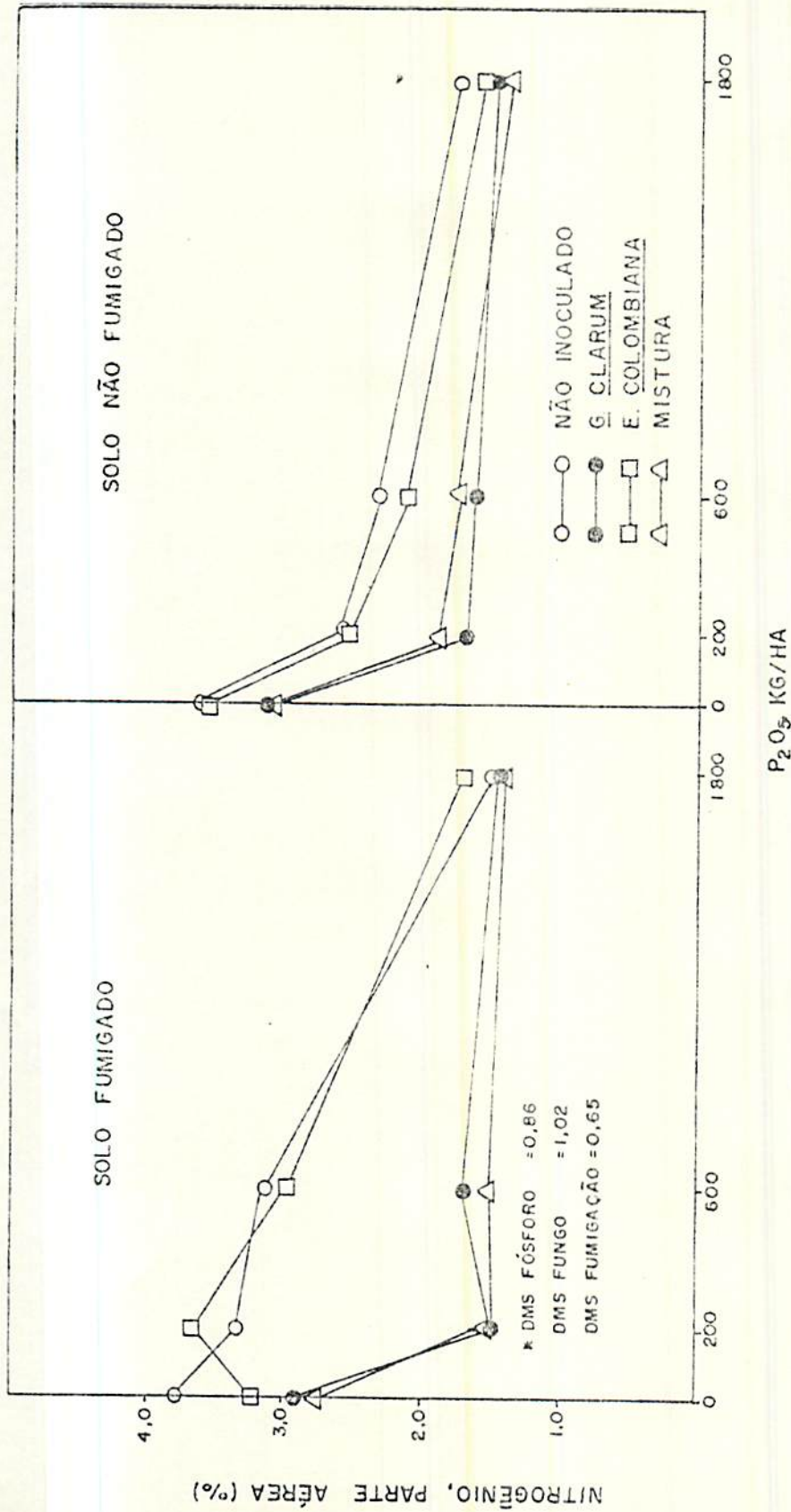


FIGURA 17 - Efeito de doses de fósforo no teor de nitrogênio na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

ses valores foram superiores aos encontrados por PAULA et alii (67).

4.5.1.2. Fósforo

Foram detectados nas plantas, sintomas visíveis de deficiência de fósforo, conforme descritos por ASHER, EDWARDS & HOWELER (4), na fase inicial do desenvolvimento da mandioca, nos tratamentos que não receberam adubação com P e mesmo naqueles que receberam aplicação de 200 kg/ha de P_2O_5 , não se observando esses sintomas nas doses de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 . Estes resultados eram esperados pois P no solo encontrava-se abaixo do nível crítico de 9 ppm sugerido por HOWELER (40). No solo em estudo, o nível de P no tratamento sem adição de P_2O_5 , era de 1,6 ppm e com adição de 200 kg/ha de P_2O_5 este nível elevou-se para apenas 6,1 ppm (Quadro 1).

De acordo com ASHER, EDWARDS & HOWELER (4), a deficiência de fósforo pode reduzir substancialmente o crescimento da mandioca. Foram observados neste experimento menor desenvolvimento das plantas de mandioca no tratamento sem fósforo e nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 no solo não inoculado (Figura 16).

A inoculação com G. clarum e mistura de fungos em solo fumigado foram capazes de aumentar o teor de fósforo na parte aérea da mandioca, porém, quando não houve aplicação de fósforo, houve apenas uma tendência em aumentar este teor (Figura 18). De acor

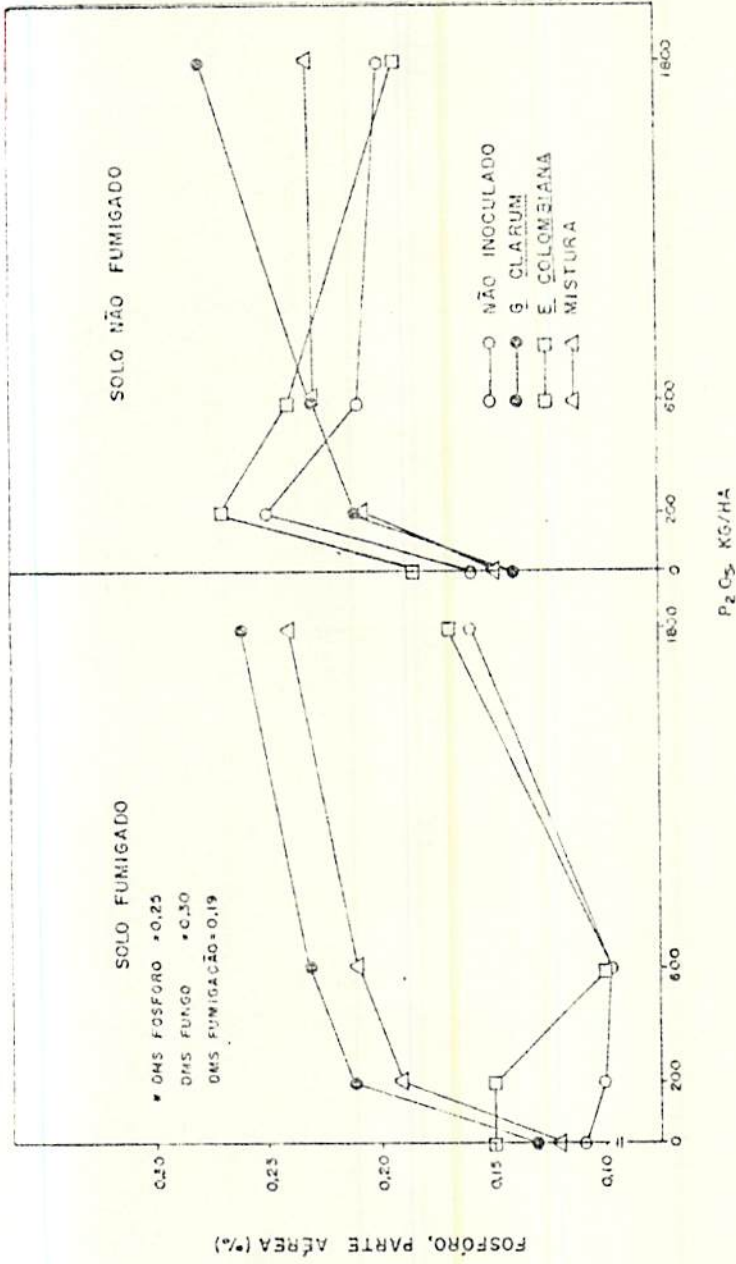


FIGURA 18 - Efeito de doses de fósforo no teor de fósforo na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

do com a revisão feita por COOPER (18) e ZAMBOLIM & SIQUEIRA (99) a maior absorção de P pelas plantas micorrizadas pode resultar da maior área de exploração do solo pelas hifas do fungo que, além de aumentar a área de absorção, podem absorver nutrientes fora da zona de esgotamento que normalmente se desenvolve em torno de raízes absorventes.

A inoculação com G. clarum e mistura de fungos em solo não fumigado apresentou respostas semelhantes às obtidas em solo fumigado. A inoculação com E. colombiana em solo fumigado, mostrou-se eficiente em aumentar o teor de fósforo na parte aérea da mandioca, no tratamento com 0 e 200 kg/ha de P_2O_5 (Figura 18), quando comparado com o tratamento não inoculado em solo fumigado. Os fungos nativos principalmente Acaulospora appendicula presente no solo não fumigado mostrou-se eficiente em aumentar o teor de fósforo na parte aérea da mandioca, sendo maior o teor de P com aplicação de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 . Em solo não fumigado a inoculação com E. colombiana apresentou resposta semelhante aos dos fungos nativos.

Análises de correlação mostraram relação linear negativa entre colonização radicular e teor de P na parte aérea nos tratamentos com G. clarum em solo não fumigado e com mistura de fungos em solo fumigado e não fumigado, indicando que as maiores percentagens de colonização foram observadas quando as plantas apresentaram menores teores de P nos tecidos da parte aérea (Figura 19). Estes resultados estão de acordo com as observações de SIQUEIRA et alii (91).

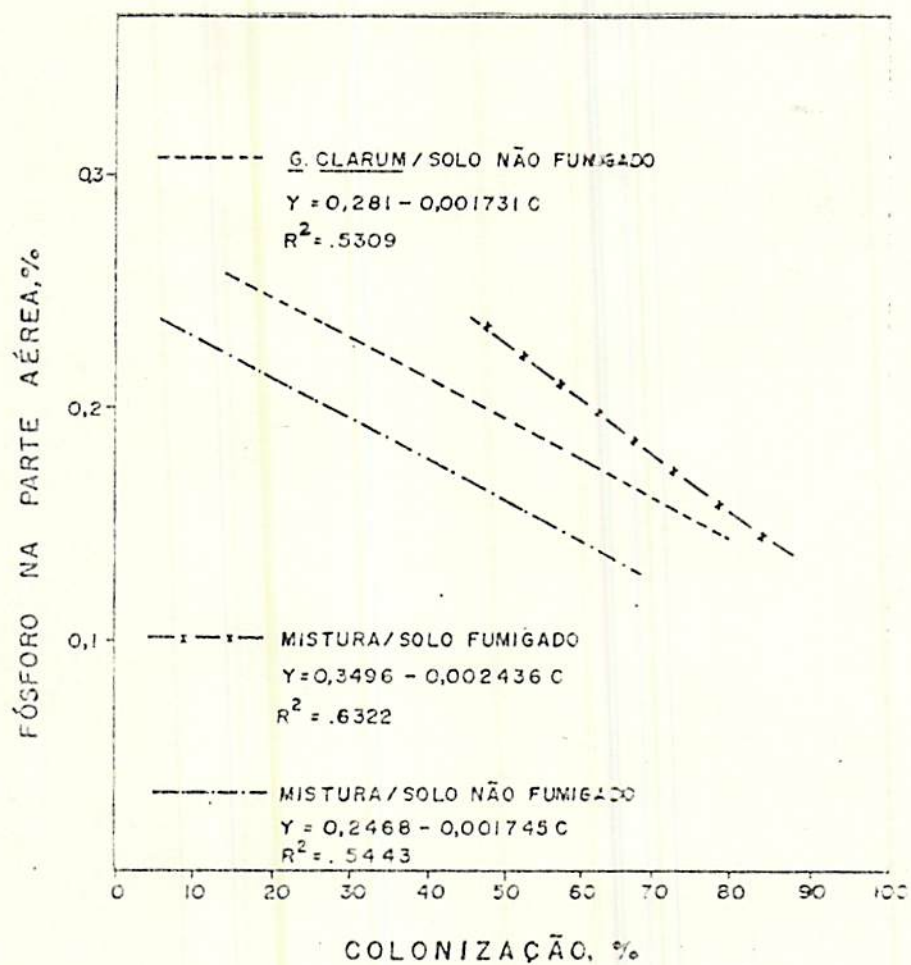


FIGURA 19 - Relação entre os teores de P nos tecidos da parte aérea da mandioca e colonização radicular pelos fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Os teores de fósforo encontrados na parte aérea da mandioca estão situados abaixo do nível crítico. Segundo HOWELER (40) este nível para mandioca está entre 0,47 - 0,66%.

4.5.1.3. Potássio

Verificou-se que os teores de potássio na parte aérea, foram influenciados pelas doses de P_2O_5 , sendo os menores teores encontrados com aplicação de 1800 kg/ha de P_2O_5 (Figura 20).

A inoculação com G. clarum e a mistura de fungos, tanto em solo não fumigado como em solo fumigado apresentou redução no teor de K, nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 (Figura 20).

O efeito de diluição verificado para o nitrogênio na parte aérea da mandioca também foi observado para o potássio.

Análises de correlação mostram relação linear negativa entre os teores de P e K nos tecidos da parte aérea nos tratamentos com G. clarum ($r = -0,8597$) e mistura de fungos ($r = -0,7618$) em solo não fumigado e para ausência de inoculação ($r = -0,8391$), G. clarum ($r = -0,8961$) e mistura ($r = -0,6773$) em solo fumigado. As correlações entre P e K nos tecidos da parte aérea foram semelhantes as relações entre P e N.

Os teores de potássio encontrados na parte aérea, nas doses de 0 e 200 kg/ha de P_2O_5 aplicados nos tratamentos não inoculado e inoculado com E. colombiana se encontram dentro dos ní-

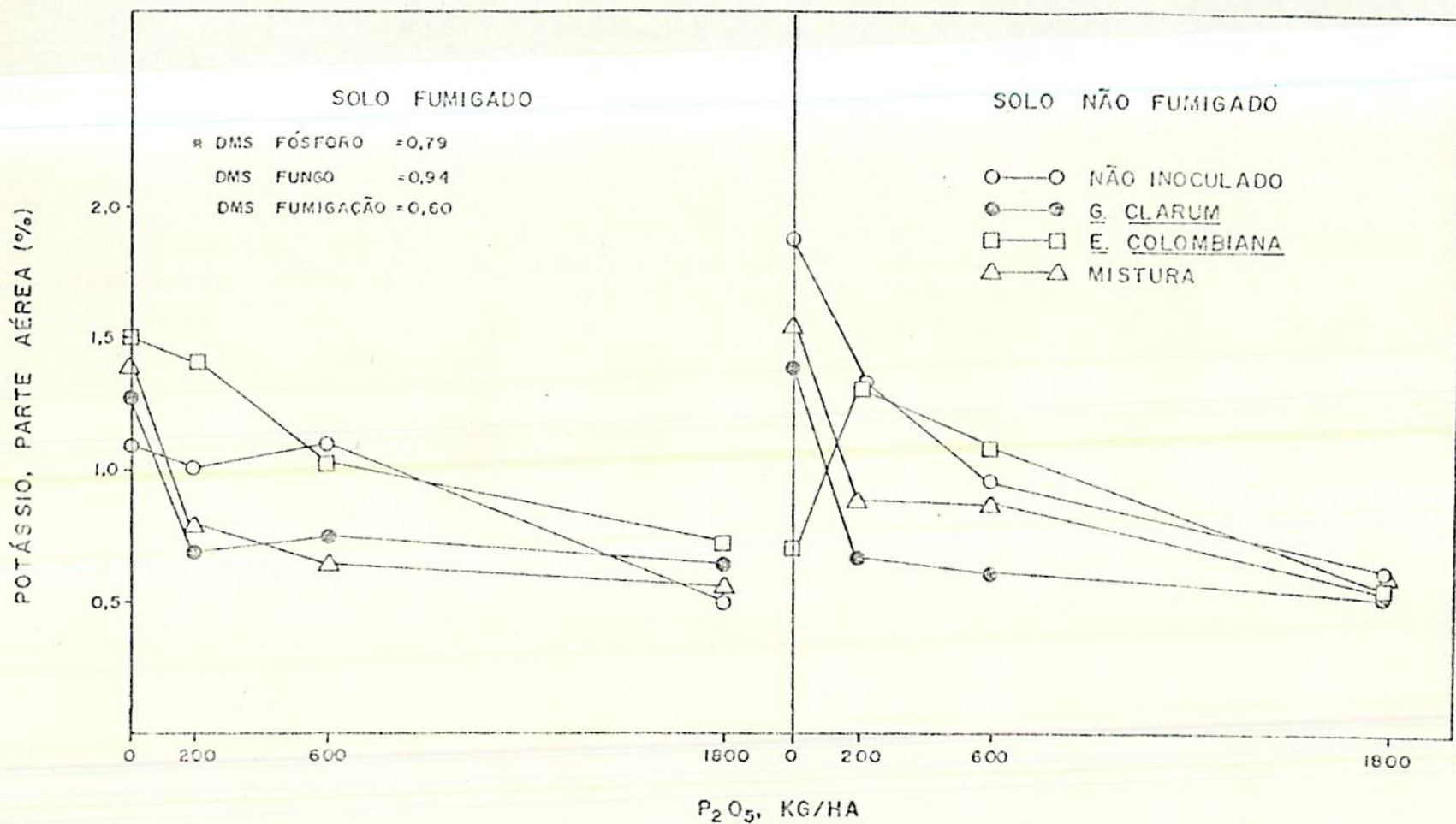


FIGURA 20 - Efeito de doses de fósforo no teor de potássio na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungo micorrízico VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

veis normais estabelecidos por CIAT (9) que atribui este valor nas folhas jovens entre 1,2 - 2,0%. Em todos os tratamentos de inoculação, nas doses de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 e nos tratamentos com inoculação de G. clarum e com a mistura dos fungos na dose de 200 kg/ha de P_2O_5 os teores de potássio na parte aérea ficaram abaixo destes valores normais, apesar de não terem sido detectados sintomas visuais de deficiência.

4.5.1.4. Cálcio

Verifica-se na Figura 21, que o teor de cálcio na parte aérea da mandioca nos tratamentos não inoculado e inoculado com mistura de fungos em solo fumigado, não foram influenciados pelas doses de fósforo adicionados, porém nos demais tratamentos de inoculação observou-se um maior teor de cálcio nas doses mais elevadas de P_2O_5 (Figura 21).. Esse efeito possivelmente pode ser atribuído ao aumento no teor de cálcio no solo (Quadro 1) com o aumento da dose de P_2O_5 aplicado, devido à presença de 14,16% de cálcio no fertilizante fosfatado utilizado. Essa tendência da mandioca em apresentar maior teor de cálcio na parte aérea, com aumento da adubação fosfatada, também foi encontrada pela EMBRAPA/CNPMP (24).

A inoculação com G. clarum apresentou redução no teor de cálcio na parte aérea em solo não fumigado nas doses de 0, 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 e em solo fumigado nas doses de 0 e 200 kg/ha

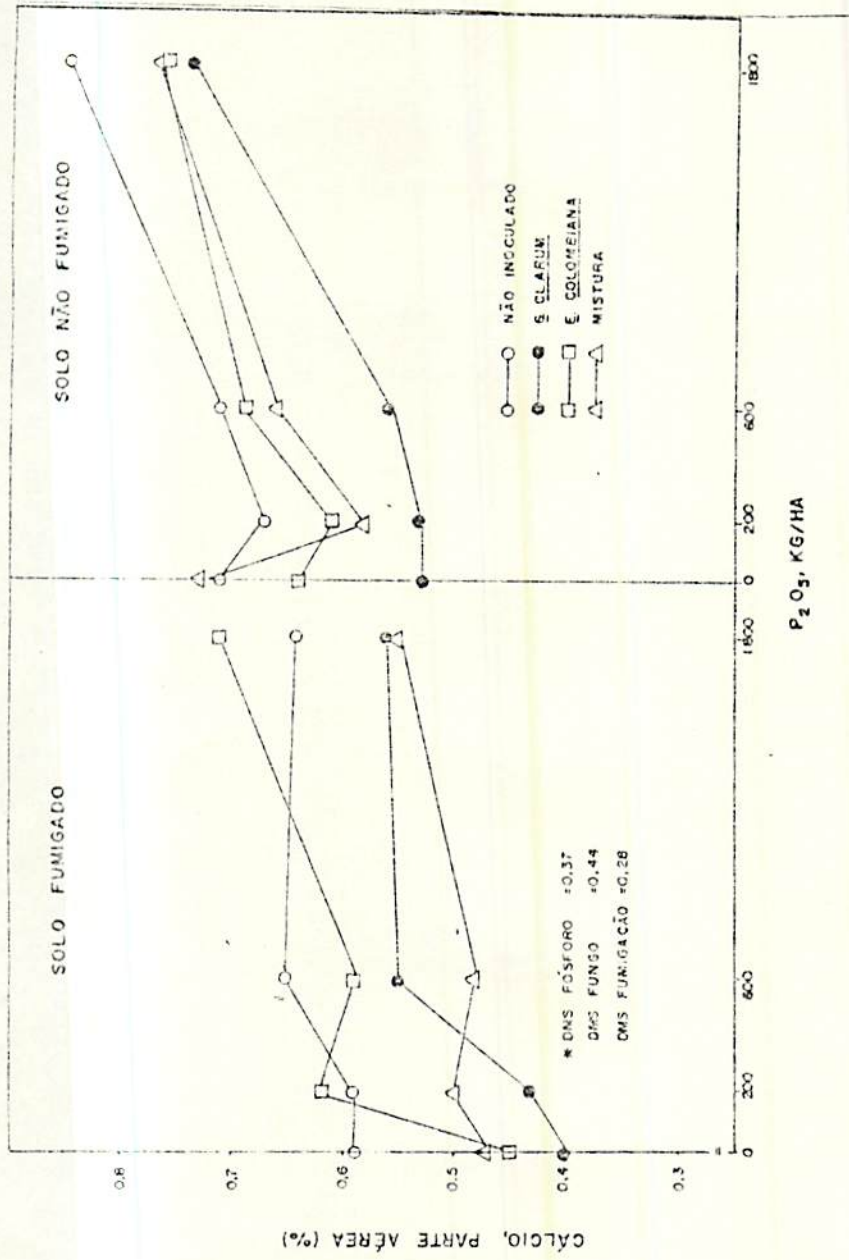


FIGURA 21 - Efeito de doses de fósforo no teor de cálcio na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

de P_2O_5 . A inoculação com E. colombiana em solo fumigado apresentou redução no teor de cálcio na parte aérea quando P não foi adicionado em relação ao tratamento não inoculado em solo fumigado. A redução no teor de cálcio em hastes de plantas de mandioca micorrizadas, também foram encontrados por CHAN et alii (13). Por outro lado CARVALHO et alii (8) não encontraram efeito da micorriza no teor de cálcio na parte aérea da mandioca.

Foram verificadas relações lineares entre os teores de P e Ca nos tecidos da parte aérea com a inoculação de G. clarum em solo fumigado e não fumigado ($r = 0,7823$ e $0,7490$ respectivamente) e com mistura em solo fumigado ($r = 0,5780$).

O nível crítico de cálcio na parte aérea de mandioca é citado por HOWELER (40) como sendo de 0,4%. Os valores encontrados neste experimento apresentam valores superiores a este nível crítico.

4.5.1.5. Magnésio

De acordo com a Figura 22, observa-se no tratamento não inoculado em solo fumigado, que apenas na dose de 1800 kg/ha de P_2O_5 houve aumento no teor de magnésio na parte aérea da mandioca.

A inoculação com G. clarum e E. colombiana em solo não fumigado, foram influenciados pelas doses de fósforo, observando-se (Figura 22) aumento no teor de magnésio na parte aérea da man-

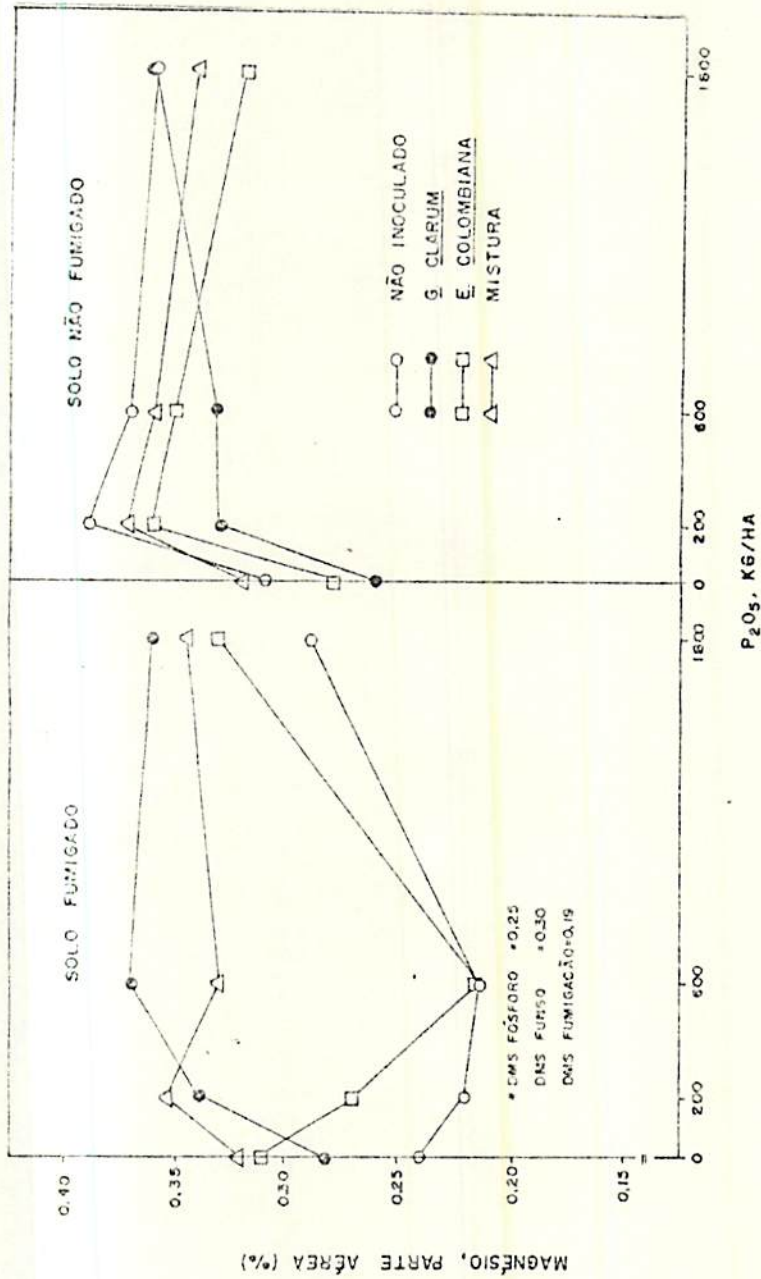


FIGURA 22 - Efeito de doses de fósforo no teor de magnésio na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

dioca na dose de 200 kg/ha de P_2O_5 que foi semelhante aos teores encontrados nas doses de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 . A inoculação com E. colombiana em solo fumigado apresentou aumento no teor de magnésio nas doses 0 e 1800 kg/ha de P_2O_5 . A inoculação com mistura de fungos não foram influenciadas pelas doses de fósforo, provavelmente pela presença do E. colombiana que contribuiu para aumentar o teor de magnésio na ausência da aplicação de P, enquanto o G. clarum foi mais eficiente nas demais doses de P_2O_5 conforme pode ser observado no tratamento com G. clarum em solo fumigado. Em solo fumigado o G. clarum induziu maiores teores de Mg na parte aérea nas doses de 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 e a mistura nas doses 0, 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 em relação a ausência de inoculação. Em solo não fumigado a inoculação com G. clarum, E. colombiana e a mistura destes fungos não apresentou efeitos superiores ao não inoculado, no teor de magnésio mostrando que os fungos nativos foram eficientes em elevar o teor de magnésio na parte aérea da mandioca, quando comparado ao tratamento não inoculado em solo fumigado.

Análises de correlação indicam relação linear entre o P e Mg nos tecidos da parte aérea em solo não fumigado para os tratamentos não inoculado, G. clarum, E. colombiana e mistura sendo os valores de $r = 0,7235$; $0,8966$; $0,7362$ e $0,5532$ respectivamente e em solo fumigado para os tratamentos não inoculado ($r = 0,8933$), G. clarum ($r = 0,8295$) e E. colombiana ($r = 0,8617$).

A absorção de magnésio pela mandioca tem mostrado rela-

ção positiva crescente com as doses de fósforo aplicadas ao solo, de acordo com os trabalhos desenvolvidos na EMBRAPA/CNPMF (24). Presume-se que este aumento no teor de magnésio na parte aérea esteja relacionado com o maior crescimento das plantas, pela aplicação de adubo fosfatado (PERIM, 68) e também ao efeito sinergístico entre o fósforo e magnésio, de acordo com MALAVOLTA (58):

CHAN et alii (13) também encontraram aumento no teor de magnésio na haste de mandioca, com a inoculação de fungos micorrízicos VA. CARVALHO et alii (8) estudando níveis de fósforo e inoculação da mandioca com fungos micorrízicos VA encontraram aumento no teor de magnésio em função da inoculação, porém este efeito foi reduzido em níveis mais altos de fósforo conforme foram observados neste trabalho em solo fumigado.

Os teores de magnésio encontrados na parte aérea da mandioca na ordem de 0,26% foram iguais e superiores ao nível crítico para deficiência citado por HOWELER (40).

4.5.1.6. Enxofre

Na Figura 23, verifica-se que a aplicação de fósforo, de forma geral reduziu o teor de enxofre na parte aérea da mandioca. Esse efeito possivelmente possa ser atribuído ao efeito de diluição verificado para N e K e também a influência do cálcio presente no superfosfato triplo, pois segundo MALAVOLTA (58) a velocidade de absorção do sulfato pelas plantas, depende do cátion acompa

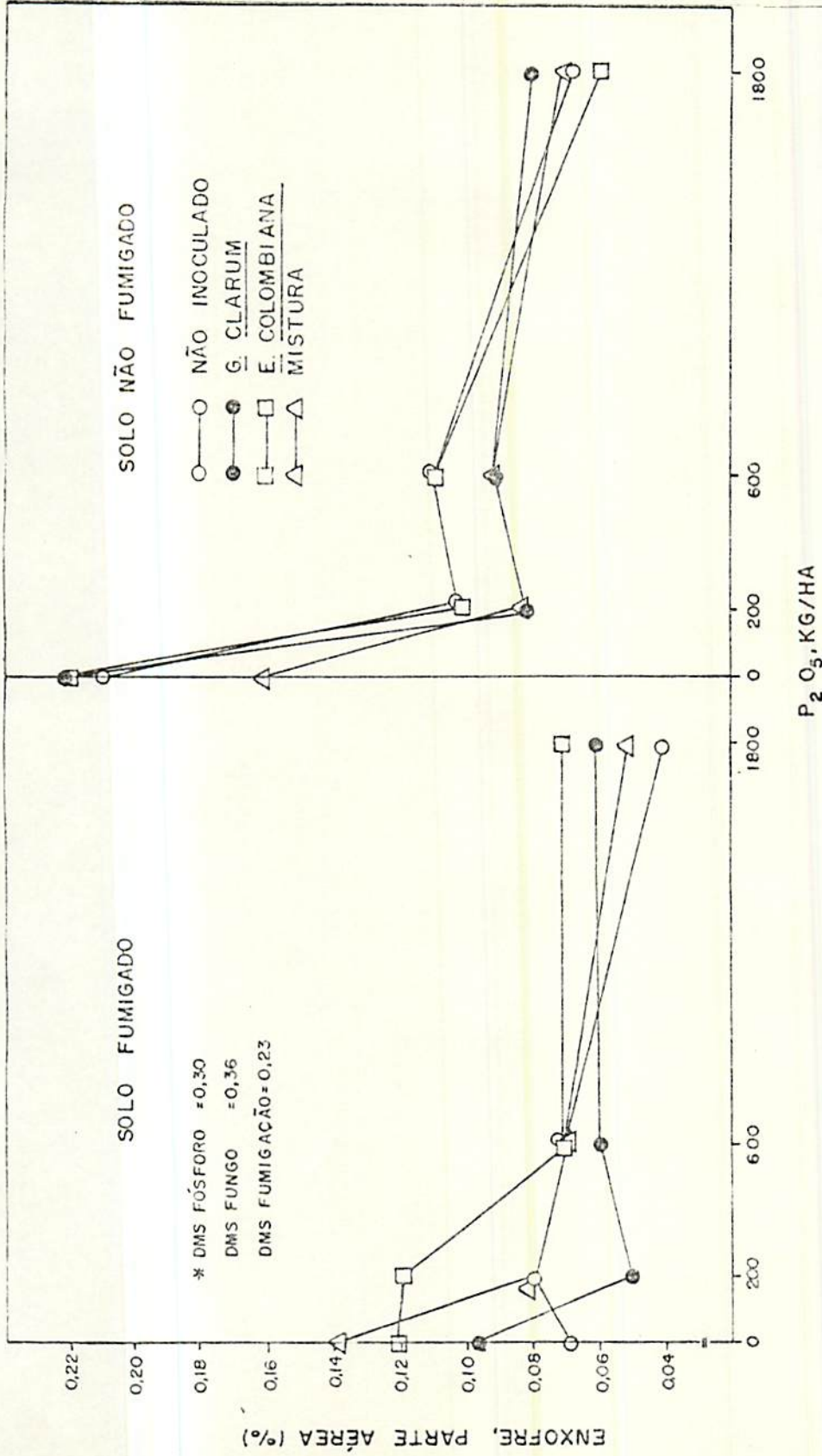


FIGURA 23 - Efeito de doses de fósforo no teor de enxofre na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

nhante, sendo o cálcio o que induz menor velocidade de absorção do sulfato pelas plantas. VANDER ZAAG et alii (96) também encontraram redução no teor de enxofre em folhas de mandioca cultivado em solo fumigado e observou redução no teor de S com aumento dos níveis de P na solução. Esses resultados não concordam com os observados por RHODES & GERDEMANN (77) que encontraram aumentos nos teores de S em cebola em altos níveis de P.

Observou-se que de um modo geral os teores de enxofre na parte aérea da mandioca em solo fumigado, foram menores do que em solo não fumigado (Figura 23). Este resultado possivelmente seja devido a eliminação dos microorganismos responsáveis pela conversão do enxofre orgânico do solo em produtos disponíveis para a planta (MALAVOLTA, 59) pela fumigação do solo..

Verificou-se também que a presença de micorrizas VA aumentou os teores de enxofre quando o fósforo não foi aplicado ao solo, exceto no solo fumigado com inoculação do G. clarum. Os efeitos benéficos da micorrização na absorção de S foram observados por RHODES & GERDEMANN (77) em solos com baixo P e por VANDER ZAAG et alii (96).

ASHER et alii (4) mencionam que o nível crítico de enxofre nas lâminas foliares da mandioca com 2 - 5 meses de idade é de 0,32%, sendo considerado normal os valores de 0,3 - 0,4%. Os teores encontrados neste experimento foram inferiores a estes valores, porém cabe salientar que são concentrações obtidas na parte aérea total da mandioca.

4.5.2. Micronutrientes

Os resumos das análises de variância referente aos teores de zinco, manganês, ferro, cobre e boro estão contidos no Quadro 14A.

4.5.2.1. Zinco

As curvas de regressão (Figura 24) para o teor de zinco na parte aérea, foram representadas por equações do 2º grau, para solo fumigado e não fumigado. Observou-se que o teor de zinco na parte aérea, em solo fumigado foi inferior que em solo não fumigado. Este efeito pode ser atribuído ao teor de zinco no solo que foi ligeiramente reduzido pela fumigação do solo (Quadro 1), e devido ao maior desenvolvimento das plantas em solo fumigado, ocasionando o efeito da diluição (JARREL & BEVERLY, 47) e pela baixa disponibilidade do elemento no solo. LOPES & WOLLUM (55) apesar de não encontrar efeito significativo da fumigação no teor de Zn do solo verificou um pequeno aumento no teor deste microelemento após a fumigação do solo com brometo de metila discordando dos resultados obtidos no presente trabalho.

Verifica-se na Figura 24, que o teor de zinco na parte aérea diminuiu com o aumento das doses de fósforo. O resultado obtido está de acordo com os dados encontrados na literatura, os quais mostram que a absorção de zinco decresce com a elevação das

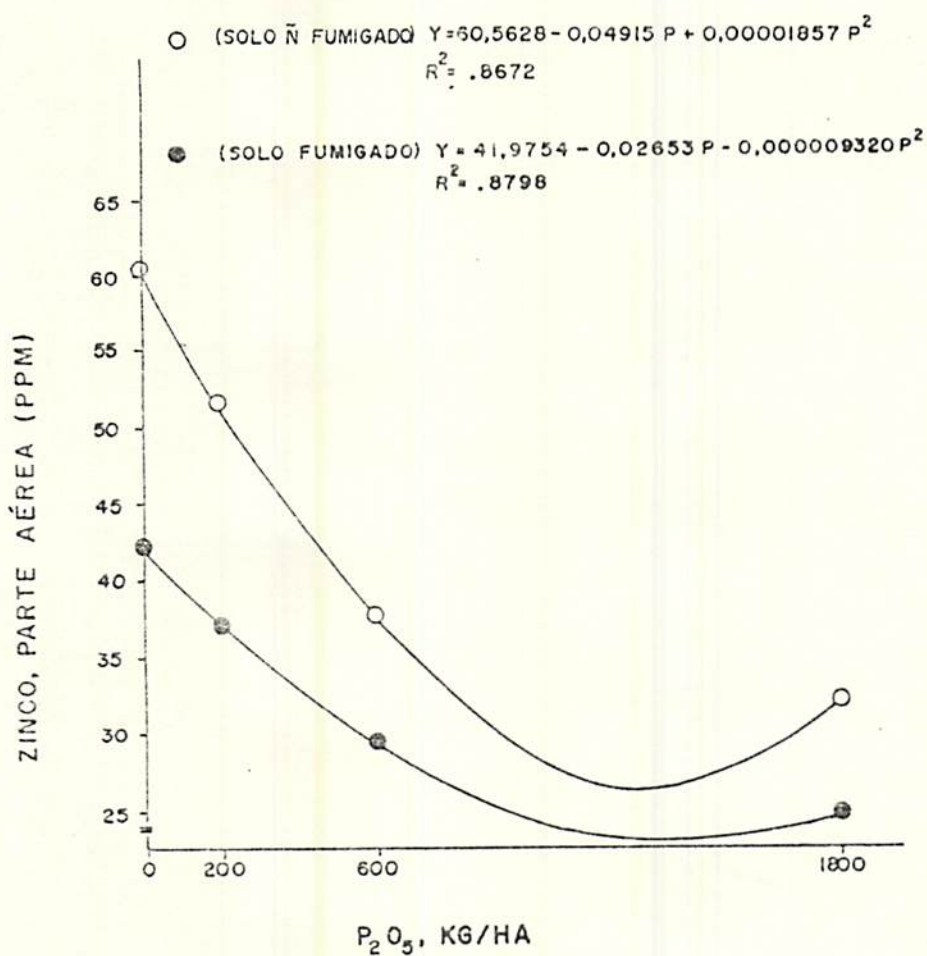


FIGURA 24 - Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de zinco na parte aérea de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

doses de fósforo (MALAVOLTA, 58) devido ao efeito da inibição competitiva entre fósforo e o zinco. Os aumentos nos teores de cálcio no solo (Quadro 1) pela aplicação de doses crescentes de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo (14,16% de cálcio) também contribuiu para uma menor absorção de zinco na parte aérea (MALAVOLTA, 58). Considerando também que o fósforo aumentou o crescimento vegetativo da mandioca, isto sugere que a redução da concentração de zinco no tecido da planta tenha também sofrido efeito de diluição (JARREL & BEVERLY, 47).

Em solo não fumigado (Figura 25) a inoculação com G. clarum, apresentou redução no teor de zinco na parte aérea. Essa redução possivelmente possa ser atribuída ao efeito da diluição (JARREL & BEVERLY, 47). Em solo fumigado não foi observado diferença significativa para inoculação.

Foram verificadas relações lineares negativas entre os teores de P e Zn, nos tecidos da parte aérea da mandioca para inoculação com G. clarum ($r = -0,8178$) e mistura ($r = -0,8384$) em solo não fumigado e para os tratamentos não inoculado ($r = -0,6515$), G. clarum ($r = -0,9065$) e mistura ($r = -0,7812$) em solo fumigado.

A concentração crítica de zinco na folha da mandioca tem sido mencionada por ASHER et alii (4) como sendo de aproximadamente 35 a 50 ppm. O teor de zinco encontrado na parte aérea da mandioca cultivada em solo fumigado foi ligeiramente inferior ao nível crítico nas folhas com adição de fósforo ao solo e com inoculação de fungos micorrízicos VA. Em solo não fumigado o teor de

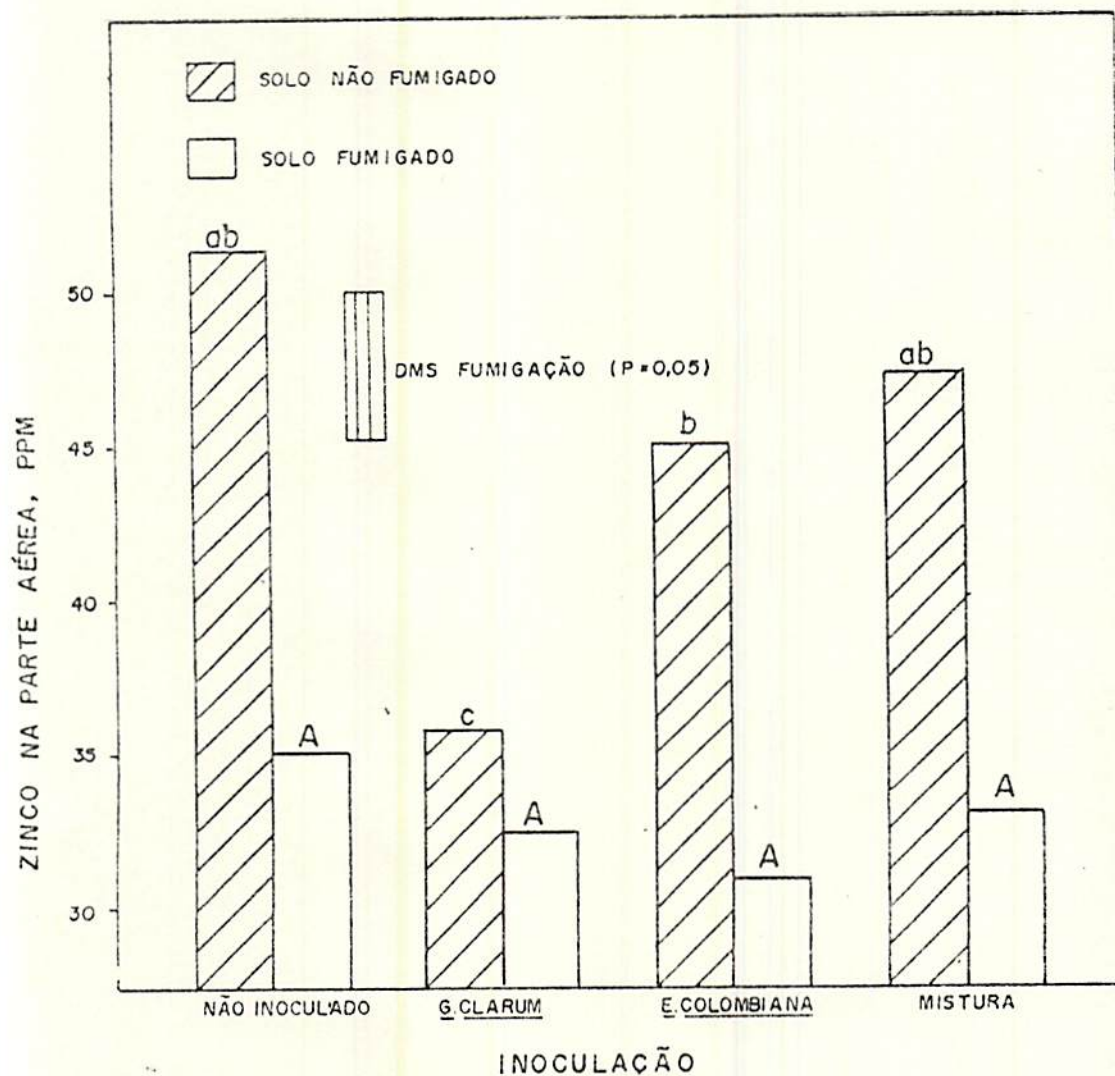


FIGURA 25 - Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de zinco na parte aérea da mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987.

zinco só foi inferior na dose de 1800 kg/ha de P_2O_5 . Apesar disso não se verificou limitação do zinco no desenvolvimento das plantas.

4.5.2.2. Manganês

Em solo fumigado (Figura 26) não se verificou efeito de doses de fósforo e nem da inoculação com fungos micorrízicos VA na concentração de manganês na parte aérea da mandioca. Em solo não fumigado verificou-se efeito de doses de fósforo no teor de manganês na parte aérea, observando-se redução do teor de manganês com adição de fósforo ao solo, para os tratamentos não inoculado, G. clarum e mistura. A não resposta da inoculação com fungos micorrízicos VA no teor de manganês na haste de mandioca também foi observada por CHAN et alii (13).

Verificou-se (Figura 26) que em solo não fumigado o teor de manganês na planta foi ligeiramente maior que em solo fumigado. Provavelmente este resultado está ligado ao efeito da fumigação que reduziu o teor de manganês no solo (Quadro 1). Estes resultados não concordam com os encontrados por LOPES & WOLLUM (55) que apesar de não encontrar efeito significativo da fumigação do solo no teor de Mn do solo verificou um ligeiro aumento no teor de Mn com fumigação do solo com brometo de metila.

Os teores de manganês na parte aérea da mandioca, foram superiores ao nível crítico para deficiência e inferiores ao nível

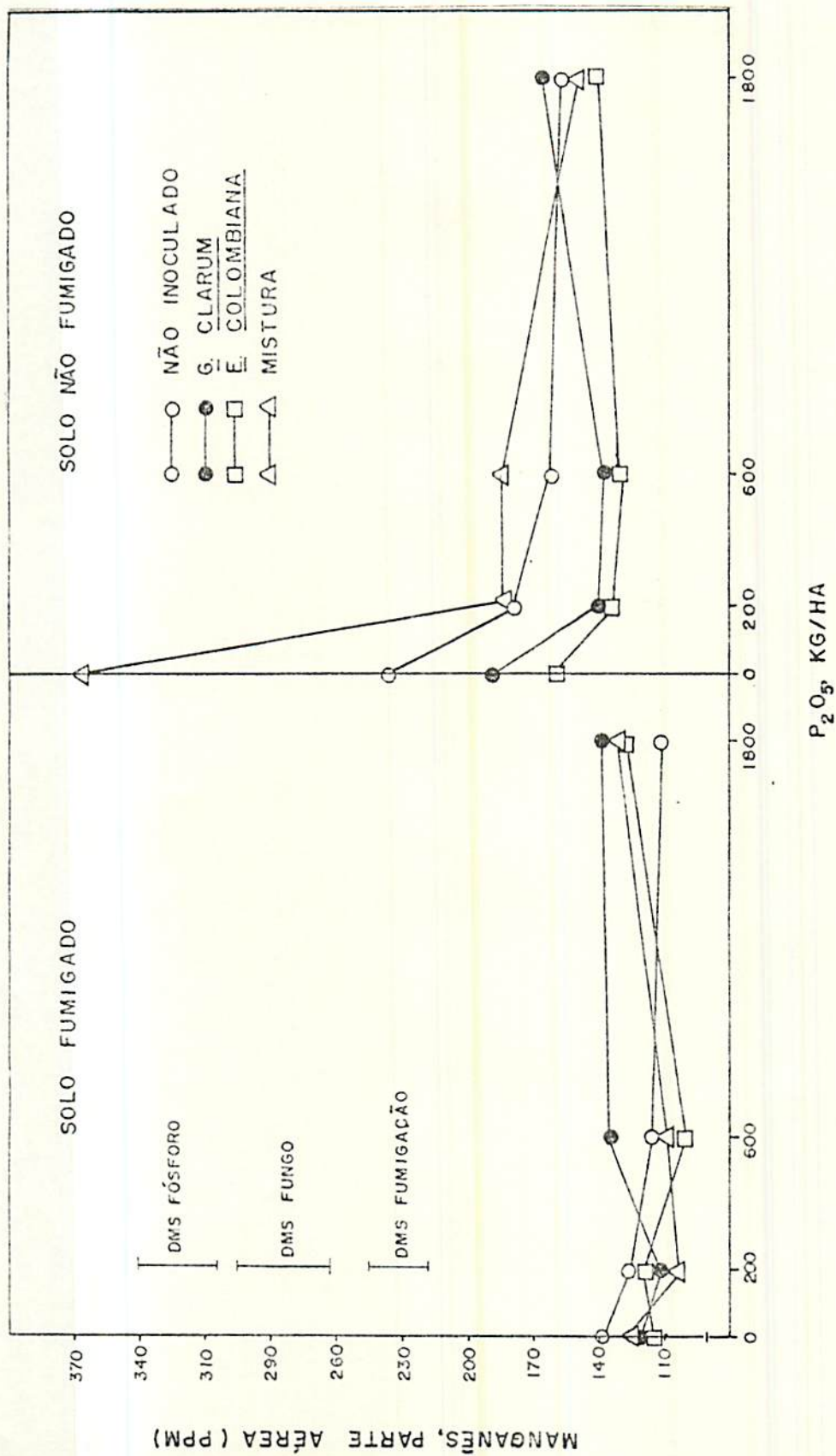


FIGURA 26 - Efeito de doses de fósforo no teor de manganês na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

tóxico citado por HOWELER (40), como sendo de 100 - 120 ppm e 250 - 1450 ppm respectivamente.

4.5.2.3. Ferro

Como ocorreu para o manganês, o teor de ferro na parte aérea da mandioca cultivada em solo fumigado não apresentou diferença significativa entre doses de fósforo. Observa-se entretanto uma tendência em reduzir o teor de ferro na parte aérea com o aumento das doses de fósforo e com a inoculação de G. clarum e da mistura de fungos (Figura 27).

O teor de ferro na parte aérea da mandioca cultivada em solo não fumigado, inoculados com E. colombiana e mistura de fungos apresentaram redução com aplicação de fósforo ao solo, sendo estatisticamente semelhantes entre as doses de P_2O_5 adicionado (Figura 27).

A tendência na redução do teor de ferro está condizente com a literatura na qual mencionam que altos níveis de fósforo podem induzir deficiência de ferro (CIAT, 9). MALAVOLTA (58) menciona que altos níveis de fósforo no substrato podem, além de insolubilizar o ferro no solo, precipitá-lo na superfície das raízes. Segundo este autor a absorção de Fe pode ser diminuído com aumento da concentração de cálcio no meio.

Observou-se também que o teor de ferro na parte aérea foi ligeiramente mais alto em solo não fumigado, o que pode ser a

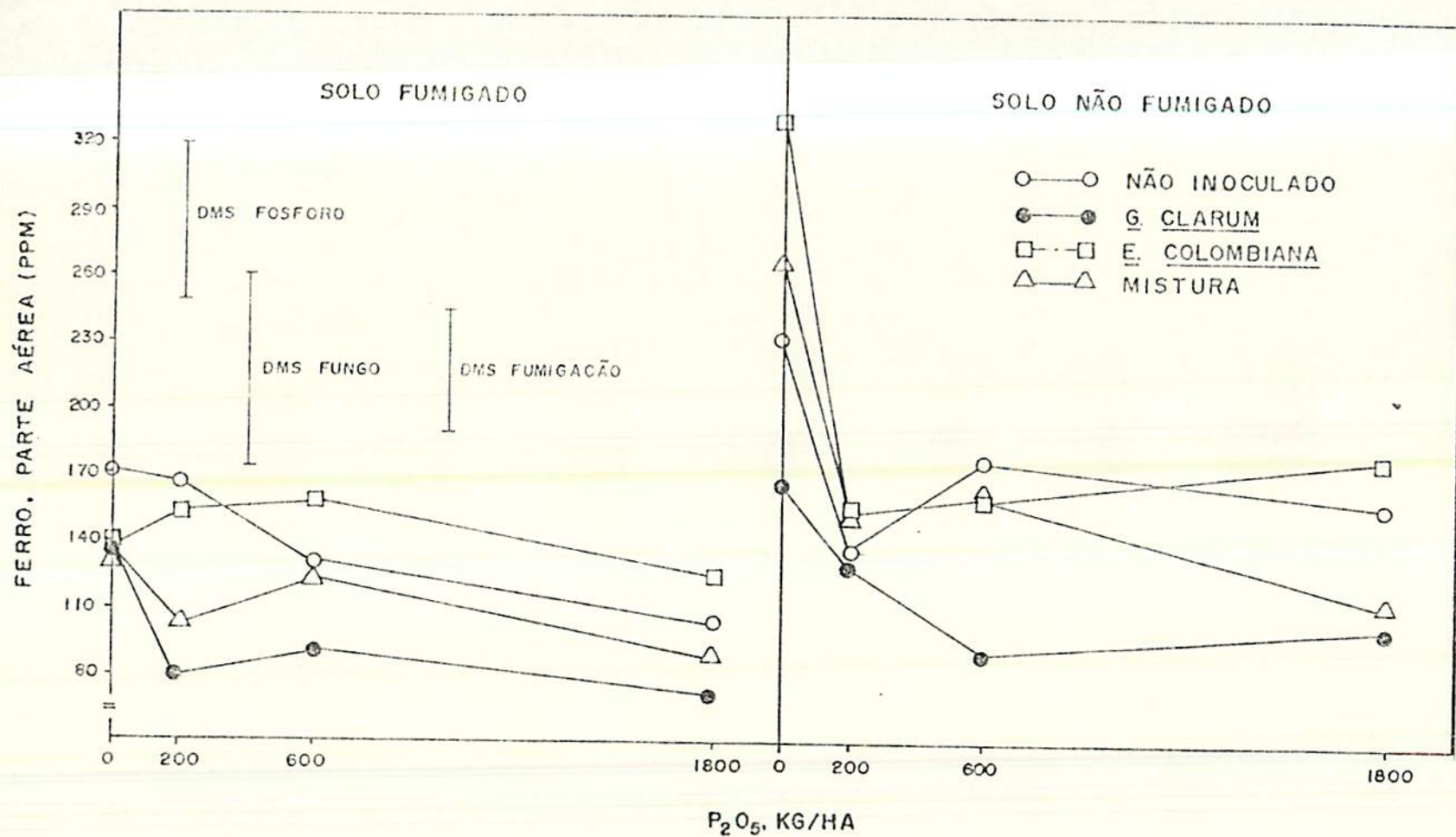


FIGURA 27 - Efeito de doses de fósforo no teor de ferro na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

tribuído ao teor de ferro no solo (Quadro 1) ter sido reduzido com a fumigação do solo. Este resultado não concorda com os obtidos por LOPES & WOLLUM (55) que não encontraram efeitos da fumigação no teor de Fe no solo.

De acordo com CIAT (9) o teor de ferro nas folhas superiores de plantas normais é de aproximadamente 60 a 200 ppm. Os teores encontrados neste trabalho estão em geral dentro destes níveis.

4.5.2.4. Cobre

Pelos dados obtidos verificou-se que o teor de cobre na parte aérea da mandioca reduziu com o aumento das doses de fósforo (Figura 28). Da análise de regressão, resultou a equação do 2º grau. A redução no teor de cobre está aparentemente associada com o aumento na absorção de P pela planta (Figura 18) e consequentemente maior crescimento vegetativo ocasionando diluição do cobre no tecido. Observa-se que altos níveis de P podem diminuir o processo de absorção do cobre (MALAVOLTA, 58).

A inoculação de fungos micorrízicos VA em solo fumigado apresentou tendência de redução no teor de cobre na parte aérea da mandioca (Figura 29), porém em solo não fumigado, apesar de não a apresentar diferença significativa a inoculação com G. clarum, E. colombiana e da mistura de fungos apresentaram tendência em aumentar o teor de cobre na parte aérea. CHAN et alii (13) encontraram

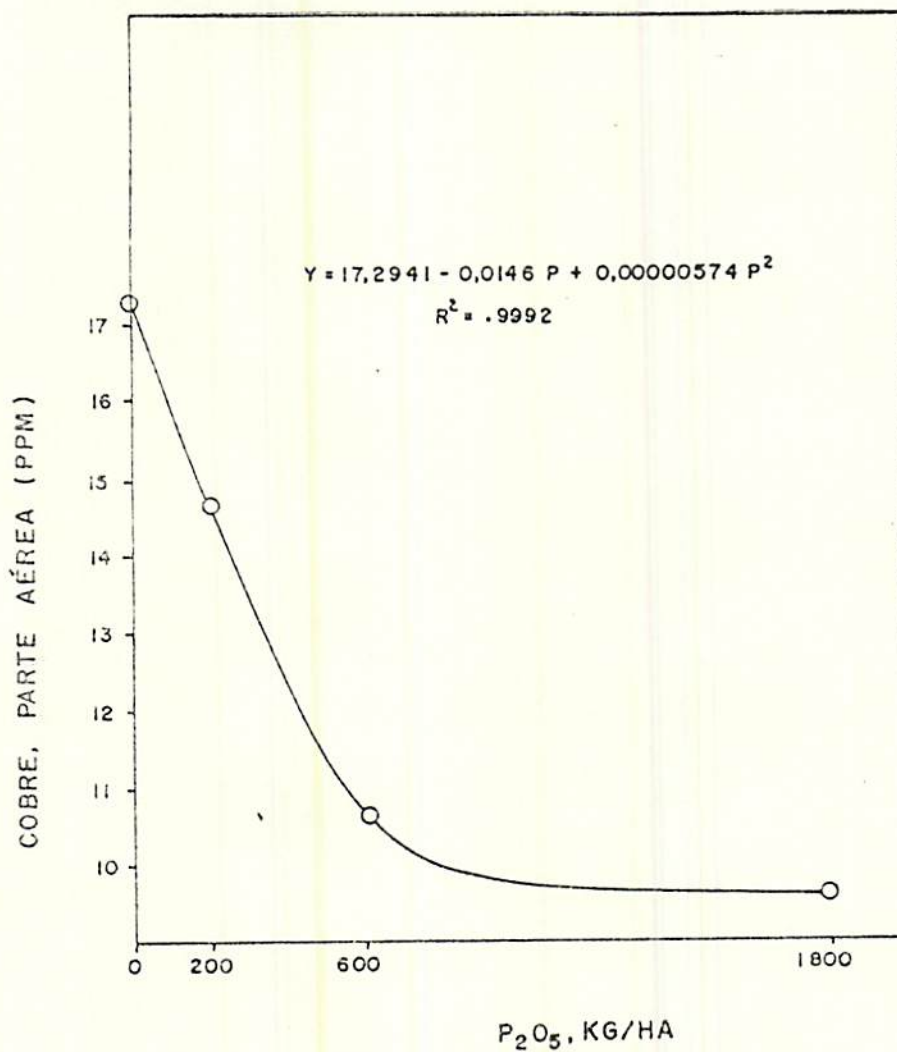


FIGURA 28 - Curva de regressão para doses de fósforo e teor de cobre na parte aérea de plantas de mandioca, ESAL, Lavras - MG. 1987.

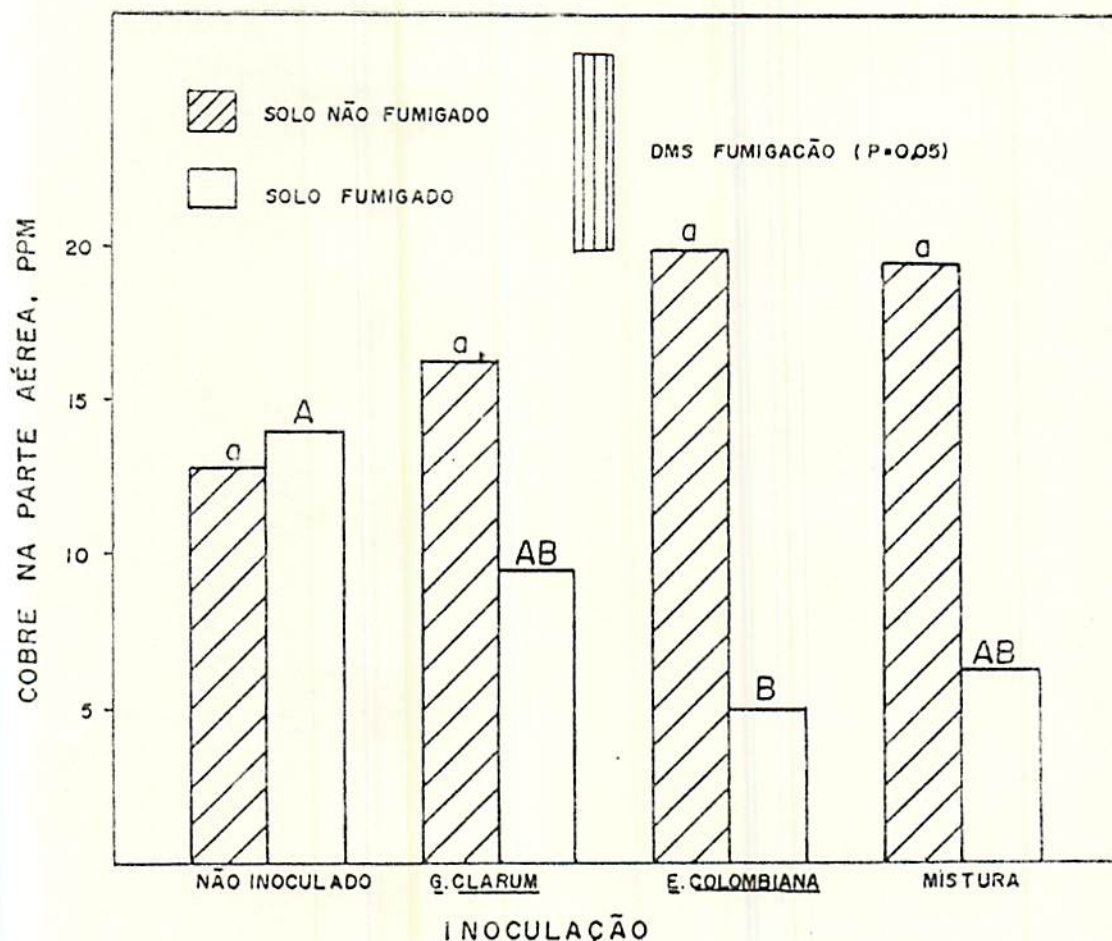


FIGURA 29 - Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de cobre na parte aérea da mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987.

aumento no teor de cobre na haste de mandioca com inoculação de fungos micorrízicos VA, por outro lado SIQUEIRA & PAULA (90) encontraram redução no teor de cobre em soja inoculada com G. macrocarpum.

Análises de correlação não mostraram nenhuma relação entre os teores de P e Cu nos tecidos da parte aérea em solo não fumigado. Em solo fumigado foram observadas relações lineares negativas nos tratamentos com G. clarum ($r = -0,7687$) e mistura ($r = -0,7242$), indicando redução nos teores de Cu com aumento dos teores de P nos tecidos da parte aérea. Esta redução pode ser atribuída ao efeito da diluição devido ao maior desenvolvimento das plantas induzido pela maior absorção de P pelas plantas inoculadas com G. clarum e mistura.

Os teores normais de cobre nas folhas de plantas de mandioca é de 7 a 15 ppm de acordo com CIAT (9), o qual cita que o nível crítico obtido na Universidade de Queensland é de 7 ppm em folhas jovens.

4.5.2.5. Boro

Verifica-se no Quadro 19A, que o teor de boro na parte aérea da mandioca cultivada em solo fumigado não foi influenciado pelas doses de fósforo, já em solo não fumigado na ausência de P, o teor de boro na parte aérea foi superior aos demais valores encontrados para as diferentes doses de fósforo. Da análise de regressão resultou a equação do 2º grau (Figura 30).

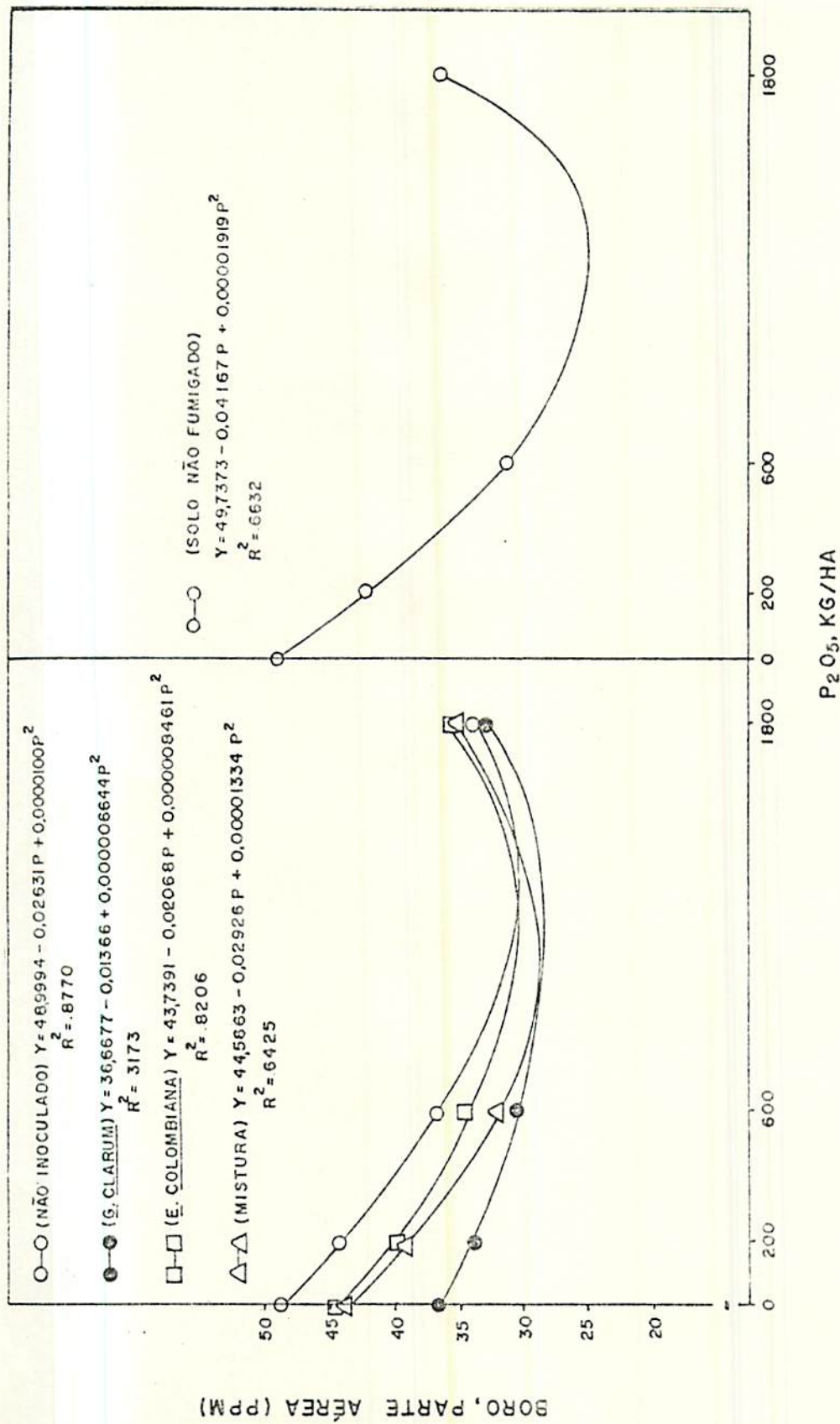


FIGURA 30 - Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de boro na parte aérea de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA e em solo não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

As análises de regressão para os tratamentos de inoculação, apresentaram efeito quadrático, e as equações e os respectivos coeficientes de determinação encontram-se na Figura 30. Observa-se redução no teor de boro na parte aérea com o aumento das doses de P_2O_5 no solo.

A inoculação da mandioca com G. clarum, E. colombiana e a mistura de fungos em solo fumigado, reduziram o teor de boro na parte aérea. Em solo não fumigado apenas a inoculação com G. clarum reduziu o teor de boro (Figura 31).

As reduções nos teores de B nos tratamentos com G. clarum não afetaram a atividade micorrízica, pois de acordo com LAMBERT et alii (52) um inadequado ou marginal fertilidade de B é mais prejudicial para plantas micorrizadas, sendo a consequência fisiológica do adequado suprimento deste microelemento o aumento da atividade micorrízica.

Esses resultados sugerem que a redução no teor de boro com aumento das doses de fósforo e micorrização da mandioca possa estar relacionado com efeito de diluição anteriormente mencionados para nitrogênio, potássio e zinco.

Os teores de boro na parte aérea da mandioca encontrados, foram superiores ao nível crítico e inferiores ao nível tóxico, citados por HOWELER (40) como sendo de 17 ppm e 140 ppm respectivamente.

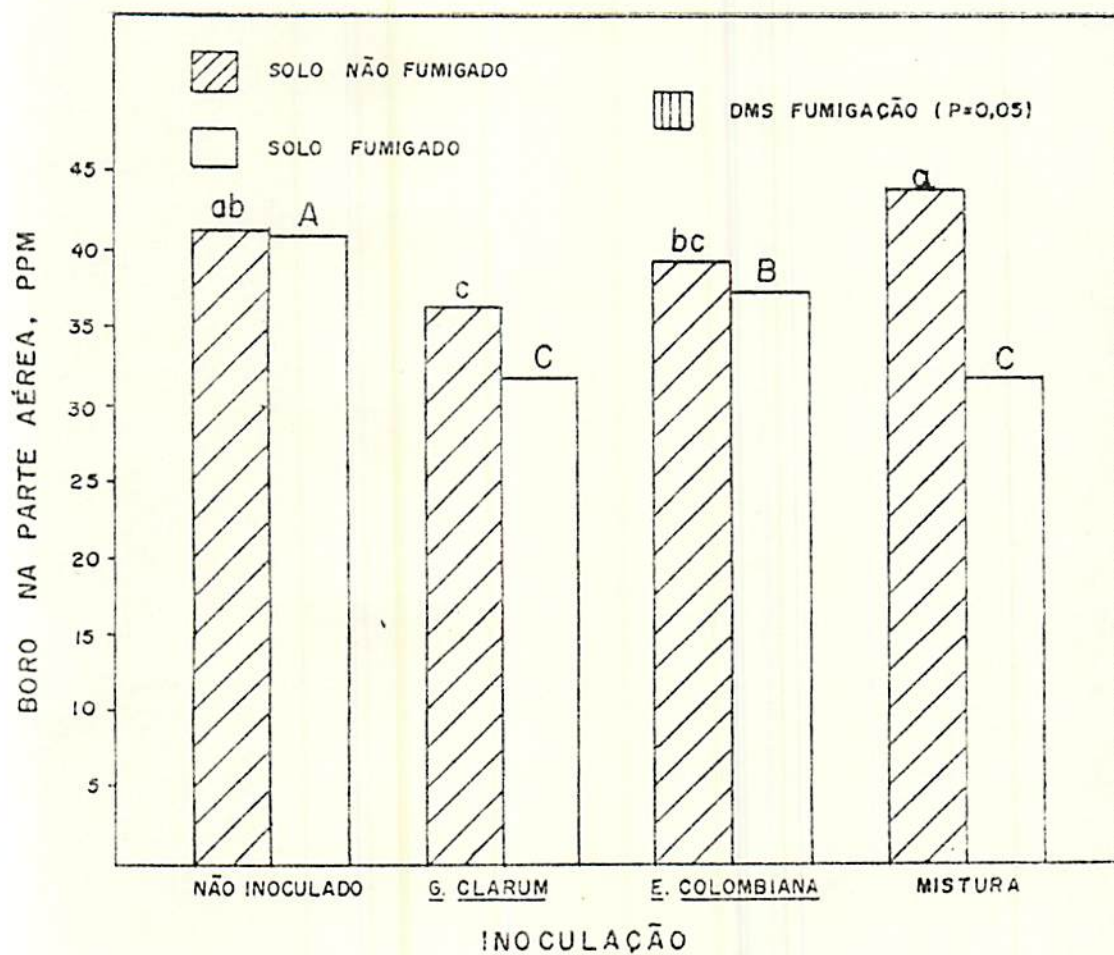


FIGURA 31 - Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de boro na parte aérea da mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987.

4.5.3. Comentários (II)

Os maiores efeitos nos teores de nutrientes na parte aérea da mandioca, resultaram da inoculação com G. clarum em solo fumigado onde foram observados maiores teores de P, Mg e menores teores de N, K, Ca e B. Em solo não fumigado foi observado aumento somente no teor de P com adição de 1800 kg/ha de P_2O_5 e redução em todas as doses nos teores de N, K, Ca, Zn e B. A menor resposta em solo não fumigado pode ser atribuída à presença de fungos micorrízicos nativos presente no solo.

Análises de correlação entre os teores de P nos tecidos da parte aérea e colonização radicular pelos fungos micorrízicos mostraram correlação linear negativa entre estas duas variáveis nos tratamentos com G. clarum em solo não fumigado e mistura de fungos em solo fumigado e não fumigado, indicando que altos níveis de P nos tecidos da planta foram inibitórios aos fungos.

As doses crescentes de P_2O_5 adicionados ao solo resultaram em maiores teores de P, Ca, Mg e menores teores de N, K, S, Zn, Cu e B nos tecidos da parte aérea.

4.6. Teores de Nutrientes nas Raízes

4.6.1. Macronutrientes

As análises de variância referentes aos teores de nitrog

gênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre nas raízes, estão contidos no Quadro 21A.

4.6.1.1. Nitrogênio

Os teores de nitrogênio nas raízes foram diferentes entre as doses de fósforo em estudo, e do mesmo modo que ocorreu na parte aérea os menores teores foram encontrados com aplicação de 1800 kg/ha de P_2O_5 (Figura 32).

A inoculação com G. clarum e a mistura de fungos, tanto em solo não fumigado como em solo fumigado apresentou grande redução no teor de nitrogênio com aplicação de 200 kg/ha de P_2O_5 sendo semelhante aos teores de nitrogênio encontrados com aplicação de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 .

Considerando que tanto P como a micorrização aumentaram a produção de raízes, isto sugere que a redução na concentração resultou de uma diluição do nitrogênio nos tecidos das raízes (JARREL & BEVERLY, 47).

De acordo com CIAT (9) o teor de nitrogênio nas raízes é de 0,25 a 1%. Os valores médios encontrados no experimento, em geral foram superiores a este valor.

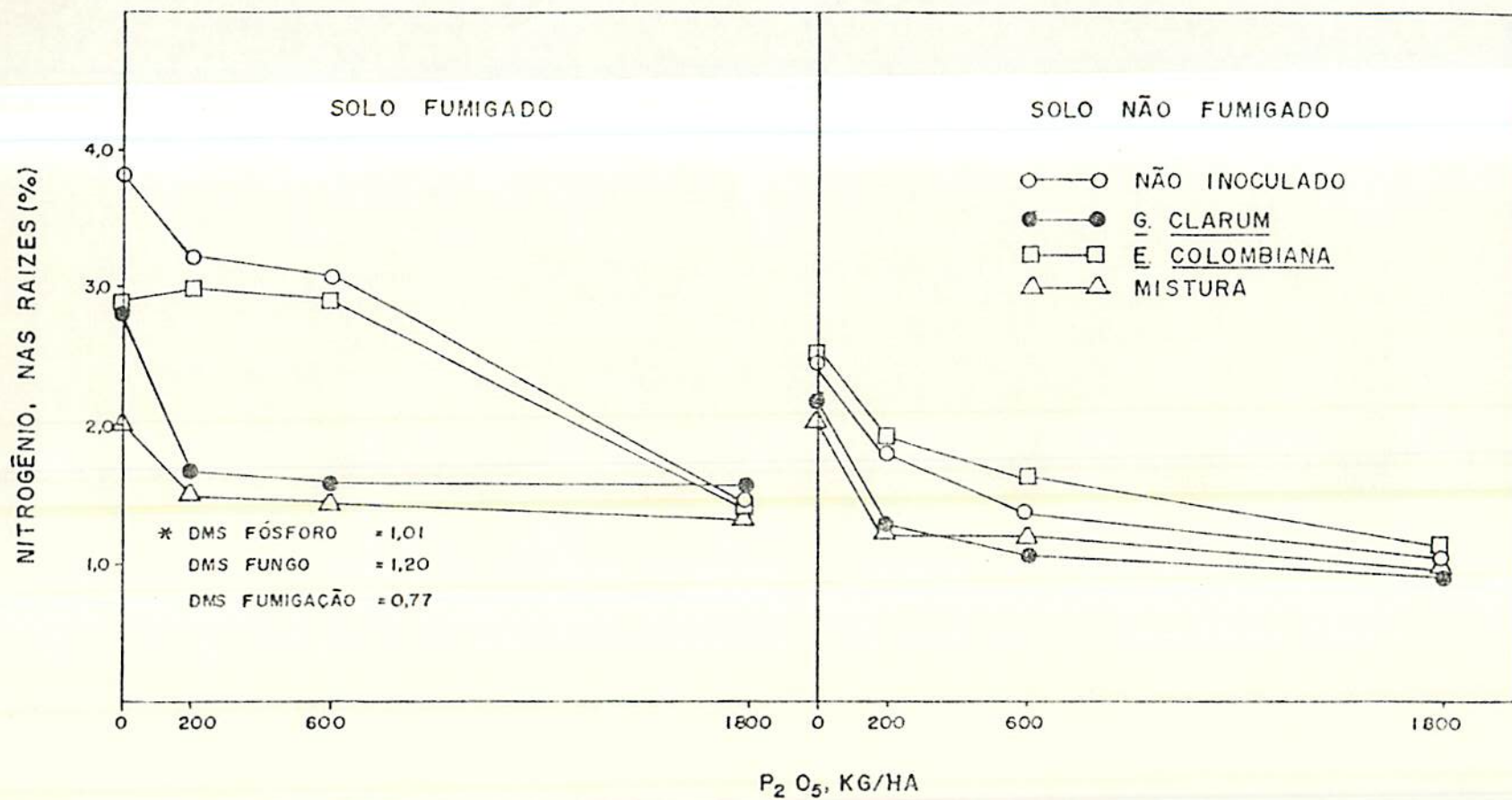


FIGURA 32 - Efeito de doses de fósforo no teor de nitrogênio nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

4.6.1.2. Fósforo

Observa-se na Figura 33 que os teores médios de fósforo nas raízes da mandioca só não variaram entre as doses de fósforo nos tratamentos não inoculado e com inoculação de E. colombiana em solo não fumigado.

A inoculação com G. clarum e mistura de fungos em solo fumigado apresentaram teores de fósforo semelhantes e foram influenciados pelas doses de P_2O_5 . A inoculação com G. clarum apresentou maiores teores de fósforo nas raízes nas doses de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 e no tratamento com mistura de fungos nas doses de 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 (Figura 33). Os resultados obtidos indicam que solos com baixo teor de fósforo disponível requerem a aplicação deste macronutriente para estimular a efetividade do G. clarum (Figura 33). Resultados semelhantes foram obtidos por HOWELER (39) para Glomus manihotis. Por outro lado a inoculação com E. colombiana tem mostrado eficiência em aumentar o teor de P nas raízes na ausência de aplicação de fósforo ao solo.

A não resposta às doses de fósforo observadas no tratamento não inoculado em solo não fumigado, possivelmente possa ser atribuída à presença de fungos micorrízicos nativos, que apresentou tendência em aumentar o teor de P nos tecidos das raízes nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 , quando comparado ao tratamento não inoculado em solo fumigado.

Foram observadas relações lineares negativas entre os

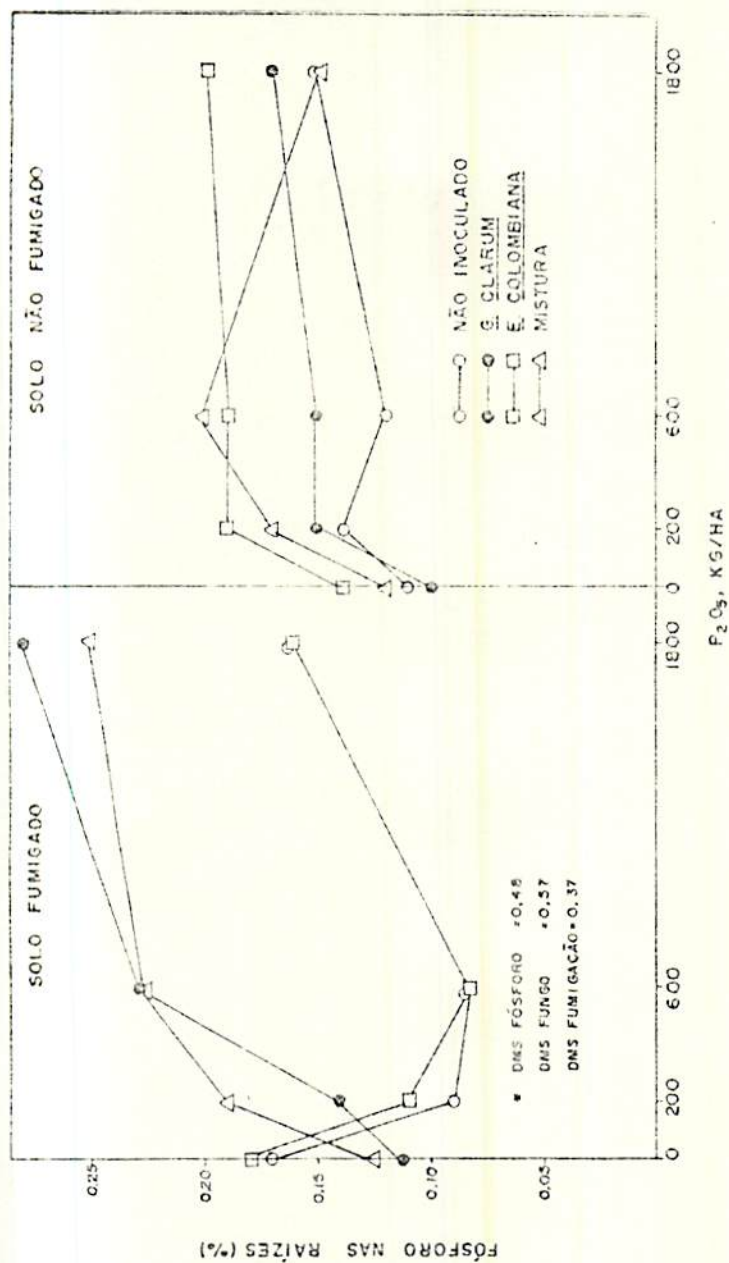


FIGURA 33 - Efeito de doses de fósforo no teor de fósforo nas raízes de plantas de man-
 dioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumiga-
 do. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

teores de P nas raízes e colonização radicular apenas nos tratamentos com G. clarum ($r = -0,5867$) em solo não fumigado e mistura de fungos ($r = -0,7774$) em solo fumigado, indicando que nestes tratamentos a colonização radicular foi inibida pelos aumentos dos teores de P nos tecidos das raízes, como sugerido por SIQUEIRA et alii (89).

Análises de correlação mostraram também relações lineares entre os teores de P nas raízes e P na parte aérea nos tratamentos não inoculado ($r = 0,5794$), G. clarum ($r = 0,7899$) e E. colombiana ($r = 0,5656$) em solo não fumigado e para G. clarum ($r = 0,8865$), E. colombiana ($r = 0,5789$) e mistura ($r = 0,8927$) em solo fumigado. Esses resultados indicam que micorrizas atuam na relação entre os teores de P nas raízes e na parte aérea. Os teores de fósforo encontrados nas raízes, se encontram dentro dos limites normais de 0,08 a 0,12% citados por CIAT (9), chegando em alguns casos a serem superiores a estes níveis.

4.6.1.3. Potássio

As curvas de regressão (Figura 34) ajustadas para o teor de K nas raízes, foi representada por equação linear para os tratamentos não inoculados e inoculados com E. colombiana e quadrática para inoculação com G. clarum e mistura de fungos. O efeito da fumigação na redução do teor de K nas raízes foi linear e em solo não fumigado foi quadrática. Observa-se que os aumentos das doses

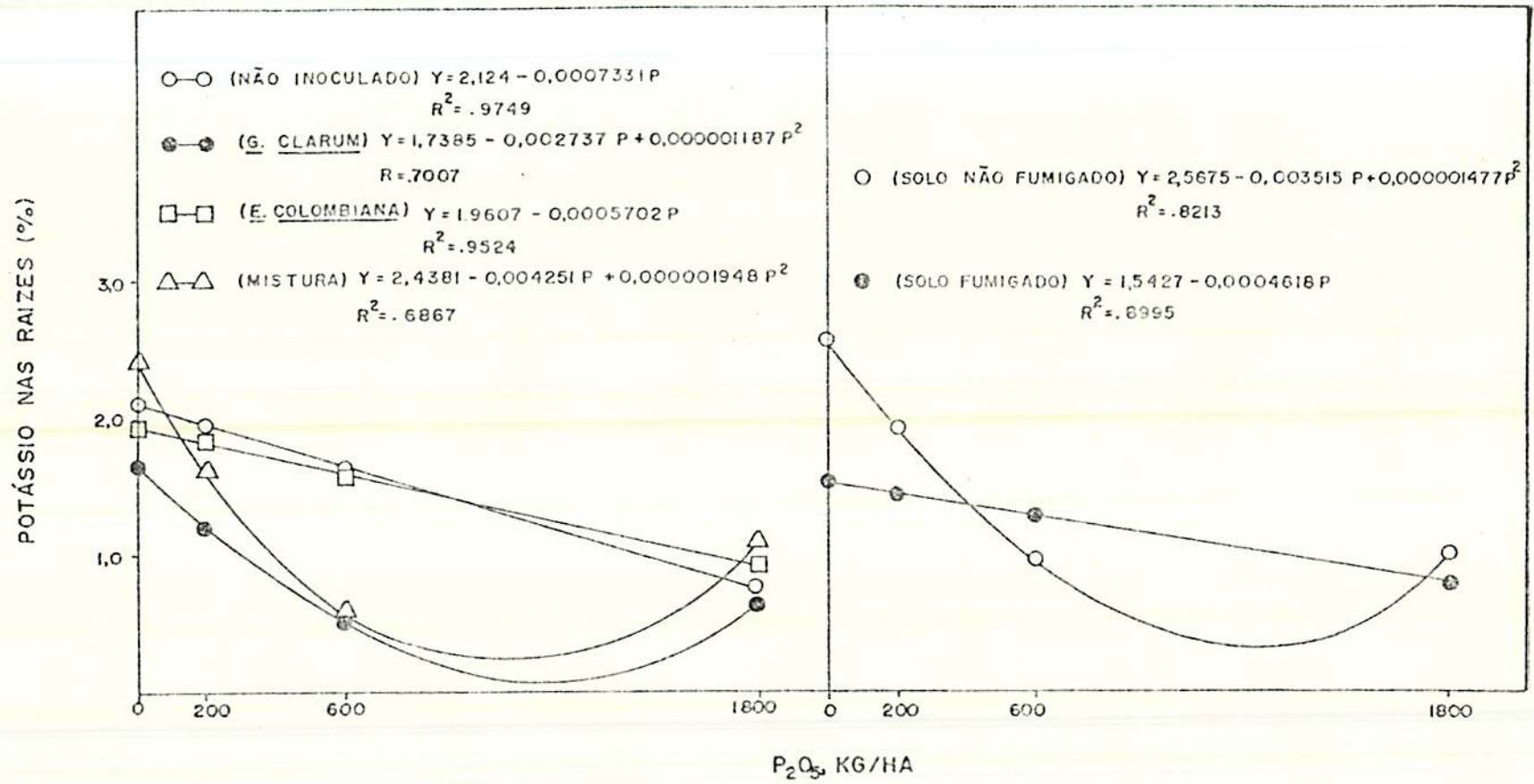


FIGURA 34 - Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de potássio nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA e em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

de fósforo proporcionaram redução no teor de potássio, nas raízes. A inoculação com G. clarum em solo não fumigado e com G. clarum e mistura de fungos em solo fumigado também apresentaram redução no teor de K, nas raízes (Figura 35). Esses resultados demonstram que também houve o efeito da diluição observados para o nitrogênio e potássio na parte aérea.

Os teores de potássio observados nas raízes estão dentro dos limites normais de 0,5 a 1% citados por ASHER et alii (4).

4.6.1.4. Cálcio

No Quadro 21A, verifica-se que a inoculação da mandioca com fungos micorrízicos VA, não influenciou o teor de cálcio nos tecidos das raízes. Esses resultados concordam com os obtidos por CARVALHO et alii (8), que não encontraram respostas à inoculação com fungos micorrízicos VA no teor de cálcio na parte aérea da mandioca.

A análise de regressão para o teor de cálcio nas raízes, apresentou efeito positivo linear com as doses de fósforo, em solo não fumigado e fumigado (Figura 36). O aumento no teor de cálcio com as doses de fósforo possivelmente pode ser atribuído ao teor de cálcio existente no fertilizante fosfatado, que contribuiu em aumentar o teor de cálcio no solo (Quadro 1), assim induzindo a maior absorção deste nutriente. Experimento realizado na EMBRAPA/CNPMF (24), mostrou que o teor de cálcio está relacionado positivamente com a adubação fosfatada.

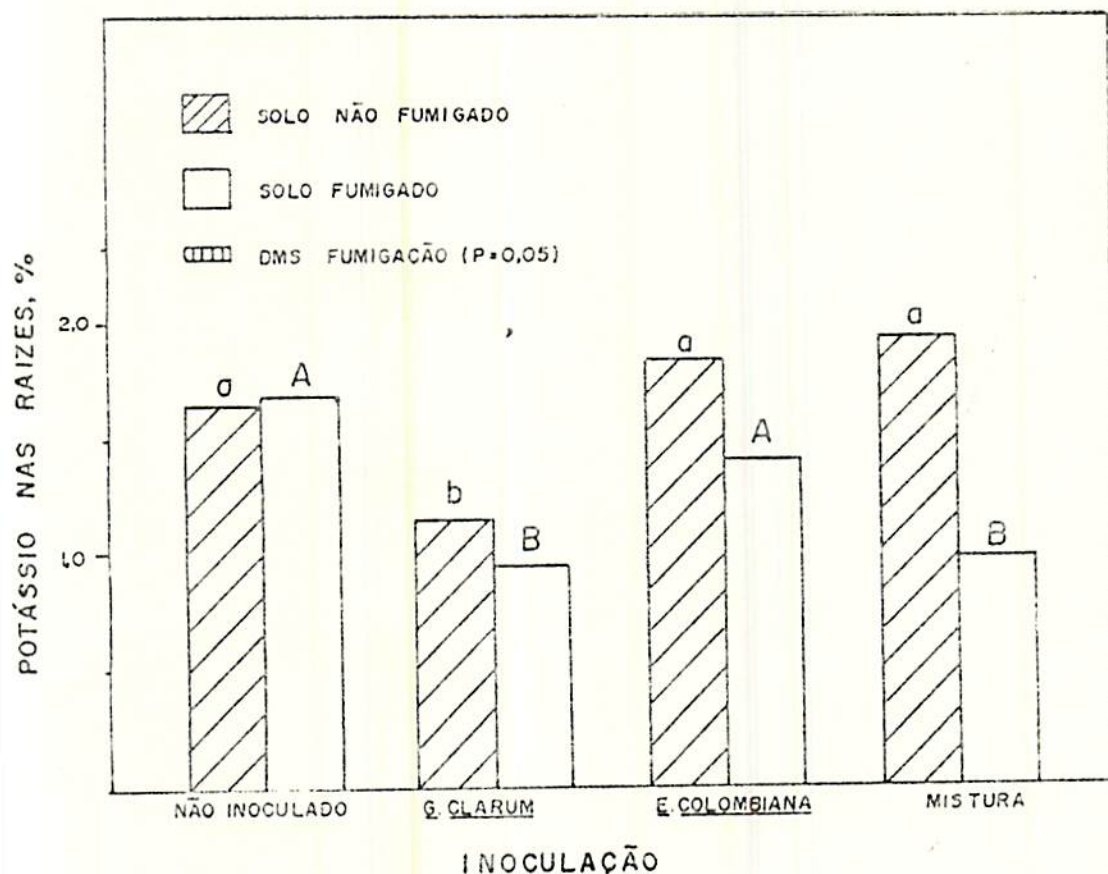


FIGURA 35 - Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de potássio nas raízes de mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987.

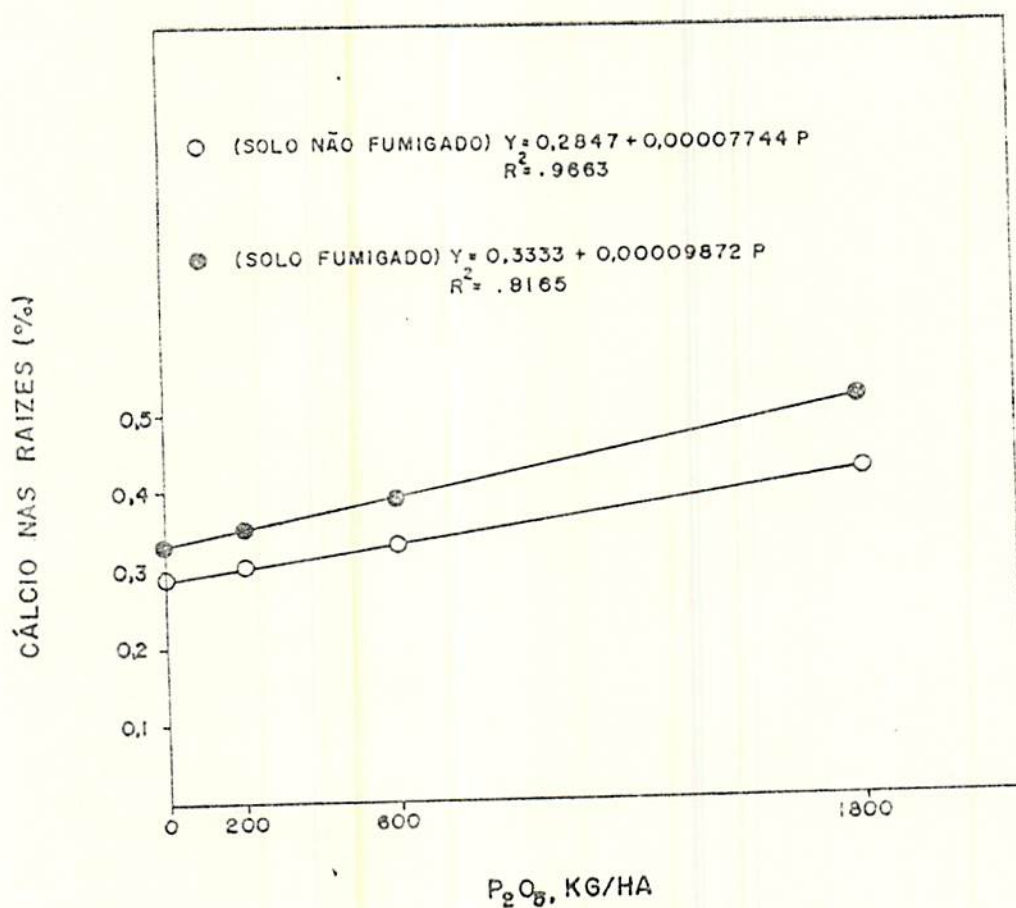


FIGURA 36 - Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de cálcio nas raízes de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Os teores de cálcio encontrados nas raízes variaram de 0,27 - 0,42%. Os teores obtidos estão dentro do nível normal de 0,22% citado por HOWELER (41) em plantas de mandioca com 4 meses de idade.

4.6.1.5. Magnésio

Observa-se na Figura 37 que as doses de fósforo influenciaram os teores de magnésio nas raízes nos tratamentos não inoculado, G. clarum e E. colombiana em solo fumigado, sendo os menores teores observados nas doses de 600 kg/ha de P_2O_5 nos tratamentos não inoculado e E. colombiana e na dose de 200 kg/ha de P_2O_5 com inoculação de G. clarum. Estas reduções nos teores de magnésio possivelmente possa ser atribuída ao efeito da diluição (JARREL & BEVERLY, 47).

No solo não fumigado não se verificaram influência das doses de fósforo e da inoculação sobre os teores de magnésio nas raízes, exceto a inoculação com E. colombiana na ausência de P que apresentou maior teor de magnésio (Figura 37).

A inoculação da mandioca com mistura de fungos em solo fumigado apresentou aumento significativo no teor de magnésio nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 e a inoculação de G. clarum aumentou este teor na dose de 600 kg/ha de P_2O_5 em relação aos demais tratamentos de inoculação.

Os teores de magnésio nas raízes de mandioca variaram de 0,22 a 0,58%. Segundo HOWELER (41) essa variação é de 0,03 a 0,16%.

4.6.1.6. Enxôfre

Os teores de enxôfre, nas raízes (Figura 38) foram influenciados pelas doses de fósforo adicionados ao solo, pela inoculação com E. colombiana em solo fumigado e não fumigado, G. clarum em solo não fumigado e pelos fungos nativos presentes no solo não fumigado. Esses teores foram reduzidos com aplicação de 200 kg/ha de P_2O_5 e não diferiam das doses de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 . A inoculação com G. clarum em solo fumigado apresentou aumento no teor de enxôfre nas raízes com aplicação de 1800 kg/ha de P_2O_5 . Verificou-se que plantas de mandioca inoculadas com G. clarum e mistura de fungos em solo fumigado, apresentaram maiores teores de enxôfre nas raízes (Figura 38). A inoculação com E. colombiana em solo fumigado apresentou aumento no teor de enxôfre nas raízes somente quando P não foi adicionado. No solo não fumigado a inoculação com mistura de fungos apresentou aumento significativo no teor de enxôfre nas raízes nas doses de 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5 em relação ao tratamento não inoculado em solo não fumigado. VANDER ZAAG (96) também encontrou aumentos nos teores de enxôfre em plantas de mandioca micorrizada. Os resultados observados para o G. clarum em solo fumigado estão de acordo com os encontrados por RHO

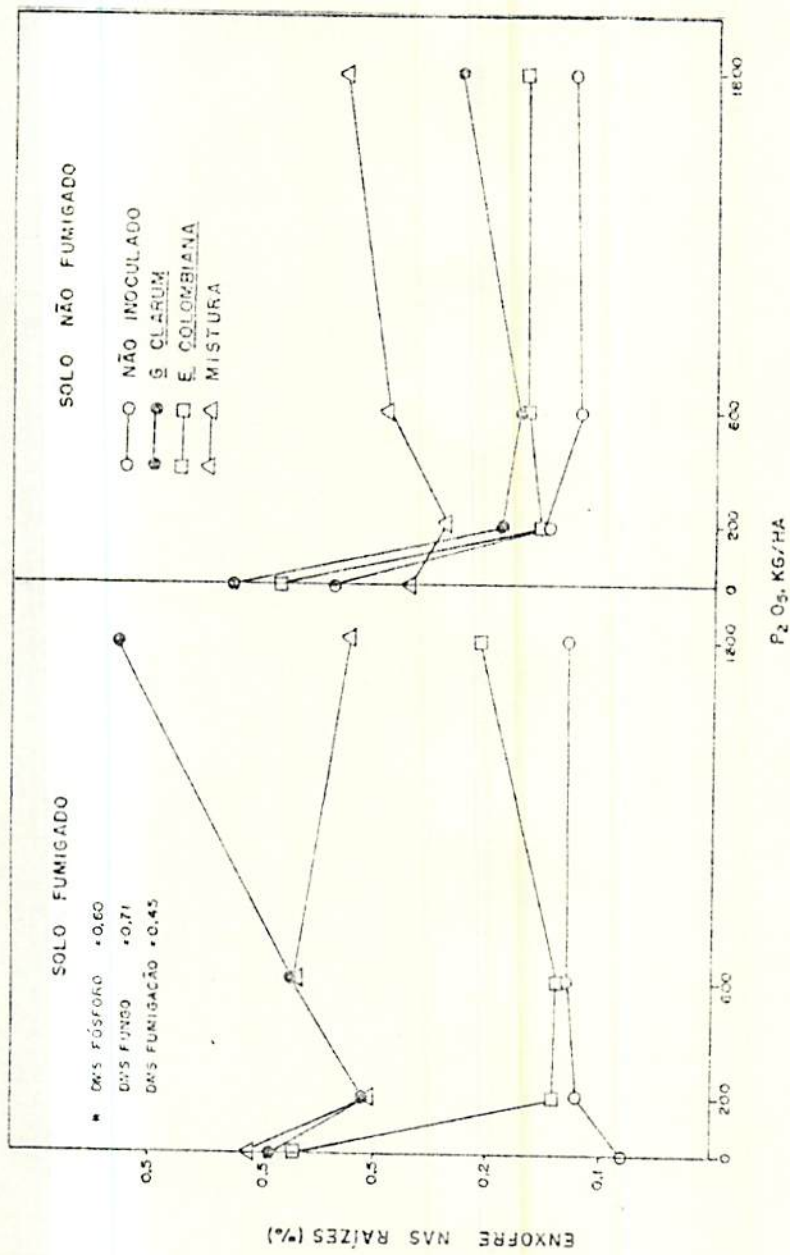


FIGURA 38 - Efeito de doses de fósforo no teor de enxofre nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. do. ESAL, Lavras - MG. 1987.

* Calculado com dados transformados.

DES & GERDEMAN (77) em cebola que encontraram aumentos nos teores de enxôfre nas raízes pela micorriza e pelo aumento do nível P aplicado.

Os teores de enxôfre encontrados nas raízes variaram de 0,08 a 0,53%, sendo superiores aos valores citados por ASHER et alii (4) como sendo de 0,05 - 0,06%.

4.6.2. Micronutrientes

Os resumos das análises de variância referentes aos teores de zinco, manganês, ferro, cobre e boro nas raízes, estão contidos no Quadro 27A.

4.6.2.1. Zinco

Os teores médios de zinco nas raízes de mandioca foram influenciados pelas doses de fósforo somente em solo não fumigado, e a análise de regressão, apresentou efeito negativo linear (Figura 39) no teor de zinco com o aumento das doses de P_2O_5 aplicado. A inoculação da mandioca com G. clarum em solo fumigado e não fumigado e E. colombiana em solo fumigado também reduziram os teores de zinco nas raízes (Figura 40). Essas reduções foram possivelmente devido ao antagonismo existente entre o fósforo e o zinco, ao efeito de diluição (JARREL & BEVERLY, 47) e ao efeito inibitório na absorção de zinco pelo cálcio existente no superfosfa-

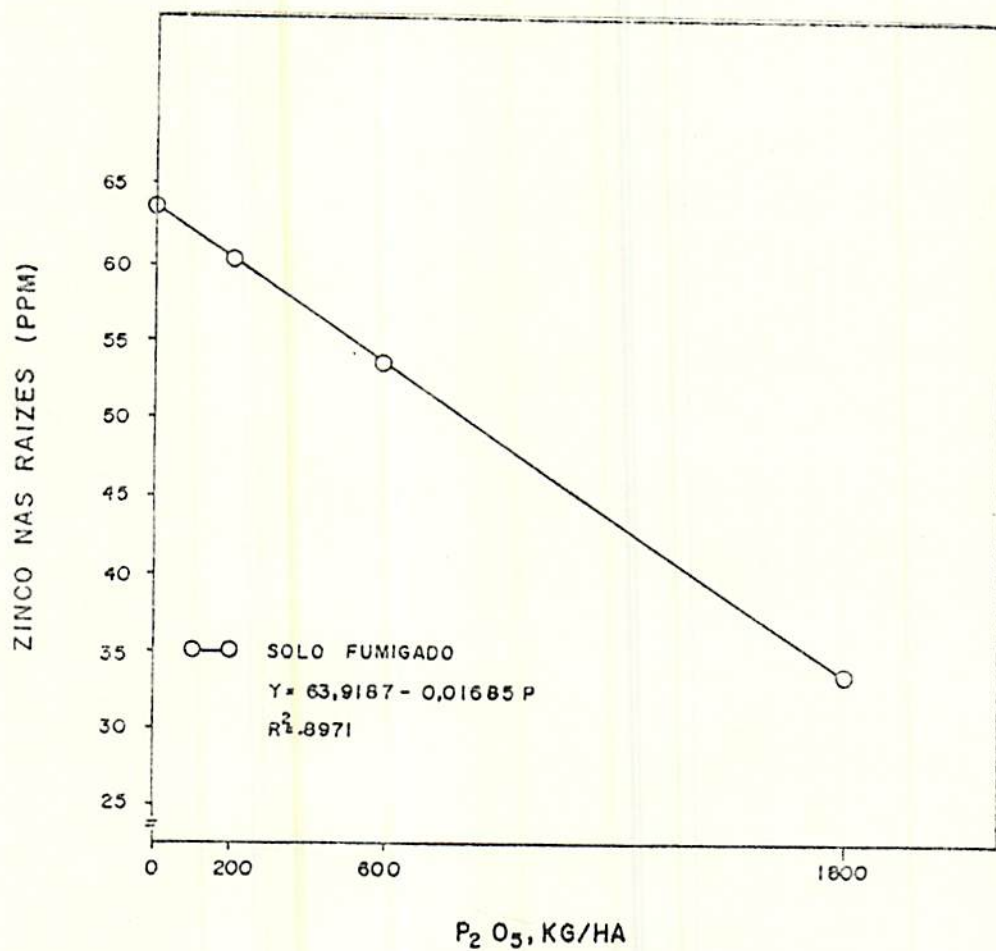


FIGURA 39 - Curva de regressão para doses de fósforo e teor de zinco nas raízes de mandioca em solo fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

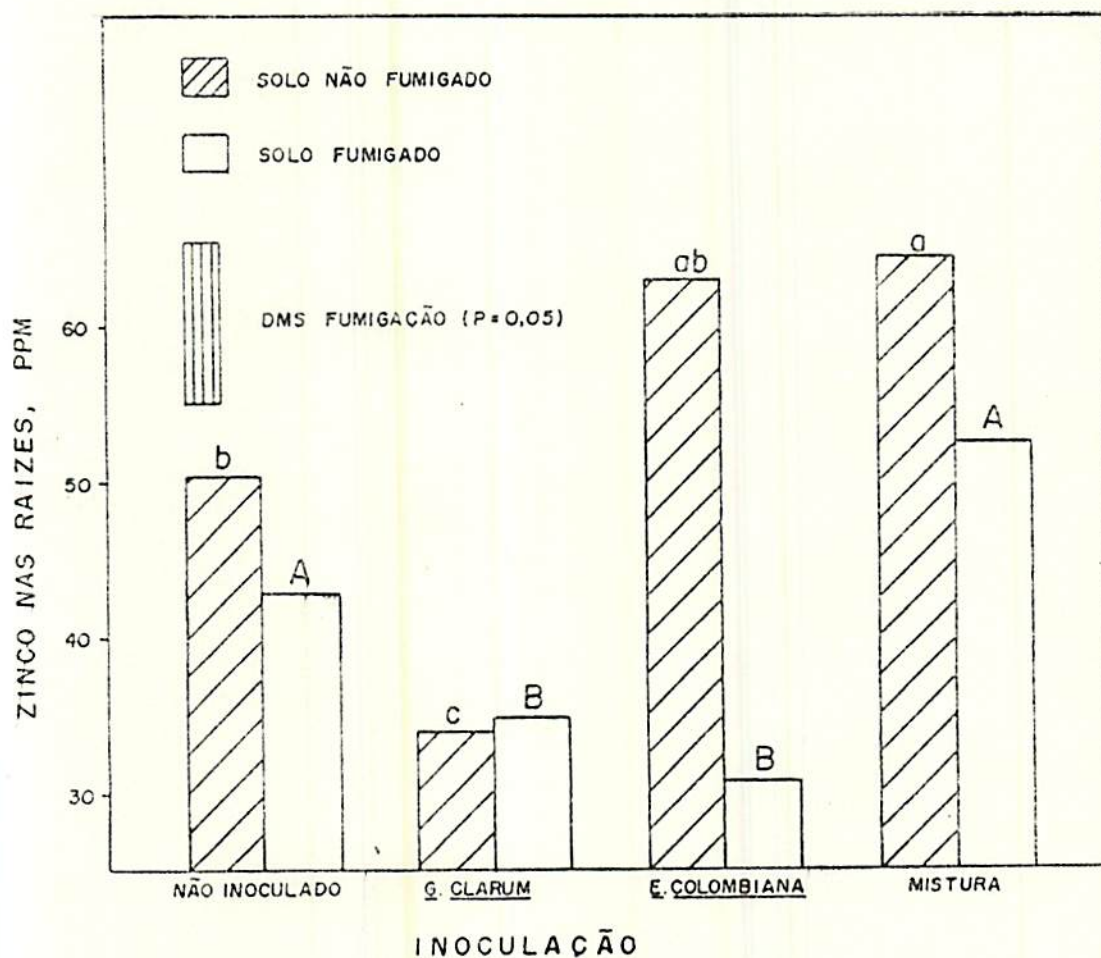


FIGURA 40 - Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de zinco nas raízes da mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987.

to triplo. Em solo fumigado não se verificou influência de doses de fósforo no teor de zinco nas raízes.

A fumigação do solo apresentou uma tendência em reduzir o teor de zinco nas raízes. Esse efeito possivelmente foi devido a redução da disponibilidade deste elemento no solo (Quadro 1) e também o efeito da diluição, pois foram verificados um maior desenvolvimento das plantas em solo fumigado.

Os teores de zinco nas raízes variaram de 33,74 a 66,32 ppm, estando dentro das variações citadas por HOWELER (41) que são de 10,5 - 63,2 ppm de zinco nas raízes.

4.6.2.2. Manganês

Em solo fumigado, a inoculação com G. clarum apresentou redução no teor de manganês nas doses de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 . A inoculação com mistura de fungos apresentou menores teores de manganês nas doses de 0, 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 em relação ao tratamento não inoculado (Figura 41). Observa-se que em solo fumigado, a inoculação com fungos micorrízicos VA apresentaram uma tendência na redução do teor de manganês nas raízes. Em solo não fumigado, apenas G. clarum tendeu apresentar menores teores de manganês. Esses resultados concordam com as observações de COLOZZI-FILHO & SIQUEIRA (16), onde encontraram redução nos teores de manganês em mudas de cafeeiro micorrizado.

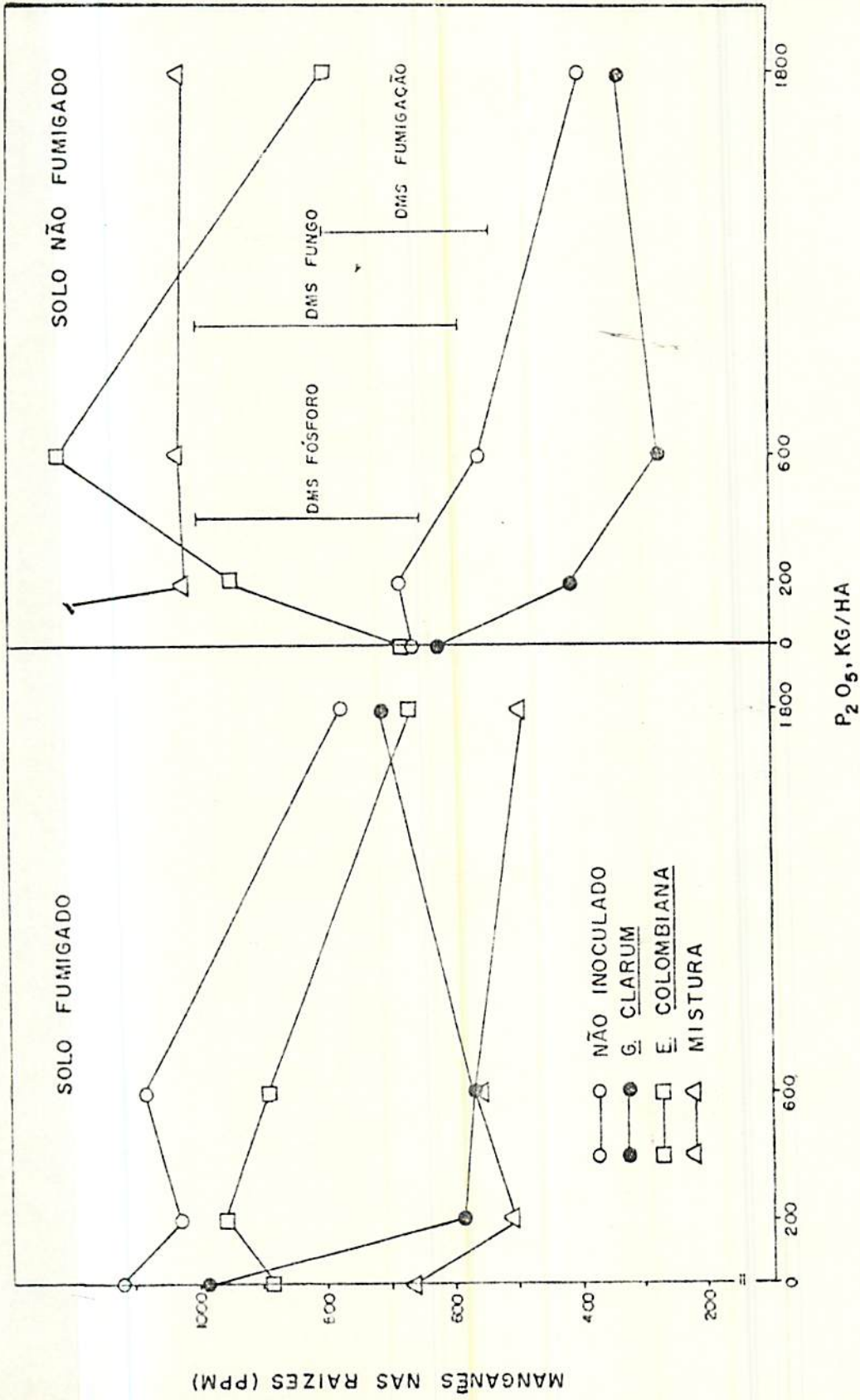


FIGURA 41 - Efeito de doses de fósforo no teor de manganês nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Os teores de manganês nas raízes, foram superiores aos citados por HOWELER (41) que encontrou valores de 4,2 a 273 ppm em raízes de mandioca.

4.6.2.3. Ferro

No Quadro 27A, verifica-se que os teores de ferro nas raízes não foram influenciados pela inoculação com fungos micorrízicos VA.

As análises de regressão para doses de fósforo e teor de ferro nas raízes mostraram efeito quadrático em solo fumigado e não fumigado (Figura 42).

Os teores de ferro nas raízes foram influenciados pelas doses de fósforo adicionados ao solo (Figura 42). Em solo não fumigado verificou-se uma redução no teor de ferro com o aumento das doses de fósforo. Em solo fumigado verificou-se aumento no teor de ferro com aplicação de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 , enquanto na dose de 1800 kg/ha de P_2O_5 houve uma redução no teor de ferro. Estes resultados estão de acordo com MALAVOLTA (58) o qual demonstra que altos níveis de fósforo podem insolubilizar o ferro no solo.

De acordo com a revisão feita por HOWELER (41) ficou demonstrada a grande variação dos dados sobre o teor de ferro nas raízes, que encontrou valores de 13,2 a 729 ppm. Os teores observados no presente trabalho foram superiores a 7.000 ppm.

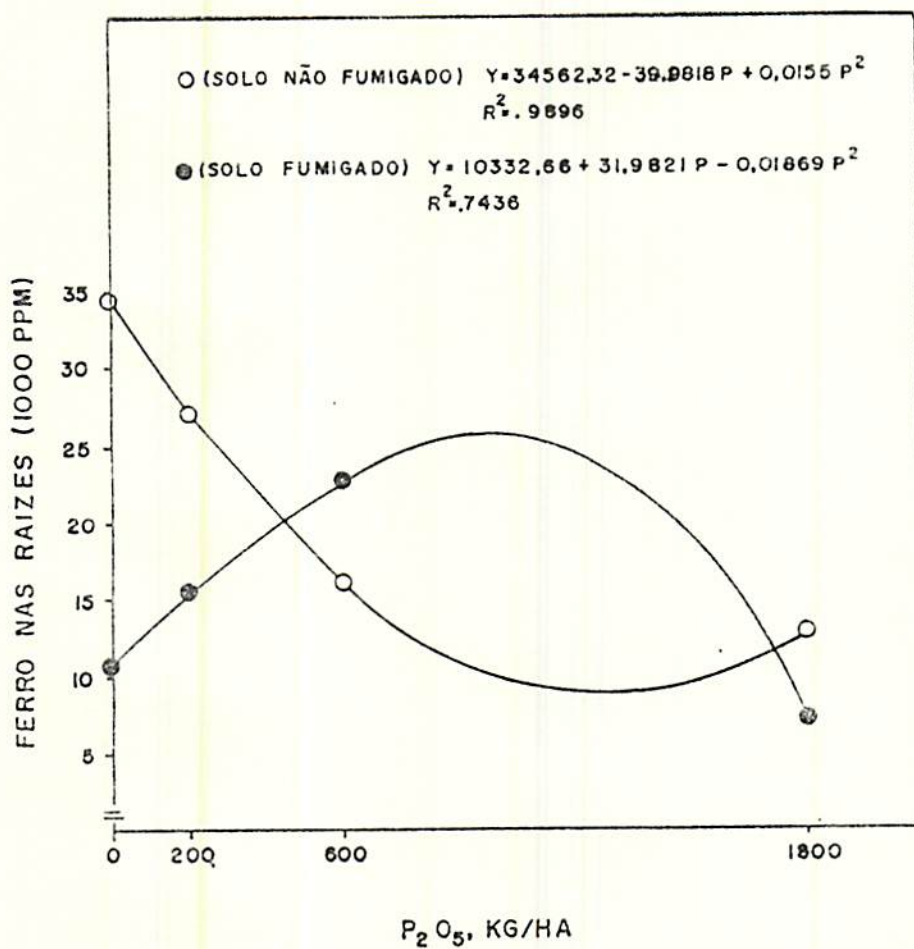


FIGURA 42 - Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de ferro nas raízes de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

4.6.2.4. Cobre

Verificou-se que as doses de fósforo influenciaram na redução do teor de cobre nas raízes da mandioca. A análise de regressão, apresentou efeito quadrático tanto em solo não fumigado e fumigado (Figura 43). Essa redução no teor de cobre aparentemente está associada, à redução na absorção de cobre devido altas doses de P aplicado ao solo e com o efeito de diluição ocasionado pelo maior crescimento.

A inoculação da mandioca com fungos micorrízicos VA proporcionaram um aumento no teor de cobre nas raízes em solo fumigado e não fumigado (Figura 44), sendo que a inoculação com G. clarum e mistura de fungos nestes solos e E. colombiana em solo fumigado foram superiores estatisticamente. Esses resultados concordam com os obtidos por CHAN (13) que encontrou efeitos positivos na absorção de cobre pelas plantas de mandioca micorrizadas.

Os teores de cobre obtidos variaram de 31,88 a 250,86 ppm, sendo superiores aos valores de 2 a 10 ppm considerados normais por CIAT (9).

4.6.2.5. Boro

Verifica-se na Figura 45, que a inoculação da mandioca com G. clarum e a mistura de fungos apresentaram reduções significativas nos teores de boro nos tecidos das raízes da mandioca em solo fumigado e não fumigado.

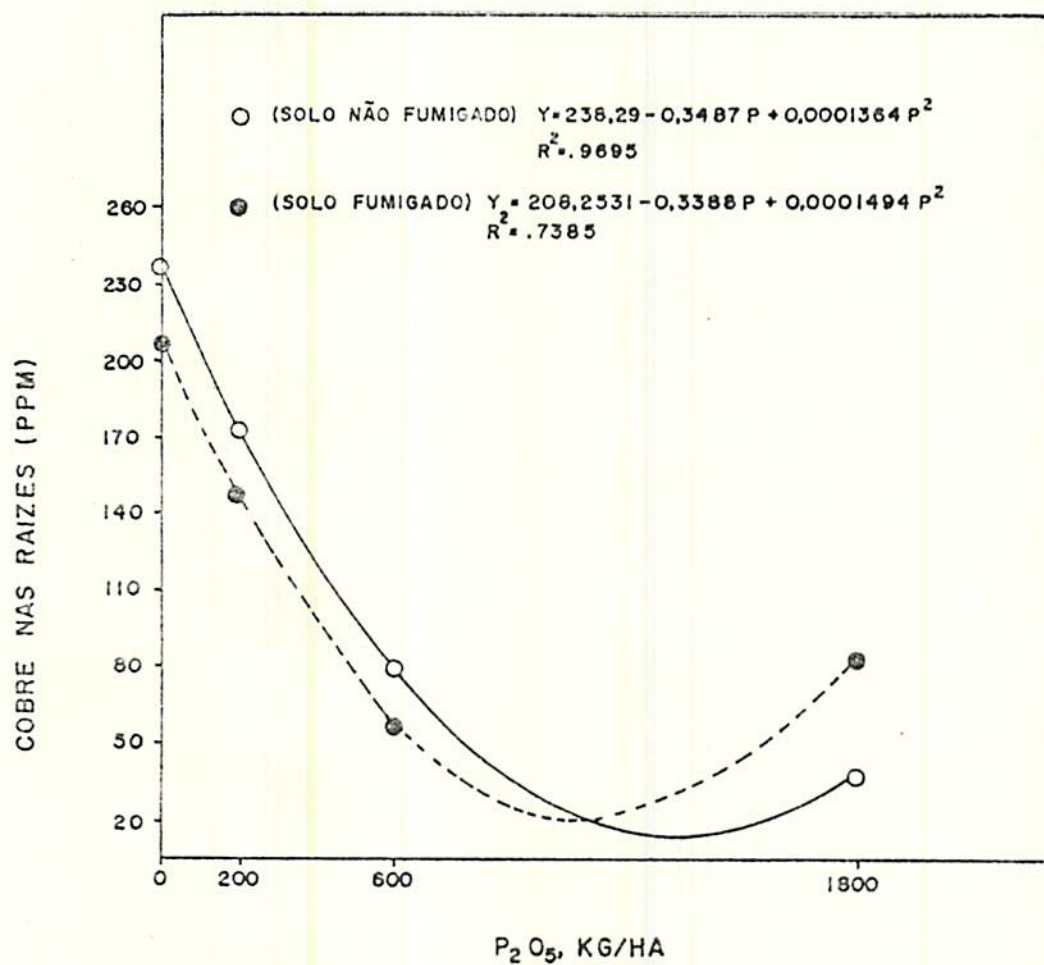


FIGURA 43 - Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de cobre nas raízes de plantas de mandioca em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

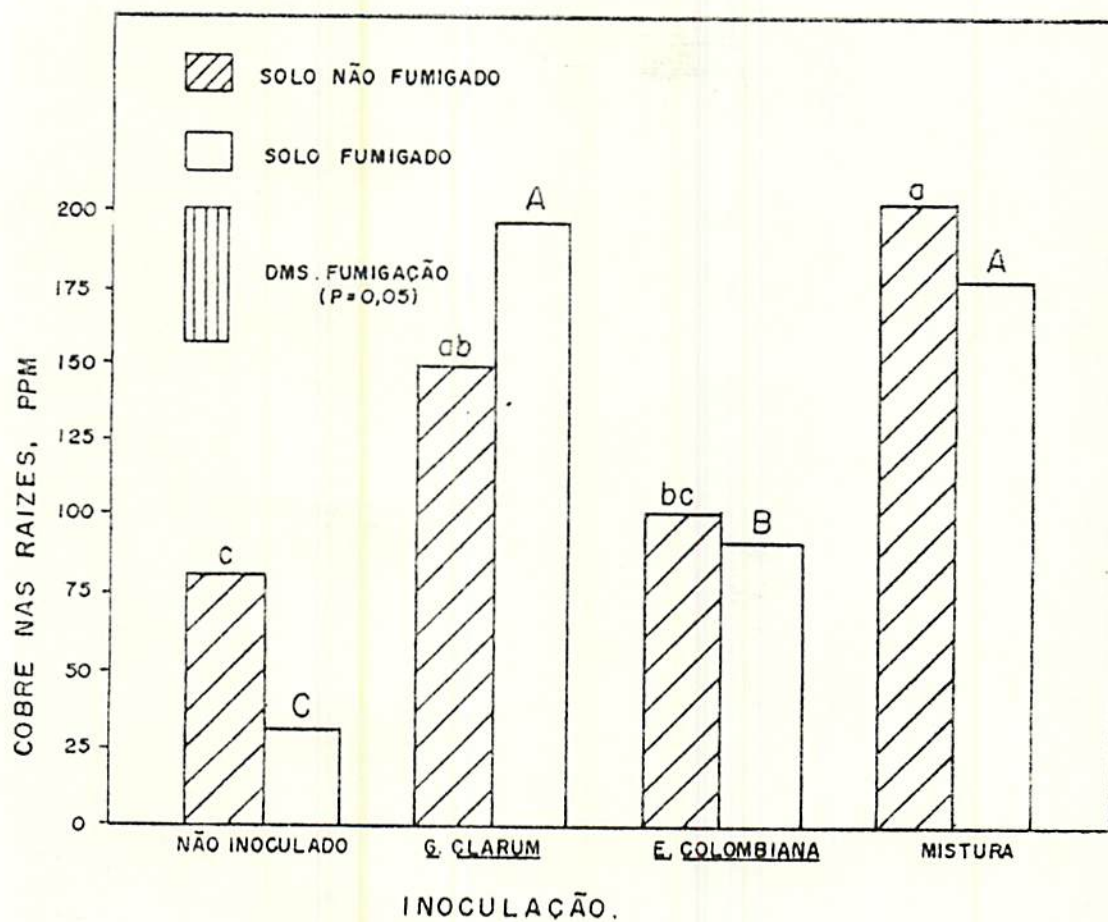


FIGURA 44 - Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de cobre nas raízes de mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúscula para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987.

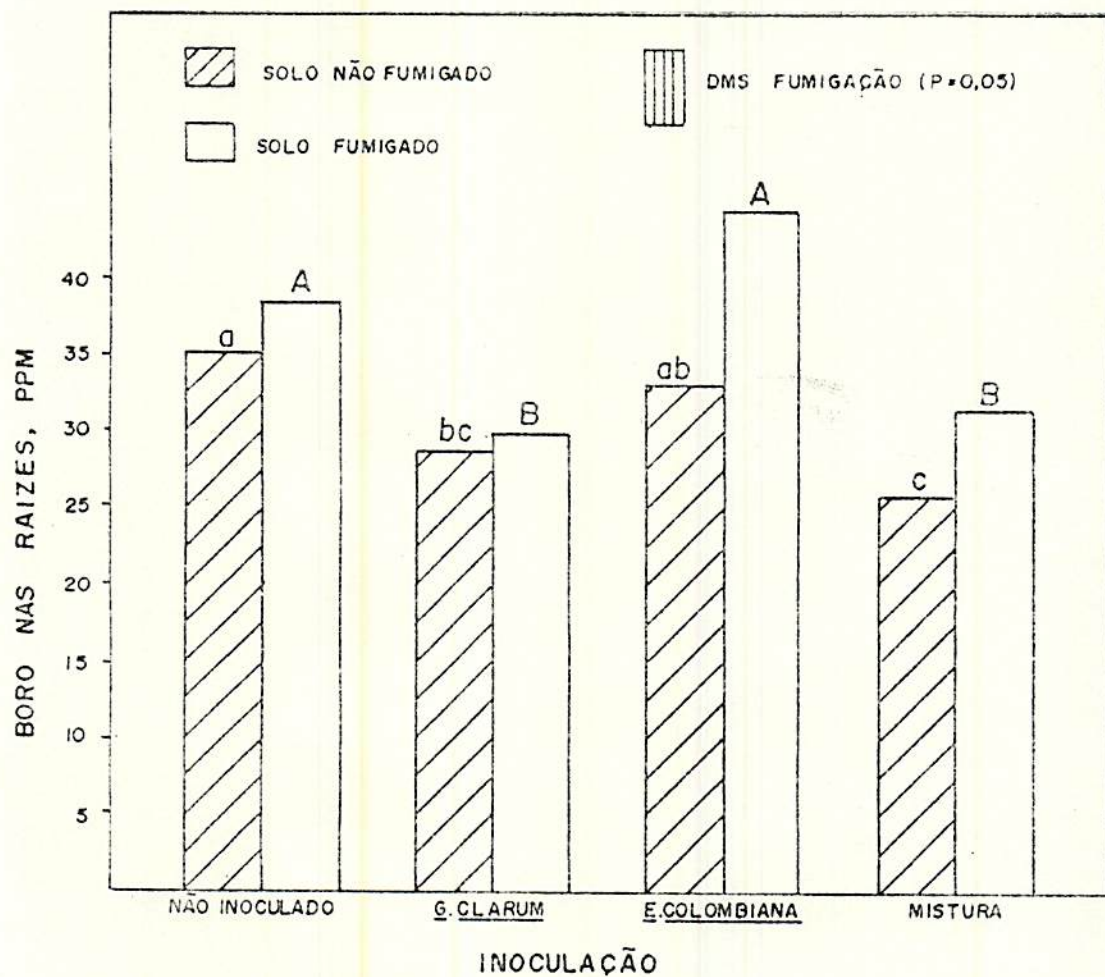


FIGURA 45 - Efeito da inoculação de fungos micorrízicos VA no teor de boro nas raízes de mandioca em solo fumigado e não fumigado. Colunas com diferentes letras minúsculas para solo não fumigado e maiúsculas para fumigado, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ESAL, Lavras - MG. 1987.

As doses de P_2O_5 (Figura 46), influenciaram negativamente os teores de boro nos tecidos das raízes. A análise de regressão para os tratamentos não inoculado e inoculado com E. colombiana, apresentaram efeitos negativos lineares com as doses de fósforo. Para os tratamentos inoculados com G. clarum e mistura de fungos estes efeitos foram quadráticos.

A aplicação de 200 e 600 kg/ha de P_2O_5 reduziu o teor de boro nas raízes com a inoculação de G. clarum e mistura de fungos.

Estes resultados sugerem ter ocorrido o efeito da diluição verificado para o teor de boro na parte aérea, nitrogênio, potássio, zinco e cobre.

4.6.3. Comentários (III)

A inoculação da mandioca com G. clarum foi a que apresentou maior efeito nos teores de nutrientes nas raízes, sendo mais acentuados em solo fumigado onde se verificaram maiores teores de P, Mg, S, Cu e menores teores de N, K, Zn, Mn e B. Em solo não fumigado o G. clarum provocou a ocorrência de menores teores de K, Zn, Mn e B e somente aumentou o teor de Cu.

Foram verificadas relações lineares negativas entre os teores de P nos tecidos das raízes e colonização radicular com inoculação de G. clarum em solo não fumigado, mostrando que neste caso, a colonização radicular foi inibida pelos altos teores de P

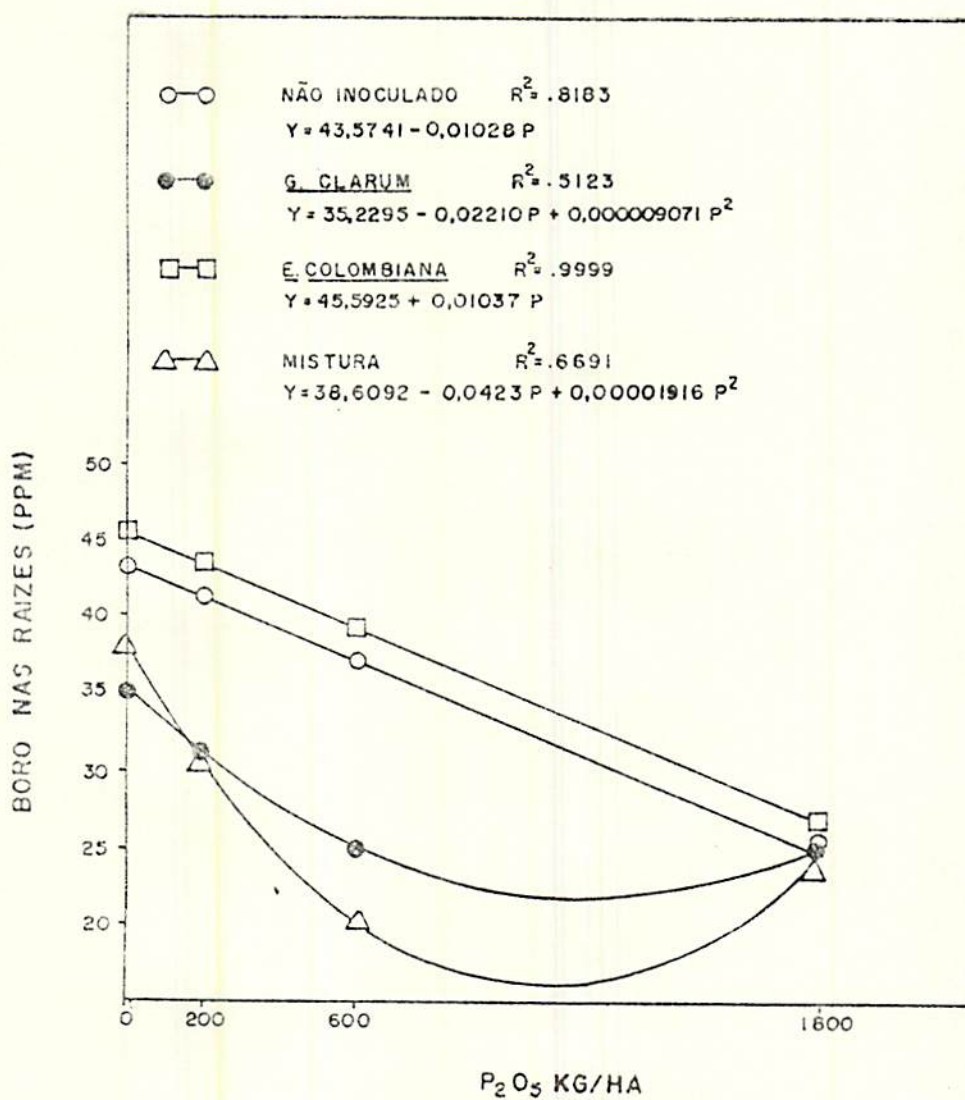


FIGURA 46 - Curvas de regressão para doses de fósforo e teor de boro nas raízes de plantas de mandioca inoculadas com fungos micorrízicos VA. ESAL, Lavras - MG. 1987.

nas raízes. Observou-se também relações lineares entre os teores de P nas raízes e P na parte aérea.

Adição de doses crescentes de P_2O_5 ao solo induziu maiores teores de P e Ca e menores teores de N, K, Zn, Mn, Cu e B nos tecidos das raízes.

5. CONCLUSÕES

- O crescimento das plantas de mandioca foi influenciado positivamente pelas doses de fósforo e pela inoculação com Glomus clarum, sendo o efeito destes fatores mais acentuado no solo fumigado.

- Os efeitos das micorrizas VA foram grandemente influenciados pelas doses de fósforo aplicadas no solo. A maior efetividade do G. clarum foi verificada quando se aplicou 200 kg/ha de P_2O_5 .

- A maior absorção de nutrientes, em especial de fósforo, resultou da associação entre Glomus clarum e raízes de mandioca.

- A inoculação da mandioca com Glomus clarum apresentou maiores teores de P e Cu, nas raízes e P parte aérea, e menores teores de N, K, Ca e Zn na parte aérea e N, K e Zn nas raízes.

- O fungo Glomus clarum apresentou efetividade simbiótica em solo fumigado e não fumigado.

- O fungo Entrophospora colombiana apresentou baixa efetividade para a mandioca.

- A adição de doses crescentes de P_2O_5 ao solo induziu aumentos nos teores de P e Ca e menores teores de N, K, Zn, Cu e B nos tecidos das plantas de mandioca.

6. RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de doses de fósforo e da inoculação de fungos micorrízicos VA, no desenvolvimento e na nutrição da mandioca (Manihot esculenta, Crantz), cultivar IAC 12 829, em Latossolo Roxo.

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no Campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, no período de outubro de 1985 a janeiro de 1986. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 x 2 com quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro doses de fósforo (0, 200, 600 e 1800 kg/ha de P_2O_5), quatro tratamentos de inoculação (não inoculado; inoculado com Glomus clarum; Entrophospora colombiana; Glomus clarum + Entrophospora colombiana) e dois tratamentos de solo (solo fumigado e não fumigado).

Foram avaliados porcentagem de colonização das raízes, número de esporos dos fungos micorrízicos VA, número total de folhas, número de folhas retidas, altura e diâmetro médio de hastes de plantas, peso da matéria fresca e seca da parte aérea, raízes e da planta total e concentração de nutrientes na parte aérea e raízes.

A colonização radicular observada em solo não fumigado e não inoculado, foi atribuída à presença de fungos micorrízicos VA nativos, principalmente do Acaulospora appendicula. A taxa de colonização radicular em solo fumigado e reinfestado com fungos micorrízicos VA foi de 63,7%, sendo mais elevada quando comparada a colonização por fungos nativos que foi de apenas 14,3%. Estes resultados indicam a alta infectividade das espécies dos fungos introduzidos.

A inoculação com Glomus clarum foi benéfica para o crescimento e nutrição da mandioca. Foram observados efeitos positivos na produção de folhas, altura de plantas, diâmetro do caule e acumulação de matéria fresca e seca da parte aérea, raízes e planta total. Verificou-se que para produção de 60% da máxima produção de matéria seca de raízes de plantas de mandioca inoculadas com G. clarum foi necessário aplicação de 269,07 kg/ha de P_2O_5 e no tratamento sem inoculação 1507,88 kg/ha de P_2O_5 .

Os maiores efeitos nos teores de nutrientes nos tecidos da planta foram obtidos com a inoculação de G. clarum que induziu maiores teores de P e Cu nas raízes e P na parte aérea, e menores teores de N, K, Zn e B nas raízes e N, K, Ca, Zn e B na parte aérea.

Os maiores benefícios da inoculação com G. clarum foram alcançados com a adição de 200 kg/ha de P_2O_5 e mínimos com a adição de 1800 kg/ha de P_2O_5 .

O efeito de doses crescentes de P_2O_5 na nutrição da planta proporcionou aumento dos teores de P e Ca e redução nos teores de N, K, Zn, Cu e B nos tecidos da planta.

O fungo micorrízico Entrophospora colombiana não foi efetivo, apesar de serem observadas respostas positivas no desenvolvimento e nos teores de fósforo em plantas de mandioca sem a adição de fósforo.

Plantas de mandioca na ausência de micorriza tiveram menor desenvolvimento o que foi superado pela adição de fósforo ao solo, indicando que a simbiose micorrízica possui importante papel no crescimento da mandioca em solos tropicais.

7. SUMMARY

The objective of this work was to assess the effects of dosages of phosphorus and inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi (VAM) on the growth and nutrition of cassava (Manihot esculenta, Crantz), cultivar IAC 12 829 in a Dusk Red Latossol.

The experimente was carried out in a glasshouse at the 'Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL' from october 1985 to january 1986. The treatments were: four dosages of phosphorus, (0, 200, 600 and 1800 kg/ha P_2O_5); four inoculation treatments - uninoculated control, inoculation with Glomus clarum, Entrophospora colombiana and Glomus clarum + Entrophospora colombiana; and two soil treatments (fumigated and non fumigated soil). A completely randomized design in a factorial 4 x 4 x 2 scheme with four replications was used.

The following parameters were assessed: percentage of root colonization, number of spores of the VAM fungi, total number of leaves and number of leaves retained, average height and diameter of the plant stems, fresh and dry weights of roots, shoots and

the concentration of nutrients in the shoots and roots. The percentage root colonization indicated that mycorrhizae symbiosis with cassava was present in plants growing in uninoculated, non fumigated soil. This colonization was due to the presence of native populations of VAM fungi, Acaulospora appendicula. The rate of root colonization in fumigated and inoculated soil was 63.7%, much higher than the rate of colonization by native VAM species which was 14.3%. These results indicate the high infectivity of the introduced fungal species.

Inoculation with G. clarum was beneficial to the growth and nutrition of cassava. Positive effects were observed in the production of leaves, plant height, stem diameter and accumulation of fresh and dry matter in the shoots and roots. It was verified that to obtain 60% of the maximum production of dry matter of roots achieved in plants inoculated with G. clarum it was necessary to add 269.07 kg/ha P_2O_5 and in uninoculated plants 1507.88 kg/ha P_2O_5 .

The greatest effects in the levels of nutrients in the plant tissues were obtained with the inoculation of G. clarum which caused higher levels of P and Cu in the roots and P in the aerial part and lower levels of N, K, Zn and B in the roots and N, K, Ca, Zn and B in the aerial part.

The greatest benefits of inoculation with G. clarum were achieved with the addition of 200 kg/ha of P_2O_5 and the least benefits with the addition of 1800 kg/ha P_2O_5 .

The effect of increasing dosages of P_2O_5 on the nutrition of the plants was an increase in the levels of P and Ca and decrease in the levels of N, K, Zn, Cu and B in the plant tissues.

The VAM fungus Entrophospora colombiana was not effective in spite of the fact that positive results were observed in the development and the levels of phosphorus in cassava plants without the addition of phosphorus.

Cassava plants grown in the absence of VAM fungi showed poor development unless high rates of P were applied to the soil. This indicates that the VAM symbiosis plays an important role in the growth and nutrition of cassava in tropical soils.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. The role of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. Australia Journal of Agricultural Research, Victoria, 33:389-408, 1982.
2. ALLISON, L.H. Organic carbon. In: CLACK, C.A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.1367-8.
3. ALMENDRAS, A.S.; DELA CRUZ, R.E. & MANGIAT, J. Effect of soil type, fertilization and mycorrhizal inoculation on NPK uptake of cassava. Annals of Tropical Research, Philippines, 4(2):118-26, Abr./June 1982.
4. ASHER, C.J.; EDWARDS, D.G. & HOWELER, R.H. Desordenes nutricionales de la yuca (Manihot esculenta Crantz). Cali, CIAT, 1980. 48p.
5. BAHIA, V.G. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras, MG. Piracicaba, ESALQ, 1975. 67p. (Tese Doutorado).

6. BARBER, S.A. Soil-plant interactions in the phosphorus nutrition of plants. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPATH, E.J. The role of phosphorus in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1980. p.591-615.
7. CARVALHO, P.C.L. de. Estudos sobre a afinidade entre fungos vesiculo arbusculares e mandioca, cultivar cigana preta. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 3(2):83-89, 1984.
8. _____; EZETA, F.N.; CALDAS, R.C. & RODRIGUES, E.M. Contribuição da endomicorriza para absorção de nutrientes e crescimento da mandioca (Manihot esculenta Crantz). Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 1(1):55-60, 1982.
9. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Desordenes nutricionales de la planta de yuca; guia de estudio para ser usada como complemento de la unidade audiotutorial sobre el mesmo tema. Cali, CIAT. 1981. 32p. (Serie 04SC-01.01).
10. _____. Mycorrhiza project. In: _____. Annual Report - 1984. Cali, 1985. p.79-97. (Working Document, 1).
11. _____. Programa de yuca. In: _____. Informe anual CIAT - 1981. Cali, 1981. p.121-42.
12. _____. Sistema de produção de yuca. In: _____. Informe anual - 1976. Cali, 1976. p.B1-B-85.

13. CHAN, S.K.; TAI, L.H. & ABAS, A.G. Study of cassava response to phosphorus with and without mycorrhizal inoculation. In: PUSHPARAJAH, E. & SHARIFUDDIN, H.A., eds. Phosphorus and potassium in the tropics. Kuala Lumpur, Malaysian Society of Soil Science, 1982. p.383-93.
14. COCK, J.H. Components of a new technology. In: _____. Cassava; new potential for a neglected crop. Boulder, International Agricultural Development Service, 1985. p.72-114.
15. COELHO, M. & FALCÃO, L. de A. Reação de algumas culturas de Pernambuco ao emprego da adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 5, Pelotas, 1955. Anais... Pelotas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1959. p.267-86.
16. COLOZZI-FILHO, A. & SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesicular-arbusculares em mudas de cafeeiro. I. Efeitos da Gigaspora margarita no crescimento e nutrição. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(3), 1986.
17. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3ª aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.
18. COOPER, K.M. Physiology of VA mycorrhizal associations. In: POWELL, C.L. & BAGYARAJ, D.J. VA mycorrhiza. Boca Raton, CRC Press, 1984. p.155-85.

19. CORRÊA, H.; TANAKA, R.T.; GUEDES, G.A.A.; ANDRADE, A.M.S. & ROCHA, B.V. da. Efeito de doses de fósforo e épocas de aplicação de nitrogênio e de potássio na cultura da mandioca (Manihot esculenta Crantz) em Latossolo Vermelho Escuro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1, Salvador, 1979. Anais... Salvador, EMBRAPA-DID/SBM, 1981. v.1, p.339-47.
20. COSTA, I.R.S. & PERIM, S. Variedade de mandioca-brava, resistentes à bacteriose, para a região geoeconômica de Brasília. Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1983. 6p. (Comunicado Técnico, 31).
21. COVERY, R.P.; KOCH, B.L. & LARSEN, H.J. Influence of vesicular arbuscular mycorrhizae on the growth of apple and corn in low-phosphorus soil. Phytopathology, St. Paul, 71(2): 712-5, Feb. 1981.
22. CRESS, W.A.; THRONEBERRY, G.O. & LINDSAY, D.L. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and non-mycorrhizal tomato roots. Plant Physiology, Lancaster, 64(3):484-7, 1979.
23. EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. & WILSON, G.L. Mineral nutrition of cassava and adaptation to low fertility conditions. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 4, Cali, 1976. Proceedings... Ottawa, The International Society for Tropical Root Crops, 1977. p.124-30.

24. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura - 1978. Cruz das Almas, 1980. 183p.
25. _____. Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura - 1983. Cruz das Almas, 1984. 191p.
26. ENCICLOPÉDIA dos Municípios Brasileiros; Minas Gerais. Rio de Janeiro, IBGE, 1959. v.25.
27. EZETA, F.N. & CARVALHO, P.C.L. de. Eficiência de duas espécies nativas de fungos vesículo-arbusculares sobre a nutrição e crescimento da mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 2, Vitória, 1981. Anais... Cruz das Almas, EMBRAPA-CNPMP/SBM, 1982. V.1, p.54-61. (Documentos, 6).
28. _____ & _____. Influência da endomicorriza na absorção de P e K e no crescimento da mandioca. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6(1):25-8, jan./abr. 1982.
29. _____; MACÊDO, M.C.M.; DANTAS, J.L.L.; GOMES, J. de C. & CARVALHO, P.C.L. de. Análise foliar na avaliação do requerimento nutricional da mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 2, Vitória, 1981. Anais... Salvador, EMBRAPA-CNPMP/SBM, 1982. V.1, p.62-78.

30. FERGUSON, J.J. & WOODHEAD, S.H. Production of endomycorrhizal inoculum. A. Increase and maintenance of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: SCHENCK, N.C. Methods and principles of mycorrhizal research. St. Paul, The American Phytopathological Society, 1982. p.47-54.
31. GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizal. In: TORREY, J.G. & CLARKSON, D.T. The development and function of roots. London, Academic Press, 1975. p.375-91.
32. GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, London. 84:489-500, 1980.
33. GOEDERT, W.J. & SOUZA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais... Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.109-18, (Documentos, 14).
34. GOMES, J. de C. A problemática de adubação e calagem da mandioca no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 2, Vitória, 1981. Anais... Salvador, EMBRAPA-CNPMF/SBM, 1982. V.2, p.19-57.
35. _____; HOWELER, R.H. Produção de mandioca em solos de baixa fertilidade. In: EMBRAPA-CNPMF. Práticas culturais da mandioca. Brasília, EMBRAPA/DDT, 1984. p.151-65. (Documento, 19. Anais do seminário realizado em Salvador, 18-21/03/80).

36. HOWELER, R.H. Asociaciones com micorrizas: importantes para la yuca cultivada em suelos com bajo nivel de P. Yuca; Boletim Informativo, Cali. (11):10-11, Ago. 1982.
37. _____. Efeito da inoculação micorriza sobre a nutrição de fósforo em mandioca. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRÍCOLA. Práticas culturais da mandioca. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1984. p.209-18. (Documentos, 19. Anais do seminário realizado em Salvador, 18-21/03/80).
38. _____. La función de las micorrizas vesículo-arbusculares en la nutrición fosforica de yuca. Suelos Ecuatoriales, Medellín, 13(2):51-65, 1983.
39. _____. Mycorrhizal inoculation, a cultural practice with potential in cassava cultivation. Cassava Newsletter, Cali, 7(2):4-6, Nov. 1983.
40. _____. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. Cali, CIAT, 1981. 55p.
41. _____. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. In: DOMINGUEZ, C.E., comp. Yuca: investigación, producción y utilización. Cali, CIAT 1982. p.317-57.
42. _____ & SIEVERDING, E. La importancia de las micorrizas en la absorción de fósforo por la yuca. Suelos Ecuatoriales, Medellín, 12(2):182-95, 1982.

43. HOWELER, R.H. & SIEVERDING, E. Potentials and limitations of micorrhizal inoculation illustrated by experiments with field-grown cassava. Plant and Soil, Netherlands, 75(2): 245-61, 1983.
44. _____; ASHER, C.J. & EDWARDS, D.G. Establishment of an effective endomycorrhizal association on cassava in flowing solution culture and its effects on phosphorus nutrition. New Phytologist, London, 90(2):229-38, 1982.
45. _____; CADAVID, L.F. & BURCKHARDT, E. Response of cassava to VA mycorrhizal inoculation and phosphorus application in greenhouse and field experiments. Plant and Soil, Netherlands, 69:327-39, 1982.
46. HUNTER, H.A. Laboratory analysis of vegetal tissues samples. Raleigh, International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program - N.C.S.U., 1975. 5p. (Mimeografado).
47. JARRELL, W.M. & BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. Advances in Agronomy, New York, 34: 197-224, 1981.
48. KANG, T.; ISLAN, R.; SANDERS, F.E. & AYANABA, A. Effect, of phosphate fertilization and inoculation with VA-mycorrhizal fungi on performance of cassava (Manihot esculenta Crantz) grown on an alfisol. Field Crops Research, Amsterdam, 3 (1):83-94, 1980.

49. KOIDE, R. The nature of growth depressions in sunflower caused by vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. New Phytologist, London, 99(3):449-62, Mar. 1985.
50. KORMANIK, P.P. Leaf retention and root development of black walnut seedlings in low phosphorus nursery soils improved by vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 6, Oregon, 1984. Proceedings... Corvallis, Forest Research Laboratory, 1985. p.391.
51. KUMAR, C.R.M.; MANDAL, R.C.; NAIR, G.M. & HRISHI, N. Effect of farm yard manure and NPK on cassava. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL CROPS, 4, Cali, 1976. Proceedings... Cali, The International Society for Tropical Root Crops, 1976. p.122-4.
52. LAMBERT, D.H.; COLE Jr., H. & BAKER, D.E. The role of boron in plant response to mycorrhizal infection. Plant and Soil, Netherlands. 57(2/3):431-8, 1980.
53. LOPES, E.S. Eficiência e especificidade das associações micorrízicas do tipo vesicular-arbusculares em gramíneas e leguminosas forrageiras, e no cafeeiro (Coffea arabica L.). Piracicaba, ESALQ, 1981. 111p. (Tese Doutorado).
54. _____; SIQUEIRA, J.O. & ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 7(1):1-19, jan./abr. 1983.

55. LOPES, A.S. & WOLLUM, A.G. Comparative effects of methylbromide, propylene oxido and autoclave sterilization on specific soil chemical characteristics. Turrialba, Turrialba, 26(4):351-5, Oct./Dic. 1976.
56. LOZANO, J.C.; BELLOTTI, A.; REYES, J.A.; HOWELER, R.H.; LEIHNER, D. & DOLL, J. Problemas en el cultivo de la yuca. Cali, CIAT, 1981. 208p. (Série 07SC-1).
57. LORENZI, J.O.; GALLO, J.R. & MALAVOLTA, E. Exigências de macronutrientes de dois cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 37:443-62, 1980.
58. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.
59. _____. Potássio, magnésio e enxôfre nos solos e culturas brasileiras. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1980. 91p. (Boletim Técnico, 4).
60. _____; COURY, T.; GRANER, E.A.; PACHECO, J.A. de C. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do. Estudos sobre a alimentação mineral da mandioca (Manihot utilissima Pohl.). In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4, Brasília, 1976. Anais... Belo Horizonte, Itatiaias, 1977. p.221.

61. MALAVOLTA, E.; PACHECO, J.A. de C.; GRANER, E.A.; COURY, T. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do. Estudos sobre a alimentação mineral da mandioca (Manihot utilissima Pohl.). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 11:21-40, 1954.
62. MANJUNATH, A. & BAGYARAJ, D.J. Components of VA mycorrhizal inoculum and their effects on growth of onion. New Phytologist, London, 87(2):355-61, 1981.
63. MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii, Institute for Tropical Agriculture and Human Resources, 1981. 81p. (Research Bulletin, 194).
64. _____; POWELL, C.L. & HAYMAN, D.S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytologist, London, 76(2):331-42, 1976.
65. NUNES, W. de O.; BRITTO, D.P.P. de S.; MENEGUELLI, C.A.; ARRUDA, N.B. de & OLIVEIRA, A.B. de. Resposta da mandioca à adubação mineral e a métodos de aplicação do potássio em solos de baixa fertilidade. Pesquisa Agropecuária Brasileira: série Agronomia, Rio de Janeiro, 9(9):1-9, 1974.
66. OCAMPO, J.A. Micorrizas VA. II. Efecto sobre el crecimiento de las plantas. Anales de Edafologia y Agrobiologia, Madrid, 39(5/6):1049-69, 1980.

67. PAULA, M.B. de; NOGUEIRA, F.D. & TANAKA, R.T. Nutrição mineral da mandioca: absorção de nutrientes e produção de matéria seca por duas cultivares de mandioca. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 2(1):31-50, 1983.
68. PERIN, S. Efeitos de níveis de fósforo e de cálcio no crescimento e na acumulação de P, Ca, Mg e Zn pela mandioca (Manihot esculenta Crantz) em casa de vegetação. Lavras, ESAL, 1982. 100p. (Tese MS).
69. _____; LOBATO, E. & GALRÃO, E.Z. Efeitos da calagem e de nutrientes no rendimento da mandioca (Manihot esculenta Crantz) em solos sob vegetação de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4(2):107-110, maio/ago. 1980.
70. PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, A.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for assessment at infection. Transactions British Mycological Society, Great Britain, 55(1):158-161, Ago. 1970.
71. PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 11.ed. São Paulo, Nobel, 1985. 466p.
72. POTTY, V.P. Cassava as an alternate host for multiplication of VAM fungi. Plant and soil, Netherlands, 88(1):135-7, 1985.

73. POWELL, C.L. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VIII. Uptake of P by onion and clover infected with different endogone spore types in P³² labelled soils. New Phytologist, London, 75(3):563-566, 1975.
74. RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1981. 142p.
75. RAMIREZ, O.D.; GREEN, J.J. & CALONI, I.B. de. Evaluation and acceptability of cassava cultivars. Journal of Agriculture of University of Puerto Rico, Porto Rico, 67(1):16-21, Jan. 1983.
76. RHODES, L.H. & GERDEMANN, J.W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. New Phytologist, London, 75(3):555-61, 1975.
77. _____ & _____. Influence of phosphorus nutrition on sulfur uptake by vesicular-arbuscular mycorrhizae of onion. Soil Biology Biochemistry, Great Britain, 10:361-4, 1978.
78. ROSS, J.P. Effect of nontreated field soil on sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with soy bean. Phytopathology, St. Paul, 70(12):1200-5, 1980.
79. _____ & RUTTENCUTTER, R. Population dynamics of the vesicular-arbuscular endomycorrhizal fungi and the role of hyperparasitic fungi. Phytopathology, St. Paul, 67:490-6, Apr. 1977.

23. FOWELL, C.L. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VIII. Uptake of P by onion and clover infected with different endogone spore types in P³² labelled soils. New Phytologist, London, 75(3):563-566, 1975.

24. HAID, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Instituto de Potassa e Fósforo, 1981. 143p.

25. HAWKES, O.D.; GREEN, S.J.; WATSON, T.B. de. Responsibility of various cultivars. Journal of the University of Puerto Rico, Porto Rico, 57(1):1-8, 1983.

26. HODGE, L.H. & GERDEMAN, J.W. Phosphate uptake from vesicular-arbuscular mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. New Phytologist, 1981, 78(3):557-561, 1975.

27. Influence of phosphorus nutrition on the uptake by vesicular-arbuscular mycorrhizal of onion. Soil Biology Biochemistry, Great Britain, 10:561-564, 1978.

28. ROSE, J.R. Effect of reprinted field soil on association of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with soy bean. Phytopathology, St. Paul, 70(12):1200-2, 1980.

29. RUTHERFURD, R. Population dynamics of the vesicular-arbuscular endomycorrhizal fungi and the role of parasitic fungi. Phytopathology, St. Paul, 73:482-6, 1983.

80. SALES LUIS, A.C. de. Insumo-chave dos oxissolos e vermiculita. s.1., Fundação Salim Farah Maluf, 1982. p.ir.
81. SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. Advances in Agronomy, New York, 34:279-406, 1981.
82. _____ & UEHARA, G. Management considerations for acids soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.J. The role of phosphorus in agriculture. American Society of Madison, Agronomy, 1980. p.471-514.
83. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Analises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
84. SCHUBERT, A. & HAYMAN, D.S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhizal. XVI. Effectiveness of different endophytes at different levels of soil phosphate. New Phytologist, London, 103(1):79-80, May 1986.
85. SCHULTZ, R.C.; KORMANIK, P.P.; BRYAN, W.C. & BRISTER, G.H. Vesicular-arbuscular mycorrhiza influence growth but not mineral concentrations in seedlings of eight sweetgum families. Canadian Journal of Forest Research, Ottawa, 9(2): 218-23, 1979.

86. SIEVERDING, E. Metodologia para la seleccione introduccion de cepas de micorriza a la yuca en el campo. Cali, CIAT, 1984. 27p. (Seminarios Internos, SE 4-84).
87. _____. Possibilidades de aumentar la producción de yuca en suelos ácidos de regiones montañosas con el uso de hongos micorrízicos. Suelos Ecuatoriales, 14(1):190-198, 1984. In: CIAT. Resúmenes analíticos sobre yuca. Cali, 1986. v.12, p.9. (Resumen 0020-24058).
88. _____ & LEIHNER, D.E. Influence of crop relation and intercropping of cassava with legumes on VA mycorrhizal symbiosis of cassava. Plant and Soil, Netherlands, 80(1):143-6, 1984.
89. SIQUEIRA, J.O. & COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesicular arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(3), 1986.
90. _____ & PAULA, M.A. Efeito de micorrizas vesículo-arbusculares na nutrição e aproveitamento de fósforo pela soja em solo sob cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas. 10(2):97-102, maio/ago. 1986.
91. _____; HUBBELL, D.H. & VALLE, R.R. Effect of phosphorus on formation at the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 19(12):1465-74, dez. 1984.

92. STEEL, R.G.D. & TORRIE, H.J. Principles and procedures of statistics. New York, MacGraw-Hill, 1960. 481p.
93. SYLVIA, B.M. & SCHENCK, N.C. Application of superphosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus - tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist, London, 95(4):655-661, Dec. 1983.
94. TANAKA, R.T.; LOPES, A.S. & PONTE, A.M. da. Calagem e adubação da cultura da mandioca. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 5(59/60):54-62, nov./dez. 1979.
95. TINKER, P.B. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on plant nutrition and plant growth. Physiologie Vegetable, Montreuil Cedex, 16(4):743-51, 1978.
96. VANDER ZAAG, P.; FOX, R.L.; LA PENA, R.S. de & YOST, R.S. P nutrition of cassava, including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn and Ca uptake. Field Crops Research, Amsterdam, 2(3):253-65, 1979.
97. VETTORI, L. Métodos de análise do solo. Brasília, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim, 7).
98. YOST, R.S. & FOX, R.L. Contribution of mycorrhizae to P nutrition of crops growing on an oxisol. Agronomy Journal, Madison, 71:903-8, Nov./Dec. 1979.

99. ZAMBOLIM, L. & SIQUEIRA, J.O. Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura. Belo Horizonte, EPAMIG, 1985. 36p. (Documento, 26).

APÊNDICE

QUADRO 1A - Resumo da análise de variância referente à colonização de raízes de plantas de mandioca aos 50 e 90 dias, e número de esporos, em diferentes doses de fósforo, tratamentos fúngicos e fumigação do solo. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios e Significância		
		Colonização de Raiz (%) ^{1/}		Nº de Esporos/50 ml de Solo ^{2/}
		50 dias	90 dias	
Fósforo (P)	3	703,7341**	628,0869**	192,2160*
Inoculação (I)	2	5.731,5942**	863,1292**	804,3272**
Fumigação (F)	1	0,4187	14.381,6797**	4.232,6724**
P x I	6	689,2053**	141,4401	425,7395
P x F	3	367,0445*	326,5436**	490,8810**
I x F	2	1.324,6971**	163,4188	1.020,0816**
P x I x F	6	244,9629*	188,9666*	202,6879**
Trat. Fatorial vs adicionais	1	7.502,9531**	5.627,1558**	800,5195**
Trat. Adicionais	3	93,1250	15,0895	63,9617
Erro	84	102,9527	68,1025	61,5897
CV %		21,48	21,43	41,73

^{1/} Dados transformados para $\arcsin \sqrt{x + 0,5/100}$.

^{2/} Dados transformados para $\sqrt{x + 0,5}$.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 2A - Colonização das raízes de plantas de mandioca e número de esporos de fungos micorrízicos, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Não Inoculado	<u>G. clarum</u>		<u>E. colombiana</u>		Mistura	
	NF	NF	F	NF	F	NF	F
----- % colonização - 50 dias -----							
0	29,25 ^{1/}	55,51 bA	66,78A	48,61a A	15,01 b B	44,95 bA	58,78 A
200	20,64	69,81abAB	85,56A	71,19a AB	41,67a B	61,61abAB	76,78 A
600	28,82	87,44a A	90,74A	17,04 b B	14,96 b B	34,64 b B	84,00 A
1800	14,78	67,82abAB	71,90AB	50,96a BC	24,94ac C	84,11a A	71,43 AB
----- % colonização - 90 dias -----							
0	15,97 ^{1/}	60,44a A	56,95AB	18,48ab C	58,88 AB	43,06a B	82,06a A
200	13,30	40,80ab BC	66,98AB	26,29a C	58,62 AB	21,37ab C	73,04abA
600	11,62	30,64 bcBC	76,74A	10,96ab C	51,86 AB	15,33 b C	50,60 bAB
1800	16,49	14,89 cB	71,40A	6,76 b B	62,65 A	13,30 b B	54,39 bA
----- número de esporos/50 ml de solo -----							
0	77,50 ^{2/}	85,50 B	322,00 B	326,50 B	1.756,25a A	57,75 B	2.196,50a A
200	209,75	325,75 B	374,75 B	298,00 B	23,00 b B	368,00 B	2.165,00a A
600	286,00	230,50 ABC	578,00AB	109,75 BC	13,00 b C	194,25 ABC	826,50 bA
1800	83,50	229,50 C	488,25 BC	81,25 C	1.526,50a AB	110,75 C	1.510,25abA

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

^{1/} Colonização radicular por fungos nativos.

^{2/} Números de esporos do fungo nativo Acaulospora appendicula.

NF - Solo não fumigado

F - Solo fumigado

QUADRO 3A - Resumo da análise de variância, referente ao número total de folhas, número de folhas retidas, altura e diâmetro médio da haste de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrizizicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Quadrados Médios e Significância					
Fontes de Variação	G.L.	Nº Total de Folhas	Nº de Folhas Retidas	Altura Média da Planta (cm)	Diâmetro Médio da Haste (mm)
Fósforo (P)	3	55,6719**	37,0962**	1.533,7084**	47,7159**
Inoculação (I)	3	21,9094**	2,2829	483,2022**	14,5033**
Fumigação (F)	1	13,1649*	5,2488	228,1783**	1,9726**
P x I	9	4,6641	7,9872**	75,5899**	2,5645**
P x F	3	37,9794**	5,6499*	462,8579**	3,2326**
I x F	3	11,0904**	24,4452**	415,4727**	7,6285**
P x I x F	9	4,9661*	10,8008**	92,0247**	1,4827**
Erro	96	2,4801	2,0602	7,1855	0,6769
CV %		9,17	13,30	9,81	8,49

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 4A - Número total de folhas e número de folhas retidas/planta de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Não Inoculado		<u>G. clarum</u>		<u>E. colombiana</u>		Mistura		
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	
----- Número total de folhas/planta -----									
0	14,63 b BC	14,44 b BC	15,13 b BC	17,56AB	14,25 BC	16,38 b AB	12,75 b C	18,83 A	
200	18,88a AB	15,44 b BC	18,88a AB	18,94A	16,50 ABC	13,81 b C	18,44a AB	16,81 ABC	
600	17,69a AB	15,62 b B	19,50a A	18,13AB	15,88 B	16,25 b AB	16,81a AB	18,25 AB	
1800	17,50abAB	19,31a AB	17,94abAB	19,69AB	16,88 B	20,94a A	18,00a AB	19,50 AB	
----- Número de folhas retidas/planta -----									
0	12,13 A	6,75 c C	10,81 AB	11,31AB	11,25abAB	11,31 b AB	8,69 b BC	13,08a A	
200	14,13 A	8,44 bc B	10,00 B	10,44 B	9,63 b B	8,12 c B	9,13 b B	9,37 b B	
600	11,56	10,13 b	11,38	10,13	8,81 b	10,50 bc	9,63 b	9,88 b	
1800	12,50 AB	13,25a AB	11,31 AB	10,94 B	12,38a AB	14,44a A	12,56a AB	11,31abAB	

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

NF - Solo não fumigado

F - Solo fumigado

QUADRO 6A - Resumo da análise de variância referente a acumulação de matéria fresca e seca de parte aérea, raiz e planta total de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA, em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

		Quadrados Médios e Significância					
Fontes de Variação	G.L.	Matéria Fresca (g/planta)			Matéria Seca (g/planta)		
		Parte Aérea	Raízes	Peso Total	Parte Aérea	Raízes	Peso Total
Fósforo (P)	3	3.258,9739**	3.022,7351**	12.376,1123**	286,0629**	65,8245**	622,9122**
Inoculação (I)	3	1.190,6068**	1.041,6361**	4.416,1138**	102,6274**	22,5037**	217,4691**
Fumigação (F)	1	1.132,7611**	23,3159	1.477,9138**	121,0179**	2,8292	86,8891**
P x I	9	198,9609**	124,9583**	605,5413**	17,9294**	2,8511**	33,6563**
P x F	3	412,6578**	81,5417*	621,5845**	23,0816**	3,4957*	18,4124**
I x F	3	871,1220**	374,3313**	2.338,2908**	55,3007**	4,7439**	92,1344**
P x I x F	9	164,3391**	63,3635*	421,0105**	11,5202**	1,7792	19,1005**
Erro	96	10,9963	28,7050	52,4057	0,9688	0,9401	2,3071
CV %		12,18	22,08	14,06	14,15	35,67	15,70

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 7A - Acumulação de matéria fresca e seca da parte aérea e de matéria fresca de raízes de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG, 1967.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Não Inoculado		<i>G. clarum</i>		<i>E. colombiana</i>		Mistura	
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F
----- Matéria fresca da parte aérea, g/planta -----								
0	9,62 c D	5,57 c D	11,78 b CD	22,89 b B	9,21 b D	18,76 b BC	5,58 b D	30,80 bA
200	23,37 b C	10,09 b D	33,73a B	44,34a A	26,06a C	11,96 b D	23,86a C	42,04a A
600	28,90ab B	13,16 b D	36,44a A	43,56a A	28,24a B	16,27 b CD	23,22a BC	41,13a A
1800	30,65a CD	47,40a A	37,07a BC	45,59a A	31,24a CD	45,57a A	29,15a D	44,15a AB
----- Matéria seca da parte aérea, g/planta -----								
0	2,07 c D	1,20 c D	2,70 b CD	5,53 bAB	1,93 c D	4,46 b BC	1,18 c D	7,63 bA
200	5,18 b C	2,29 bc D	8,73a B	12,20a A	5,50 b C	2,53 c D	5,91 b C	10,82a AB
600	6,74ab B	3,10 b C	9,48a A	11,19a A	6,20 b B	4,22 bc B	5,53 b B	11,24a A
1800	7,94a B	13,44a A	9,89a B	12,67a A	8,73a B	12,10a A	8,07a B	12,27a A
----- Matéria fresca de raízes, g/planta -----								
0	12,55 cABC	6,21 b C	13,26 cABC	23,17 bA	11,24 b BC	15,96 b ABC	7,95 b C	21,27 bAB
200	20,04 bc BC	10,70 b C	26,69 b AB	36,89a A	17,91 b BC	11,45 b C	19,46a BC	27,80ab AB
600	23,77 b BC	10,49 b D	34,72ab AB	38,88a A	19,43 b CD	13,10 b C	23,37a BC	32,20a AB
1800	37,38a AB	36,51a AB	42,50a A	37,46a AB	34,44a AB	35,42a AB	26,71a B	37,56a AB

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

NF - Solo não Fumigado

F - Solo Fumigado

QUADRO 8A - Acumulação de matéria seca de raiz de plantas de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Matéria Seca de Raiz			
	Não Inoculado	<u>G. clarum</u>	<u>E. colombiana</u>	Mistura
	----- g/planta -----			
0	0,82 b	1,67 c	1,16 b	1,15 c
200	1,34 b C	4,04 b A	1,34 b C	2,51 b B
600	1,68 b B	4,34ab A	1,54 bB	3,32ab A
1.800	4,70a AB	5,39a A	4,13a B	4,35a B

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 9A - Acumulação de matéria seca de raiz de plantas de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Tratamentos	Matéria Seca da Raiz g/planta	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
Inoculação		
Não Inoculado	2,70 b A	1,57 b B
<u>G. clarum</u>	3,90a	3,82a
<u>E. colombiana</u>	2,37 b	1,72 b
Mistura	2,50 b	3,16a
P ₂ O ₅ kg/ha		
0	1,07 c	1,33 c
200	2,20 b	2,42 b
600	3,00 b	2,45 b
1800	5,20a A	4,08a B

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 10A - Acumulação de matéria fresca e seca de planta total de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Não Inoculado		<i>G. clarum</i>		<i>E. colombiana</i>		Mistura		
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	
----- Matéria fresca total, g/planta -----									
0	22,17 c CD	11,79 b D	25,04 c CD	46,07 bAB	20,45 c CD	34,72 b BC	13,53 c D	52,06 bA	
200	43,41 b D	20,78 b E	60,42 b C	81,22a B	43,97 b D	23,41 b E	43,32 b D	69,84a BC	
600	52,67 b B	23,65 b C	71,16ab A	82,45a A	47,67 b B	29,37 b C	46,59 b B	73,22a A	
1800	68,03a ABC	83,91a A	79,57a ABC	83,05a A	65,67a C	80,99a ABC	65,85a BC	91,71a AB	
----- Matéria seca total, g/planta -----									
0	3,26 c BC	1,66 b C	4,11 c BC	7,46 bA	2,92 cBC	5,80 bAB	1,89 c C	9,21 bA	
200	7,01 b C	3,14 b D	11,71 b B	17,31a A	7,21 b C	3,49 b D	8,17 b C	13,60a B	
600	9,30 b B	3,90 b D	14,14ab A	15,21a A	8,24 b BC	5,27 b CD	8,26 b BC	15,16a A	
1800	13,16a BC	17,61a A	16,44a AB	16,99a A	13,45a BC	15,65a ABC	12,37a C	16,16a AB	

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas, nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

NF - Solo não fumigado

F - Solo fumigado

STATE UNIVERSITY OF NEW YORK AT BINGHAMTON
 DEPARTMENT OF CHEMISTRY
 BINGHAMTON, NEW YORK 13902-6000

DATE	TIME	INITIALS	DESCRIPTION	REMARKS
10/15/88	10:00	JD	...	...
10/15/88	10:05	JD	...	...
10/15/88	10:10	JD	...	...
10/15/88	10:15	JD	...	...
10/15/88	10:20	JD	...	...
10/15/88	10:25	JD	...	...
10/15/88	10:30	JD	...	...
10/15/88	10:35	JD	...	...
10/15/88	10:40	JD	...	...
10/15/88	10:45	JD	...	...
10/15/88	10:50	JD	...	...
10/15/88	10:55	JD	...	...
10/15/88	11:00	JD	...	...

DATE	TIME	INITIALS	DESCRIPTION	REMARKS
10/15/88	11:05	JD	...	...
10/15/88	11:10	JD	...	...
10/15/88	11:15	JD	...	...
10/15/88	11:20	JD	...	...
10/15/88	11:25	JD	...	...
10/15/88	11:30	JD	...	...
10/15/88	11:35	JD	...	...
10/15/88	11:40	JD	...	...
10/15/88	11:45	JD	...	...
10/15/88	11:50	JD	...	...
10/15/88	11:55	JD	...	...
10/15/88	12:00	JD	...	...

STATE UNIVERSITY OF NEW YORK AT BINGHAMTON
 DEPARTMENT OF CHEMISTRY
 BINGHAMTON, NEW YORK 13902-6000

QUADRO 11A - Resumo da análise de variância, referente aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxôfre, na parte aérea de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios e Significância ^{1/}					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxôfre
Fósforo (P)	3	58,8954**	1,4737**	35,8681**	1,6556**	0,3312**	3,8341**
Inoculação (I)	3	23,3903**	0,7372**	6,5775**	1,5110**	0,3878**	0,2321**
Fumigação (F)	1	0,4231	3,3415**	1,0347*	6,6006**	1,4900**	3,1310**
P x I	9	3,0455**	0,2300**	1,1699**	0,1271**	0,0782**	0,1118**
P x F	3	1,6920**	0,3072**	1,3500**	0,3243**	0,2771**	0,6144**
I x F	3	3,4226**	0,6455**	0,8698**	0,2174**	0,7195**	0,3417**
P x I x F	9	1,1089**	0,1310**	0,4443*	0,0972*	0,09346**	0,06524*
Erro	96	0,2168	0,0183	0,1823	0,0402	0,0190	0,02630
CV %		5,39	5,50	7,62	4,49	4,28	9,29

¹ Dados transformados para $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUFCO 12A - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea da mandioca, em solo com dois crescimentos de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. EAPL, Lavras - MG, 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Não Inoculado		G. citarum		E. colombiana		Mistura	
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F
Nitrogênio na parte aérea, %								
0	3,50a A	3,79a AB	3,18a AB	2,89a B	3,59a A	3,22ab AB	3,16a AB	2,67a B
200	2,62 b B	3,38ab A	1,71 b C	1,48 b C	2,57 b B	3,56a A	1,89 b C	1,47 b C
600	2,33 b B	3,12 b A	1,66 b CD	1,53 b CD	2,10 c BC	2,97 b A	1,76 bc CD	1,50 b D
1800	1,77 cA	1,48 cA	1,57 b A	1,48 b A	1,52 dA	1,67 cA	1,39 cA	1,43 b A
Fósforo na parte aérea, %								
0	0,16 cAB	0,11 b C	0,14 cABC	0,13 c BC	0,18 b A	0,15a ABC	0,15 b ABC	0,12 c BC
200	0,25a AB	0,10 b E	0,21 b EC	0,21 b EC	0,27a A	0,15a D	0,21a ABC	0,19 b CD
600	0,21ab A	0,10 b B	0,23 b A	0,23ab A	0,24a A	0,10 b B	0,23a A	0,21bc A
1800	0,20 b EC	0,16a C	0,28a A	0,26a A	0,19 b EC	0,17a C	0,23a AB	0,24a AB
Potássio na parte aérea, %								
0	1,81a A	1,11a D	1,40a AEC	1,29a CD	1,70a AB	1,50a ABC	1,58a ABC	1,76a BCD
200	1,32a AB	1,02a EC	0,62 b D	0,53 b D	1,31 b AB	1,41a A	0,97 b CD	0,79 b CD
600	0,94 b AB	1,12a A	0,60 b C	0,71 b EC	1,10 b A	1,03 b A	0,90 b AB	0,66 bc BC
1800	0,61 c	0,55 b	0,52 b	0,69 b	0,55 c	0,72 c	0,52 c	0,56 c

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferenciam-se estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

NF - Solo não Fumigado

F - Solo Fumigado

QUADRO 13A - Teores de cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea da mandioca, em solos com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

F ₂ O ₅ (kg/ha)	Não Inoculado		G. claro		E. colombiana		Mistura	
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F
----- Cálcio na parte aérea, % -----								
0	0,71 b AB	0,59 BC	0,53 b CD	0,40 b E	0,64 b AEC	0,45 c D	0,73a A	0,47 DE
200	0,67 b A	0,59 ABC	0,53 b ECD	0,43 b D	0,61 b AEC	0,42ab AB	0,58 b AEC	0,50 CD
600	0,71 b A	0,65 AB	0,56 b BC	0,55a BC	0,69ab A	0,59 b AEC	0,66ab AB	0,48 C
1800	0,85a A	0,64 CD	0,74a AEC	0,56a D	0,76a AEC	0,71a BC	0,77a AB	0,55 D
----- Magnésio na parte aérea, % -----								
0	0,31 b A	0,24 b B	0,26 bAB	0,28 bAB	0,28 b AB	0,31ab A	0,32 A	0,32 A
200	0,32a A	0,22 b C	0,33a B	0,34a AB	0,36a AB	0,27 b C	0,37 AB	0,35 AB
600	0,37a A	0,21 b C	0,33a A	0,37a A	0,35a A	0,21 c C	0,36 A	0,33 A
1800	0,36ab A	0,29a B	0,36a A	0,36a A	0,32ab AB	0,33a AB	0,34 AB	0,34 AB
----- Enxofre na parte aérea, % -----								
0	0,21a AB	0,07a E	0,22a A	0,10a DE	0,22a A	0,12a CD	0,16a BC	0,14a CD
200	0,10 b AB	0,08a B	0,08 bAB	0,05 b C	0,10 b AB	0,12a A	0,08 bc BC	0,08 bAE
600	0,11 b A	0,07a AEC	0,09 bAEC	0,06 b C	0,11 b A	0,07 b AEC	0,09 b AB	0,07 b BC
1800	0,07 CA	0,04 b B	0,08 BA	0,06 bAB	0,06 CAB	0,07 b A	0,05 CAB	0,05 bAB

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

NF - Solo não Fumigado

F - Solo Fumigado

QUADRO 14A - Resumo da análise de variância referente aos teores de zinco, manganês, ferro, cobre e boro, na parte aérea de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA, em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios e Significância				
		Zinco	Manganês	Ferro	Cobre	Boro
Fósforo (P)	3	3.922,3445**	16.184,5244**	38.315,6484**	410,8122**	996,7854**
Inoculação (I)	3	462,3146**	9.937,8154**	26.437,1719**	5,1218	283,1204**
Fumigação (F)	1	4.841,2808**	95.818,0156**	64.854,0234**	2.327,3254**	754,1764**
P x I	9	74,5731	3.720,2292**	586,1907	64,8061	46,4316**
P x F	3	249,5175**	11.706,2353**	12.627,0830**	61,0030	544,0345**
I x F	3	240,3059**	11.626,8867**	3.430,3750	430,5527**	236,7385**
P x I x F	9	13,2331	2.827,9712**	3.899,6846*	28,7020	17,4735
Erro	96	46,7233	390,2646	1.576,6709	79,2954	11,1939
CV %		17,36	13,31	27,24	68,41	8,88

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 15A - Teores de zinco na parte aérea da mandioca, em solos com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Tratamentos	Zinco Parte Aérea, ppm	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
P ₂ O ₅ (kg/ha)		
0	64,72a	44,36a
200	44,46 b	33,03 b
600	40,88 b	31,20 b
1800	32,00 c	24,27 c
Inoculação		
Não Inoculado	52,56a A	35,06 B
<u>G. clarum</u>	36,98 cA	32,40 A
<u>E. colombiana</u>	45,17 b A	31,94 B
Mistura	47,35ab A	33,96 B

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 164 - Teores de manganês e ferro na parte aérea da maniçoba, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAU, Lavras - MG, 1967.

T ₂ C ₃ (kg/ha)	Não inoculado			G. Clarium			E. colombiana			Mistura						
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	F					
	Manganês na parte aérea, ppm															
0	235,13a	B	139,40	DE	139,35a	C	126,15	DE	159,88	CD	115,35	E	366,05a	A	123,70	DE
200	178,75	bAB	127,03	C	137,90	b BC	109,68	C	132,65	C	122,75	C	183,57	BA	103,82	C
600	161,02	bAB	114,40	C	137,50	b BC	132,68	BC	128,77	BC	99,30	C	183,70	BA	103,68	C
1800	155,38	bAB	112,60	B	161,55	ba	140,25	AB	140,55	AB	122,63	AB	160,90	BA	123,57	AB
	Ferro na parte aérea, ppm															
0	230,95a	BC	171,77	CD	167,13a	CD	139,45	D	323,00a	A	122,45	D	268,92a	AB	130,23	D
200	135,23	bAB	169,55A		118,85	ba	81,85	B	154,40	b	153,63	AB	153,27	b	100,72	AB
600	176,63	ba	131,18A		91,90	ba	90,62	A	159,65	ba	158,75A		159,75	ba	114,28	A
1800	157,90	ba	104,15	AB	100,53	ba	71,50	B	181,20	ba	125,20	AB	113,45	b	89,93	B

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

NF - Solo não fumigado

F - Solo fumigado

QUADRO 17A - Teores de cobre na parte aérea da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P_2O_5 (kg/ha)	Cobre Parte Aérea, ppm
0	17,21a
200	14,74ab
600	10,53 b
1800	9,59 b

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 18A - Teores de cobre na parte aérea da mandioca, em solos com fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Inoculação	Cobre Parte Aérea, ppm	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
Não Inoculado	12,85	14,13a
<u>G. clarum</u>	16,65A	9,46abB
<u>E. colombiana</u>	19,98A	5,05 bB
Mistura	19,65A	6,38abB

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 19A - Teores de boro na parte aérea da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Tratamentos	Boro Parte Aérea, ppm	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
<hr/>		
P_2O_5 (kg/ha)		
0	54,28a	37,76
200	34,51 b	35,75
600	35,04 b	35,76
1800	36,61 b	31,76
<hr/>		
Inoculação		
Não Inoculado	41,30ab	40,86a
<u>G. clarum</u>	36,16 cA	31,51 cB
<u>E. colombiana</u>	39,01 bc	37,26 b
Mistura	43,97a A	31,40 cB

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 20A - Teores de boro na parte aérea da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Boro Parte Aérea, ppm			
	Não Inoculado	<u>G. clarum</u>	<u>E. colombiana</u>	Mistura
0	51,08a A	39,55a C	45,50a B	47,95a AB
200	40,64 b A	29,34 b C	37,01 bAB	33,54 b BC
600	38,40 bcA	33,03 bB	35,83 bAB	34,35 bAB
1800	34,20 c	33,42 b	34,20 b	34,91 b

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 21A - Resumo da análise de variância referente aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxôfre, nas raízes de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios e Significância ^{1/}					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxôfre
Fósforo (P)	3	45,1643**	0,9632**	60,3641**	3,2811**	0,2546	3,1686**
Inoculação (I)	3	18,7848**	0,6963**	17,3001**	0,2757	1,3556**	8,4360**
Fumigação (F)	1	55,3776**	0,02689	25,9991**	2,6954**	8,9219**	0,6844*
P x I	9	2,8693**	0,4604**	7,1468**	0,04194	0,1465	0,5451**
P x F	3	2,0845**	0,5628**	6,3561**	0,5202*	2,5936**	0,8480**
I x F	3	4,9261**	0,6922**	6,3003**	0,2701	1,9032**	2,1484**
P x I x F	9	0,7519*	0,2380**	1,7997	0,0986	0,5314*	0,6066**
Erro	96	0,2981	0,06786	1,0603	0,1873	0,2346	0,1046
CV %		7,00	11,55	15,44	12,52	13,97	11,51

¹ Dados transformados para arc. sen $\sqrt{x/100}$.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 22A - Teores de nitrogênio e fósforo nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Não Inoculado		<u>G. clarum</u>		<u>E. colombiana</u>		Mistura									
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F								
----- Nitrogênio nas raízes, % -----																
0	2,52a	BCD	3,82a	A	2,25a	CD	2,86a	BC	2,62a	BCD	2,93a	B	2,08a	D	2,03a	D
200	1,81	b BC	3,21ab	A	1,26	b D	1,64	b BCD	1,90	b B	2,98a	A	1,31	b CD	1,55	b BCD
600	1,38	bc BC	3,09	b A	1,04	b C	1,59	b B	1,66	b B	2,92a	A	1,21	b BC	1,44	b BC
1800	1,03	c BC	1,40	cAB	0,89	b C	1,58	bA	1,19	cABC	1,43	b AB	1,18	bABC	1,31	bABC
----- Fósforo nas raízes, % -----																
0	0,11	AB	0,17a	A	0,10	b B	0,11	bAB	0,14	AB	0,18a	A	0,12	bAB	0,12	b B
200	0,14	ABC	0,09	b C	0,15ab	ABC	0,14	bABC	0,19	A	0,11	bc BC	0,17ab	AB	0,19a	A
600	0,12	BC	0,08	b C	0,15ab	AB	0,23a	A	0,19	AB	0,08	c C	0,20a	AB	0,23a	A
1800	0,15	C	0,16a	BC	0,17a	BC	0,28a	A	0,20	ABC	0,16ab	BC	0,15ab	C	0,25a	AB

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

NF - Solo não fumigado

F - Solo fumigado

QUADRO 23A - Teores de potássio nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Potássio nas Raízes, %			
	Não Inoculado	<u>G. clarum</u>	<u>E. colombiana</u>	Mistura
0	2,10a AB	2,04a B	2,09a B	2,88a A
200	2,09a A	0,73 bB	1,76a A	0,92 b B
600	1,57a A	0,75 bB	1,54a A	0,92 b B
1800	0,83 b	0,64 b	0,97 b	1,07 b

Médias seguidas de diferentes letras minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 24A - Teores de potássio nas raízes da mandioca, em solos com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Tratamentos	Potássio nas Raízes, %	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
P_2O_5 (kg/ha)		
0	2,86a	1,70a
200	1,43 b	1,33 b
600	1,21 bc	1,19 b
1800	1,01 c	0,75 c
Inoculação		
Não Inoculado	1,62a	1,67a
<u>G. clarum</u>	1,18 b A	0,91 b B
<u>E. colombiana</u>	1,79a A	1,39a B
Mistura	1,91a A	0,99 b B

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 25A - Teores de cálcio nas raízes de mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Cálcio nas Raízes, %	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
0	0,27 b	0,38 b
200	0,31 b	0,31 b
600	0,34ab	0,38 b
1800	0,42a	0,52a

Médias seguidas de diferentes letras nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 26A - Teores de magnésio e enxôfre nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Não Inoculado		<u>G. clarum</u>		<u>E. colombiana</u>		Mistura													
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F												
----- Magnésio nas raízes, % -----																				
0	0,23	C	0,41ab	ABC	0,25	C	0,47ab	AB	0,29	B	0,55a	A	0,23	C	0,58A					
200	0,36	ABC	0,23	bc	B	0,30	AB	0,31	bAB	0,44	AB	0,35ab	AB	0,30	AB	0,52A				
600	0,35	ABC	0,22	c	C	0,24	BC	0,44ab	AB	0,48	A	0,32	bABC	0,33	ABC	0,54A				
1800	0,28	BC	0,48a	AB	0,26	C	0,56a	A	0,38	AB	0,47ab	ABC	0,32	ABC	0,44ABC					
----- Enxofre nas raízes, % -----																				
0	0,34a	AB	0,08	C	0,43a	A	0,39ab	AB	0,39a	AB	0,37a	AB	0,27	B	0,41A					
200	0,15	b	BC	0,12	C	0,19	bABC	0,30	bA	0,16	b	BC	0,14	b	BC	0,24	AB	0,30A		
600	0,12	b	C	0,13	C	0,18	b	BC	0,37	bA	0,17	b	BC	0,14	b	C	0,29	AB	0,37A	
1800	0,13	b	C	0,13	C	0,23	b	BC	0,53a	A	0,17	b	C	0,21	b	BC	0,33	B	0,32	B

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

NF - Solo não fumigado

F - Solo fumigado

QUADRO 27A - Resumo da análise de variância referente aos teores de zinco, manganês, ferro, cobre e boro, nas raízes de plantas de mandioca, em diferentes doses de fósforo, inoculadas com fungos micorrízicos VA, em solo fumigado e não fumigado. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios e Significância				
		Zinco	Manganês	Ferro	Cobre	Boro
Fósforo (P)	3	2.402,6575**	415.345,9062**	1.045.593.152,0**	209.029,1875**	1.913,7953**
Inoculação (I)	3	2.913,3818**	726.936,7500**	317.746.784,0	132.772,4219**	894,6464**
Fumigação (F)	1	5.375,5498**	1.408,4752	2.358.242.304,0**	4.450,9634	898,7211**
P x I	9	402,7617	180.984,3594**	185.874.976,0	7.456,0278	160,9650**
P x F	3	1.081,7137**	1.671,2599	1.409.133.696,0**	11.318,3594*	69,5358
I x F	3	1.663,8101**	1.881.426,0000**	368.442.592,0	14.376,4687*	144,1943*
P x I x F	9	90,3711	101.140,4219**	193.940.112,0	3.240,8174	78,1088
Erro	96	219,4875	36.074,6602	145.678.784,0	3.833,7165	47,2870
CV %		31,87	24,43	65,59	47,66	20,62

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 28A - Teores de zinco nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Tratamentos	Zinco nas Raízes, ppm	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
<hr/>		
$P_{2}O_{5}$ (kg/ha)		
0	66,32a	44,51
200	63,02a	40,89
600	46,92 b	36,61
1800	35,62 b	38,03
<hr/>		
Inoculação		
Não Inoculado	50,66 b	40,29a
<u>G. clarum</u>	33,74 c	36,47 b
<u>E. colombiana</u>	63,05ab A	30,86 bB
Mistura	64,43a A	52,41a B

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 29A - Teores de manganês nas raízes da mandioca em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Manganês nas Raízes, ppm															
	Não Inoculado		<u>G. clarum</u>		<u>E. colombiana</u>		Mistura									
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F				
0	661,03	C	1.123,82a	B	620,17C	995,50a	BC	685,78	b	C	892,38	BC	1.757,15a	A	667,33	C
200	685,25ABC		1.031,27abA		404,30C	585,75	b	BC	946,33abAB		954,25AB		1.017,38	bA	500,50	C
600	555,65	BC	1.086,05abA		269,00C	566,50	b	BC	1.216,80a	A	888,25AB		1.025,43	bA	563,63BC	
1.800	396,67	BC	774,65	bAB	334,88C	709,50abABC			789,65	bAB	666,88ABC		1.021,40	bA	486,75BC	

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

NF - Solo não Fumigado

F - Solo Fumigado

QUADRO 30A - Teores de ferro nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Ferro nas Raízes, ppm	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
0	35.408,32a	8.325,84 bc
200	25.759,03ab	19.367,83ab
600	16.793,85 bc	21,287,16a
1800	12.817,07 c	7.459,09 c

Médias seguidas de diferentes letras nas colunas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 31A - Teores de cobre nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo, fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Tratamentos	Cobre nas Raízes, ppm	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
	P ₂ O ₅ (kg/ha)	
0	250,86a	241,42a
200	152,79 b	90,50 b
600	87,63 c	83,64 b
1800	51,94 c	80,84 b
	Inoculação	
Não inoculado	81,88 cA	31,88 c B
<u>G. clarum</u>	148,66ab B	195,46a A
<u>E. colombiana</u>	101,01 bcA	91,07 b B
Mistura	201,66a A	177,63a B

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 32A - Teores de boro nas raízes da mandioca, em solo com fungos micorrízicos e fumigação. ESAL, Lavras - MG. 1987.

Inoculação	Boro nas Raízes, ppm	
	Solo Não Fumigado	Solo Fumigado
Não Inoculado	35,19a B	38,59a A
<u>G. clarum</u>	28,53 bcA	29,71 bA
<u>E. colombiana</u>	33,31ab B	44,39a A
Mistura	25,76 c B	31,31 bA

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tu key, ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 33A - Teores de boro nas raízes da mandioca, em solo com doses crescentes de fósforo e fungos micorrízicos. ESAL, Lavras - MG. 1987.

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Boro nas Raízes, ppm			
	Não Inoculado	<u>G. clarum</u>	<u>E. colombiana</u>	Mistura
0	47,66a	39,25a	45,34a	43,28a
200	36,21 b A	24,39 bB	43,88a A	23,04 bB
600	38,35 b A	28,25 bB	39,28a A	23,61 bB
1800	25,34 c	24,59 b	26,91 b	24,21 b

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tu key, ao nível de 5% de probabilidade.