

WANDER EUSTÁQUIO DE BASTOS ANDRADE

**LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA A CULTURA DO ARROZ (*Oryza sativa* L.)
E DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM CULTIVO SUCESSIVO EM SOLO
DE VÁRZEA DA REGIÃO NORTE FLUMINENSE**

*Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso de
Pós-Graduação em Agronomia, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do
título de "Doutor".*

ORIENTADOR:
Prof. Augusto Ferreira de Souza

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1997

WANDER EUSTAQUIO DE BASTOS ANDRADE

DECLARADO

ASSINATURA

UFLA

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA

Andrade, Wander Eustáquio de Bastos

Limitações nutricionais para a cultura do arroz
(*Oryza sativa* L.) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*
L.) em cultivo sucessivo em solo de várzea da Região
Norte Fluminense / Wander Eustáquio de Bastos
Andrade. -- Lavras : UFLA, 1997.
125 p. : il.

Orientador: Augusto Ferreira de Souza.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Arroz - Irrigação - Nutrição. 2. Feijão. 3.
Solo - Várzea. 4. Cultivo sucessivo. 5. Macro-nutri-
entes. 6. Micro-nutriente. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD-633.1887

631.47

WANDER EUSTÁQUIO DE BASTOS ANDRADE

LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA A CULTURA DO ARROZ (*Oryza sativa* L.) E DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM CULTIVO SUCESSIVO EM SOLO DE VÁRZEA DA REGIÃO NORTE FLUMINENSE

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

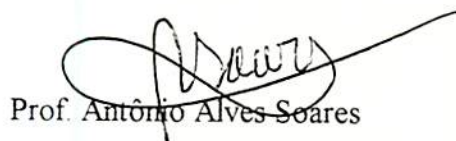
APROVADA em 03.02.97



Pesq. Francisco Dias Nogueira



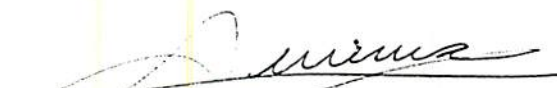
Pesq. Miralda Bueno de Paula



Prof. Antônio Alves Soares



Prof. Janice Guedes de Carvalho



Prof. Augusto Ferreira de Souza
Orientador

Aos meus pais,

Sr. Luiz Américo (in memoriam) e D. Wilma,

pelo exemplo de vida, dedicação e amor,

responsáveis por tudo que fiz de bom.

DEDICO

**À minha esposa, Elba, grande companheira e
incentivadora durante mais esta trajetória de
nossas vidas.**

**Às minhas filhas, Polyana e Michele, o
melhor de todos os presentes de Deus**

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todos os benefícios concedidos;

À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO), pela liberação;

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de tornar possível a realização do curso;

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa;

Ao Prof. Dr. Augusto Ferreira de Souza e a Profª. Drª. Janice Guedes de Carvalho, pela orientação, amizade e apoio na realização deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Antônio Alves Soares (DAG/UFLA) e aos Pesquisadores Dr. Francisco Dias Nogueira (EMBRAPA/EPAMIG) e Drª. Miralda Bueno de Paula (EPAMIG), pela valiosa contribuição;

À Fazenda da Saudade (Macaé-RJ) pela cessão do solo para a realização deste trabalho;

À todos os professores e colegas do curso, pela amizade e convívio;

Aos funcionários do Departamento de Agricultura e do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, pelo auxílio prestado;

À Secretaria do Curso de Pós-Graduação do DAG/UFLA, na pessoa da secretária Neuzy, pela prestativa colaboração;

Aos irmãos de sangue e profissão: Messias, Luiz Antônio, José Marcos e Carlos Alberto, pelo exemplo, estímulo e amizade;

Aos pequenos amigos Samir e Rafael, pelos momentos de alegria proporcionados;

Enfim, a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	vii
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Importância das áreas de várzeas, principais tipos de solos encontrados e sistemas de cultivos utilizados	9
2.2 Técnica do elemento faltante	14
2.3 Principais alterações dos solos sob condições de inundação e seus efeitos na disponibilidade dos macro e micronutrientes	16
2.3.1 Efeitos iniciais da inundação	17
2.3.2 Alterações biológicas	18
2.3.3 Alterações físicas	18
2.3.4 Alterações físico-químicas	19
2.3.5 Alterações químicas	20
2.3.6 Efeito da inundação do solo sobre a disponibilidade dos macro e micronutrientes	21
2.4 Desenvolvimento do sistema radicular e extração e exportação de nutrientes ...	24
2.4.1 Arroz	24
2.4.2 Feijão	26
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
4 CAPÍTULO I - Limitações Nutricionais para a Cultura do Arroz Irrigado em Solo de Várzea da Região Norte Fluminense	37
Resumo	37
Summary	38
4.1 Introdução	38
4.2 Material e Métodos	42
4.3 Resultados e Discussão	45
4.4 Conclusões	50
4.5 Referências Bibliográficas	51

5	CAPÍTULO II - Caracterização de Deficiências Nutricionais em Solo de Várzea da Região Norte Fluminense para o Feijoeiro, em Sucessão ao Arroz. I. Efeito Sobre Características Agronômicas	55
	Resumo	55
	Summary	56
5.1	Introdução	57
5.2	Material e Métodos	58
5.3	Resultados e Discussão	62
5.4	Conclusões	66
5.5	Referências Bibliográficas	67
6	CAPÍTULO III - Caracterização de Deficiências Nutricionais em Solo de Várzea da Região Norte Fluminense para o Feijoeiro, em Sucessão do Arroz. II. Nutrição em Macro e Micronutrientes	71
	Resumo	71
	Summary	72
6.1	Introdução	72
6.2	Material e Métodos	74
6.3	Resultados e Discussão	78
6.4	Conclusões	86
6.5	Referências Bibliográficas	87
7	CAPÍTULO IV - Limitações Nutricionais para a Cultura do Feijoeiro em Solo de Várzea da Região Norte Fluminense	89
	Resumo	89
	Summary	90
7.1	Introdução	90
7.2	Material e Métodos	92
7.3	Resultados e Discussão	96
7.4	Conclusões	101
7.5	Referências Bibliográficas	102
8	CAPÍTULO V - Deficiências Nutricionais para o Arroz Irrigado em Sucessão ao Feijoeiro em Solo de Várzea	105
	Resumo	105
	Summary	106
8.1	Introdução	107
8.2	Material e Métodos	108
8.3	Resultados e Discussão	112
8.4	Conclusões	117
8.5	Referências Bibliográficas	117
9	CONSIDERAÇÕES GERAIS	121
9.1	Arroz	121
9.2	Feijão	123
9.3	Sugestões de Pesquisa	124

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Área, produção e produtividade do arroz em casca no Estado do Rio de Janeiro, 1992	2
2	Balanço hídrico para a classificação do clima de Campos e Macaé, Estado do Rio de Janeiro	3
3	Áreas de várzeas no Estado do Rio de Janeiro passíveis de exploração com a cultura do arroz irrigado	6
4	Resposta da cultura do arroz à aplicação de macro e micronutrientes e calagem em solos de várzeas dos estados de São Paulo e Minas Gerais. Adaptação dos autores	39
5	Doses e fontes de nutrientes aplicados em material de solo orgânico (5 kg) proveniente do município de Macaé - RJ.....	44
6	Número de perfilhos e de panículas por planta, altura de planta (cm) e acúmulo de matéria seca (g/2 plantas) na parte aérea do arroz, colhido na maturação dos grãos, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996.....	47
7	Quantidade de nutrientes na parte aérea do arroz colhido na maturação dos grãos, cv. Inca, em solo orgânico, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996 ..	49
8	Quantidade e fontes de nutrientes utilizados como adubação de plantio e de cobertura nos tratamentos, com o arroz em 1º cultivo	59
9	Análise química da amostra de solo retirada após o cultivo do arroz e antes do cultivo do feijão	60
10	Quantidade e fontes de nutrientes utilizados como adubação de plantio e de cobertura nos tratamentos, para o feijão em sucessão ao arroz	61

Quadro	Página	
11	Valores médios de matéria seca de folhas, caules e parte aérea do feijoeiro (g) colhido na floração e ao número de vagens e grãos por planta, número de grãos por vagem e matéria seca (g) de vagens, folhas + ramos + caule, grãos e parte aérea do feijoeiro na maturação, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996.....	64
12	Análise química da amostra de solo retirada após o cultivo do arroz e antes do cultivo do feijão	76
13	Teores (g.kg^{-1}) dos macronutrientes na parte aérea do feijoeiro, por ocasião da floração (F) e da maturação (M) dos grãos, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996	79
14	Total de macronutrientes (mg/planta) absorvido e acumulado na parte aérea do feijoeiro, na maturação dos grãos, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996	81
15	Teores (mg.kg^{-1}) dos micronutrientes na parte aérea do feijoeiro, por ocasião da floração (F) e da maturação (M) dos grãos, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996	83
16	Total de micronutrientes ($\mu\text{g/planta}$) absorvido e acumulado na parte aérea do feijoeiro, na maturação dos grãos, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996	85
17	Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação de macro e micronutrientes e calagem em solo orgânico de várzea. Adaptação dos autores	92
18	Análises química e física da amostra de solo utilizado nos experimentos	94
19	Valores médios de matéria seca de folhas, caules e parte aérea do feijoeiro (g) colhido na floração e ao número de vagens e grãos por planta, número de grãos por vagem e matéria seca (g) de vagens, folhas + ramos + caule, grãos e parte aérea do feijoeiro na maturação, 1994. UFLA, Lavras (MG), 1996	98
20	Quantidade de nutrientes na parte aérea do feijoeiro colhido na maturação dos grãos, cv. Ouro Negro, em solo orgânico, 1994. UFLA, Lavras (MG), 1996	100
21	Análise química da amostra de solo retirada após o cultivo do feijão e antes do cultivo do arroz	110

Quadro		Página
22	Número de perfilhos e de panículas por planta, altura de planta (cm) e acúmulo de matéria seca (g/2 plantas) na parte aérea do arroz, colhido na maturação dos grãos, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996.....	113
23	Quantidade de nutrientes na parte aérea do arroz colhido na maturação dos grãos, cv. Inca, em solo orgânico em sucessão ao feijoeiro, 1995. UFLA, Lavras(MG), 1996	116

RESUMO

ANDRADE, Wander Eustáquio de Bastos. **Limitações nutricionais para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em cultivo sucessivo em solo de várzea da Região Norte Fluminense.** Lavras: UFLA, 1997. 125p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia)*

Com a utilização cada vez maior das áreas de várzeas, tanto pelo cultivo contínuo do arroz ou pelo esquema de sucessão com outras culturas, especialmente o feijão, torna-se preciso conhecer, entre outras limitações, aquelas relacionadas com as deficiências nutricionais de seus principais tipos de solos.

Devido as poucas informações que caracterizam as deficiências nutricionais das várzeas do Estado do Rio de Janeiro, conduziu-se o presente trabalho, que teve como objetivos principais determinar qualitativa e quantitativamente os nutrientes limitantes ao crescimento do arroz e do feijoeiro; desenvolver tecnologias que possibilitem a exploração racional de mais uma cultura em sucessão ao arroz; demonstrar a viabilidade de exploração mais intensiva das áreas de produção de arroz, bem como aumentar a oferta estadual de alimentos e promover maior ocupação de mão-de-obra, na entressafra da cultura do arroz.

O trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação, utilizando-se um solo orgânico da Região Norte Fluminense e fundamentado na técnica de diagnose por subtração. Foram

* Orientador: Augusto Ferreira de Souza

Membros da Banca: Janice Guedes de Carvalho, Francisco Dias Nogueira, Miralda Bueno de Paula e Antônio Alves Soares

conduzidos um total de quatro experimentos, envolvendo as culturas do arroz e do feijão em primeiro cultivo, e posteriormente as mesmas culturas em esquema de sucessão, no mesmo solo (vaso). Cada ensaio foi composto de 12 tratamentos, no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições.

Os resultados obtidos permitem concluir que, para a cultura do arroz, tanto em primeiro cultivo quanto em cultivo após o feijão, as omissões de N e K foram as mais prejudiciais no acúmulo de matéria seca pela parte aérea, indicando que o uso de fertilizantes contendo estes nutrientes é de fundamental importância para o aproveitamento mais eficiente desses solos. Apesar do alto teor de K e do elevado teor de matéria orgânica inicial do solo, este não conseguiu suprir as necessidades da planta de arroz, o que leva a supor que o teor de matéria orgânica e o método tradicional de análise de solo para o K (Mehlich) não se mostraram bons indicadores da disponibilidade desses nutrientes para a cultura.

Em relação ao feijão, houve resposta diferenciada à omissão dos nutrientes, em função do tipo de cultivo. Sob cultivo inicial, maiores reduções na matéria seca dos grãos e da parte aérea ocorreram nas omissões de N e P e, em sucessão ao arroz, às de N e K. Sob cultivo inicial, é também possível que o método de análise tradicional de solo para o P não se correlacione ao realmente disponível e, em cultivo sequencial, o feijoeiro pode ter sido beneficiado pelo aumento do fósforo disponível pela inundação do solo. Ainda nesta condição, além do N somente a omissão do K contribuiu para reduzir a matéria seca de grãos pelo feijoeiro, devido a grande demanda do arroz por estes nutrientes.

Tanto para o arroz quanto para o feijoeiro, a utilização do sistema em cultivo sucessivo reduziu o valor de todas as características analisadas, seja na floração ou na maturação dos grãos.

SUMMARY

NUTRITIONAL LIMITATIONS OF RICE CROP (*Oryza sativa* L.) AND BEANS CROP (*Phaseolus vulgaris* L.) IN ROTATION IN LOWLAND SOIL OF NORTHERN FLUMINENSE REGION

As a consequence of the increased use of lowland areas, for both the continuous rice cultivation and rotation with other crops, mainly beans, it should be very useful to know, among other limitations, which those specific nutritional deficiencies are related to each one of the crops in rotation grown on soils.

As a result of very few information on characteristics of nutritional deficiencies of the lowland soils in the State of Rio de Janeiro, the present work was carried out, in order to determine and measure the nutrients limitations for rice and beans crop; develop technologies which enable the rational farming of other crop in rotation with rice; demonstrate viability of more intensive farming of rice -growing areas, and increase the State food offer and also trying to find the best soil utilization after the harvest time of rice crop.

This work was conducted in greenhouse, with organic soil of Northern Fluminense region, using the subtraction diagnosis technics. The experimental design was a randomized block, with four replications. A total of four experiments was conducted, using rice and beans at first cultivation and later the same crops in rotation in the same soil (pot). The trial consisted of twelve treatments.

For rice crop, both in first cultivation and rotation following beans, the absence of N and K presented the worse results for the shoot dry matter accumulation, showing that the use of fertilizer containing these nutrients is very important to better use of these soils. Despite the high content of K and initial high organic matter content of the soil, the rice plant was not able to supply its needs, which leads to suppose that information about organic matter content and the results supplied by the routine method for soil K analysis does not seem to be a good indicator of these nutrients availability for the studied crops.

Evaluating the results related to beans, there were different responses on the absence of nutrients, due to cultivation type: under initial cultivation, it was observed larger decreases in the grain and shoots dry matter content in the absence of N and P and under rotation, these decreases were due to absence of N and K. Under initial cultivation, it is also likely that the routine soil analysis method for P did not correlate with that available soil-test, and in rotation the beans plant may have taken advantage of the increased phosphorus availability provided by the soil flooding. Additionally, under this condition, beyond N only the K absence, has contributed to reduce the grain dry matter content by the bean plants due to strong rice requirement for these nutrients.

The use of the rotation system, for rice and bean crops, reduced the value of all the analysed characteristics, either at blossom and at grain maturation.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A contribuição da produção estadual de arroz pelo Rio de Janeiro à nível nacional é pouco expressiva, participando com menos de 1% do total produzido. Entretanto, sua importância social no Estado é indiscutível, já que o cultivo do arroz nas áreas tradicionais é realizado em pequenas e médias propriedades, envolvendo 4.200 produtores e agregando um contingente de mão-de-obra de cerca de 20.000 pessoas. A área média colhida por propriedade é de 4,74 ha., predominando ainda, nestas regiões, o sistema de arrendamento ou parceria (Fernandes e Fernandes, 1986).

A partir da década de 70, houve tendência de diminuição da área explorada, que chegou à atingir 80.000 ha. Esta diminuição foi decorrente do desestímulo com os baixos preços do produto, baixa produtividade das cultivares tradicionais e alto custo de mão-de-obra (Oliveira, 1991). Com a introdução e a adoção de tecnologias geradas pela pesquisa, destacando-se entre elas cultivares de maior potencial de produção, espaçamento e época de semeadura mais adequados, controle de invasoras e adubação correta, a produtividade elevou-se de 1.500 para 3.214 kg/ha., sendo comum alguns produtores colherem acima de 6,0 t/ha (Amorim Neto et al., 1995).

Segundo o Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro (1995), de toda a área cultivada no Estado (Quadro 1), 88,4% se distribui nas regiões Norte, Noroeste e Baixadas Litorâneas, com percentuais de 18,4%, 52,2% e 17,8%, respectivamente. É possível distinguir

duas regiões de cultivo de arroz: a tradicional, representada pelas regiões Norte e Noroeste Fluminense, e a de expansão, pela região das Baixadas Litorâneas.

QUADRO 1. Área, produção e produtividade do arroz em casca no Estado do Rio de Janeiro, 1992.

Região	Área		Produção		Produtividade*	
	Ha	(%)	t	(%)	kg/ha	(%)
Norte	3.712	18,4	10.843	16,8	2.921	91
Noroeste	10.506	52,2	35.354	54,7	3.365	105
Baix. Litor.	3.592	17,8	13.473	20,8	3.751	117
Outras Reg.	2.310	11,6	4.998	7,7	-	-
Estado	20.120	100,0	64.668	100,0	3.214	100

Fonte: Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro, 1995.

* No cálculo da percentagem, foi considerado a produtividade estadual igual a 100.

O clima na região tradicional é quente e úmido, com estação chuvosa no verão. Mais de 80% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro a abril, coincidindo com a época de cultivo do arroz; a temperatura média anual é de 24°C, o que satisfaz às exigências da cultura; a precipitação pluvial varia de 1000 a 1100 mm anuais, com o período seco ocorrendo nos meses de maio a setembro, quando a temperatura é mais amena, com média do mês mais frio superior a 18°C. Entretanto, anualmente, as mínimas absolutas podem descer abaixo de 12°C, no período de abril a agosto, o que poderá funcionar como fator limitante na prática de semeaduras tardias, de janeiro a fevereiro. O balanço hídrico de Campos, município representativo da região, é apresentado no Quadro 2, onde se verifica que durante sete meses do ano a evapotranspiração potencial supera o correspondente valor da chuva (FUNDENOR, 1971).

QUADRO 2. Balanço hídrico para a classificação do clima de Campos e de Macaé, Estado do Rio de Janeiro.

Mês	Evapotranspiração potencial (mm)		Chuva mensal (mm)		Excesso de Umidade		Déficit de Umidade (mm)	
	Campos	Macaé	Campos	Macaé	Campos	Macaé	Campos	Macaé
Janeiro	140	135	133,7	131,5	-	-	6,3	3,5
Fevereiro	128	116	100,8	105,5	-	-	27,2	10,5
Março	127	118	109,3	100,5	-	-	17,7	17,5
Abril	96	93	100,1	100,3	4,1	7,3	-	-
Maió	75	75	56,0	77,1	-	2,1	19,0	-
Junho	62	60	30,9	40,6	-	-	31,1	19,4
Julho	58	60	30,6	51,3	-	-	27,4	8,7
Agosto	65	65	23,1	49,5	-	-	41,9	15,5
Setembro	75	70	53,6	70,6	-	0,6	21,4	-
Outubro	95	87	97,2	103,7	2,2	16,7	-	-
Novembro	106	99	154,9	144,5	44,9	45,5	-	-
Dezembro	128	121	198,4	188,7	70,4	67,7	-	-
Total	1.155	1.099	1.088,6	1.163,8	121,6	139,9	192,0	75,1

FONTE: FUNDENOR, 1971.

Os solos utilizados com a cultura nas regiões Norte e Noroeste são hidromórficos e aluviais e apresentam tendência à acidez. São geralmente de textura argilosa, mal drenados e com subsolos muitas vezes impermeáveis. Devido ao relevo plano, esses solos não apresentam problemas de erosão, sendo depositários de material erodido das elevações e encostas adjacentes. A fertilidade natural destas áreas é considerada boa para a cultura do arroz, e a quase totalidade da produção é feita sem adubação química. Normalmente, os restos da cultura são utilizados pelos animais em sistemas de pastejo; as fezes e urinas dos animais, acrescidos da palha resultante da batedura, são incorporadas naturalmente ao solo, fertilizando-o (Amorim Neto et al., 1995).

Com relação aos aspectos fitossanitários, a região tradicional de cultivo tem apresentado condições excelentes para a cultura, não se tendo constatado até o momento, a incidência de doenças e pragas de expressão econômica. Há incidência da praga conhecida como

“Bicheira da Raiz” (*Oryzophagus oryzae*) em algumas áreas isoladas (Pereira, Oliveira e Amorim Neto, 1979).

Até 1975, antes da criação da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO), predominavam na região cultivares como Paga Dívida, De Abril, Folhudo e Pacholinha que, além de baixo potencial de produção, possuíam características agronômicas desfavoráveis, como porte alto, tornando-as susceptível ao acamamento, além do ciclo muito longo e péssima qualidade de grãos, dificultando a sua comercialização em mercados mais exigentes, como é o caso do Grande Rio (Amorim Neto et al., 1995).

Nova Fronteira Agrícola

A região das Baixadas Litorâneas vem, desde 1983, surgindo como uma nova fronteira agrícola para o Estado do Rio de Janeiro, sendo o arroz já cultivado em sistema empresarial (Oliveira, 1991).

Os solos disponíveis para a cultura possuem condições privilegiadas de topografia e recursos hídricos. Quanto a fertilidade, quase sempre são solos ácidos e de natureza orgânica, contendo altos teores de nutrientes, os quais, todavia, não se encontram em forma prontamente disponível para as plantas, requerendo manejo adequado para a sua utilização. O clima é classificado como sub-úmido fresco. A evapotranspiração potencial supera, durante seis meses do ano, o correspondente valor da chuva. Como principais características climáticas apresenta temperatura média de 22,5°C, e precipitação de 1.100 a 1.700 mm anuais. O balanço hídrico para a classificação do clima de Macaé, município representativo desta região, é também apresentado no Quadro 2 (FUNDENOR, 1971).

Nesta região o cultivo do arroz está sendo realizado em grandes propriedades, que têm como suporte principal a pecuária de leite e de corte. A lavoura está sendo altamente tecnificada, desde o preparo do solo até a colheita e secagem dos grãos. Nos últimos anos, com a vinda de produtores de outros estados do país e a recomendação e adoção da cultivar INCA, de alto potencial de produção, a área explorada vem aumentando e, na safra 1991/92, alcançou-se 3.592 ha, com produtividade média de 3.751 kg/ha (Quadro 1). A área média de cultivo está em torno de 400 ha. A exploração da cultura está sendo feita no sistema de arrendamento, onde o arrendatário paga um percentual de produção total ao proprietário da terra. Quanto ao aspecto fitossanitário, tem-se verificado em algumas áreas, grande incidência de brusone (*Pyricularia grisea*) (Amorim Neto et al., 1995).

Segundo dados da EMATER-RIO (s.d.), a região Norte Fluminense possui 71,9% das áreas de várzeas passíveis de exploração, seguida da região das Baixadas Litorâneas com 28,1% (Quadro 3). Com a incorporação de parte destas áreas ao processo produtivo, espera-se aumentar a participação estadual na oferta de arroz e feijão.

Segundo Lamster (1980), para os Estados de Santa Catarina, Rio de Janeiro e Espírito Santo, existe uma só alternativa para a expansão econômica da fronteira agrícola - o uso racional das várzeas irrigáveis.

QUADRO 3. Áreas de várzeas no Estado do Rio de Janeiro passíveis de exploração com a cultura do arroz irrigado.

Região	Localização	Área de Várzea (ha)	%
Norte	Vale do Rio Itabapoana	9500	2,2
	Vale do Baixo Paraíba	310000	69,7
	Subtotal	319500	71,9
Baixadas	Vale do Rio Macaé	35000	7,9
	Vale do Rio São João	75000	16,9
	Vale do Rio Una	15000	3,3
	Subtotal	125000	28,1
Total Geral		444500	100%

Utilização das áreas de várzeas com o cultivo do feijoeiro

As áreas de várzeas do Estado do Rio de Janeiro têm também se caracterizado pela sucessão de culturas, ou seja, após o ciclo da cultura do arroz (outubro a abril), as áreas estão sendo ocupadas com o feijoeiro. Nesta condição, é indispensável que as áreas escolhidas possuam boa drenagem, permitindo o rápido escoamento do excesso de água do solo e o seu preparo para o novo plantio.

Segundo Andrade e Souza Filho (1995), na região tradicional de cultivo de arroz o plantio do feijoeiro no inverno é ainda pouco utilizado e representa, praticamente, a área irrigada nessa região, com a ocupação de partes das várzeas, que foram cultivadas com o arroz no verão. O plantio de inverno é realizado nos meses de maio e junho, com o emprego da irrigação por sucros ou inundação intermitente. Ainda segundo esses autores, na região de expansão da cultura do arroz (baixadas litorâneas) a cultura do feijão tem sido alternativa para o uso intensivo dessas áreas no inverno, onde já são comuns plantios da ordem de 100 a 300 ha de feijão, em área

contínua. Face às excelentes condições de solo e topografia plana, aliada a presença do lençol freático a 60-70cm, a subirrigação tem sido utilizada com sucesso. Nessa região a temperatura durante o inverno não é fator limitante de produção para o feijoeiro, devendo-se ajustar o cronograma de plantio preferencialmente para o período de abril-maio.

Considerações gerais

Conforme observado nos dados iniciais apresentados, o uso dos solos de várzeas bem manejados são de considerável importância para maximização da produção de arroz e feijão pelo estado do Rio de Janeiro.

A variabilidade dos solos de várzeas, associado a diversidade de sistemas de cultivo e manejo, dificulta muito a fixação de parâmetros e a extrapolação de resultados. Uma utilização mais viável destes solos, sob aspectos técnicos e econômicos, somente será possível com pesquisas bem embasadas em parâmetros de solo e planta, e que avaliem as interações destes nos diversos sistemas de exploração agrícola.

Devido às poucas informações que caracterizam as deficiências nutricionais das várzeas do Estado do Rio de Janeiro, principalmente considerando-se o seu uso mais intensivo por cultivos sucessivos, justifica-se o presente estudo, que visa conhecer o potencial de fertilidade destes solos através da técnica do elemento faltante, que constitui o primeiro estágio da avaliação da fertilidade de um solo.

O presente trabalho teve como objetivos principais:

1. Determinar os nutrientes limitantes ao crescimento do arroz e do feijoeiro cultivados em sucessão;

2. Desenvolver tecnologias que possibilitem o cultivo racional do feijoeiro em sucessão à cultura do arroz;
3. Demonstrar a viabilidade de exploração mais intensiva das áreas de produção de arroz;
4. Aumentar a oferta de alimentos e promover maior ocupação de mão-de-obra, na entressafra da cultura do arroz.

Foram desenvolvidos neste estudo quatro experimentos, envolvendo as culturas do arroz e do feijão em esquema de cultivo sucessivo. Os dados relativos ao experimento com a cultura do arroz em primeiro cultivo são discutidos no Capítulo I, e do feijoeiro em cultivo seqüencial nos Capítulos II e III. Já os resultados do experimento conduzido com o feijoeiro em primeiro cultivo são discutidos no Capítulo IV, e do arroz em cultivo seqüencial no Capítulo V.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância das áreas de várzeas, principais tipos de solos encontrados e sistemas de cultivos utilizados

A produção de alimentos em nosso país e no mundo é cada vez mais importante, principalmente pelo crescimento da população e do aumento do consumo “per capita”, associado a anos adversos para a agricultura e para a pecuária (Kalckmann, 1966a). No Brasil, Mota (1992) observou no período de 1963 a 1989 aumento no consumo “per capita”, declinando em 1990 e 1991 porque a produção agrícola não acompanhou o aumento da população. Na safra 91/92 a área plantada diminuiu 13% em relação à safra 87/88, sendo que neste período a população aumentou 10 milhões de habitantes (6,5%). Segundo Lamster [19--] com uma taxa de crescimento de 2,7% ao ano (Brasil), cada minuto demanda alimento para cinco pessoas a mais.

Malavolta (1981), estudando a necessidade de alimentos no Brasil e política de fertilizantes, concluiu que o setor agrícola só cumpriria o seu objetivo através de duas grandes opções: expansão da área cultivada, e aumento na produção por unidade de área - produtividade. Destas, o aumento na produtividade foi considerado como alternativa mais viável, principalmente com o uso de adubos e corretivos de acidez do solo. Kalckmann 1966b, enfatizou que a adubação não só é um fator importante para aumentar a produção de alimentos, como é o único fator capaz de aumentar a produção a curto prazo.

Em que pesem estas observações, a estratégia agrícola brasileira tem sido no sentido de estimular o aumento da produção mediante a incorporação de novas fronteiras agrícolas, sendo esta expansão da área cultivada feita com êxito no tocante às várzeas (Lamster, 1980).

O uso das áreas de várzeas com a agricultura intensiva, iniciou-se em 1974, quando produtores da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais encaminharam pedido às lideranças governamentais, no sentido de que máquinas e técnicos treinados os ajudassem na recuperação destas áreas. Iniciou-se assim o PROVÁRZEAS-MG, que repercutiu em todo o Brasil, permitindo rápida expansão da fronteira agrícola, e a custos reduzidos (Carvalho, 1986).

Solos de várzeas são aqueles encontrados nas planícies dos rios e lagos onde se formaram pela deposição de sedimentos de diversas fontes. Devido a esta heterogeneidade, os solos assim desenvolvidos apresentam grande variação de um local para outro, sendo uma característica dominante nestes solos a má drenagem ou hidromorfismo (Klamt, Kämpf e Schneider, 1985).

As áreas de várzeas são geralmente propícias à exploração agrícola, mas requerem cuidados especiais no que se refere às obras de irrigação e drenagem, sistematização dos solos, serviços de proteção, controle de enchentes e de saneamento agrícola (Caixeta, 1988).

Os principais solos de várzeas englobam basicamente os Aluviais, Gleis pouco Húmicos, Gleis Húmicos e Orgânicos. Segundo Curi, Resende e Santana (1988), ocorre, na seqüência apresentada, o aumento do teor de matéria orgânica, a deficiência de arejamento e a elevação e estabilidade relativa do lençol freático.

Algumas características desses solos são citadas a seguir, e foram descritos conforme Kämpf e Klamt (1977); Freire e Novais (1980); Klamt, Kämpf e Schneider (1983);

Klamt (1984); Klamt, Kämpf e Schneider (1985); Cardoso (1984); Hungria (1986) e Curi, Resende e Santana (1988).

Os solos aluviais são pouco desenvolvidos, predominantemente minerais, provenientes de deposições fluviais recentes. Apresentam diferenciação do horizonte A, seguido por camadas estratificadas, sendo encontrados em áreas de relevo praticamente plano. Podem ser eutrófico ou distrófico, com textura variando de arenosa a argilosa.

Os solos Glei Húmico e Pouco Húmico são hidromórficos, pouco desenvolvidos, orgânico-minerais, com horizonte A predominantemente orgânico, de espessura variável, assentado sobre um horizonte gleizado. Ocorrem nas várzeas, onde o lençol freático influencia constantemente ou por longo período a superfície do solo. A classe Glei Pouco Húmico difere da classe Glei Húmico, principalmente, por apresentar um horizonte A com menos de 25 cm de espessura, além de apresentar uma melhor drenagem e menor acumulação superficial de matéria orgânica.

A classe dos solos orgânicos diz respeito a solos pouco desenvolvidos e muito mal drenados. São considerados orgânicos aqueles que, saturados com água ou artificialmente drenados, apresentem teor de carbono orgânico maior ou igual a $[9 + (0,15 \times \text{argila } \%)]$ numa espessura mínima de 40 cm. Nestes solos a drenagem deve ser feita com muito cuidado, para evitar a queima e a subsidência (rebaixamento da superfície). Esses solos são desenvolvidos a partir de acumulação recente de resíduos vegetais em áreas alagadiças, onde é lenta a mineralização da matéria orgânica devido às condições anaeróbicas presentes no meio. Sob estas condições desenvolve-se um solo cujo perfil é constituído por sucessivas camadas de resíduos orgânicos semi-decompostos, no topo do qual pode-se ou não desenvolver um horizonte A típico. Ocorrem nas partes mais úmidas das várzeas em relevo plano e suave ondulado. Esta classe

abrange solos geralmente álicos e distróficos, forte e moderadamente ácidos e com elevada relação C/N. Tanto a espessura da camada de material orgânico e seu estágio de decomposição, como a composição química, mineralógica e a textura do substrato podem variar bastante. O grau de subsidência, armazenamento da água, densidade do solo e o espaço poroso, são muito afetados pelo teor de fibras do material. O manejo requer drenagem artificial, que não deve ser profunda, a fim de diminuir a taxa de subsidência, e a desidratação irreversível da camada superficial.

Apesar da aptidão agrícola dos solos de várzea, é também necessário considerar a sua importância ecológica, já que estas áreas funcionam como verdadeiros digestores, graças às altas CTC, superfície específica e atividade biológica no ecossistema. Em função dessas características, as várzeas têm capacidade de receber, reter e em seguida processar os resíduos poluentes vindos dos rios ou encostas (Hungria, 1986).

O solo orgânico tem sido estudado com mais intensidade em outras partes do mundo, mas a classificação dos mesmos é ainda preliminar (Cardoso, 1984). Segundo este autor, o critério atualmente mais aceito é o baseado no estágio de decomposição do material orgânico na faixa subsuperficial: "muck" (20 a 35% de matéria orgânica) e "peat" ou turfa (valores superiores a 65% de matéria orgânica). Já Andriess (1984), afirma que as turfas são as que apresentam mais de 60% deste material. No intervalo entre estes valores (35-65%) se encontram os solos intermediários. Entretanto, uma classificação mais apurada desses solos é proposta por Farnham e Finney (1965) e, para as condições brasileiras, por Kämpf e Schneider (1989).

Analisando a conveniência da incorporação dos solos orgânicos ao processo produtivo, Kämpf et al. (1984) sugerem que aqueles que apresentem as especificações a seguir não devem ser utilizados para fins agrícolas: substrato arenoso (textura areia ou areia franca) e raso (espessura da camada orgânica inferior a 50 cm); solos orgânicos com tiomorfismo (presença

de enxofre na forma tóxica, e pH muito baixo, inferior a 3,5); alta salinidade sob a camada orgânica ou na própria camada orgânica, que podem ser acentuados pela subirrigação; solos orgânicos com mais de 65% de matéria orgânica (ou menos que 35% de matéria mineral), com notável declínio de fertilidade e problemas graves de mecanização.

Nos solos de várzeas, a cultura do arroz irrigado por inundação constitui-se a melhor opção nas regiões onde o período “das águas” é realmente chuvoso e quente (Leite, 1986).

Considerando-se o custo de sistematização dessas áreas, o uso de outras culturas na entressafra do arroz é importante, não só em função de maior retorno econômico, mas também da utilização de mão-de-obra, máquinas e equipamentos (Lamster, 1986).

Dentre as práticas recomendadas para exploração das áreas de várzeas na entressafra, tem-se recomendada a exploração da soca do arroz (Soares, 1988), cultura do trigo (Souza, 1980 e 1988), do feijão (Silva, 1980), olerícolas (Ferreira e Garrido, 1980 e Regina, 1986), aveia forrageira (Pereira, 1980), batata (Fontes, Mizubuti e Pádua, 1988) e milho verde (Coelho e Parentoni, 1988).

Entretanto, para que o cultivo de entressafra não seja prejudicado, é necessário levar em consideração que a sistematização das várzeas promove algumas alterações nas suas características físico-hídricas. Macedo, Pereira e Carmo Filho (1990), concluem que o uso dessas áreas no período de entressafra do arroz fica prejudicado pela baixa infiltração de água, necessitando de implantação de um eficiente sistema de drenagem superficial. Este aspecto é de fundamental importância para o cultivo do feijoeiro, já que é uma planta relativamente sensível ao excesso de água, comprometendo o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, a produção. Segundo vários autores citados por Diniz et al. (1993), nas condições de várzeas, o feijoeiro sofre vários riscos, uma vez que não suporta água acumulada, sendo já prejudicado por um a dois dias

de excesso de água no solo. Vários trabalhos foram também conduzidos, visando seleção de cultivares de feijão tolerantes ao excesso de água, comum aos solos de várzea (Lima et al., 1986; Pinto et al.; 1986; Silveira et al., 1988; Diniz et al., 1993 e Rosa, 1993).

2.2 Técnica do elemento faltante

Na avaliação da fertilidade do solo ou no estabelecimento de níveis de adubação são freqüentes duas situações: (a) utiliza-se ensaios conduzidos em parcelas experimentais em condições de campo ou (b) os ensaios são realizados em vasos, em condição de casa de vegetação. Em que pese o fato dos ensaios de campo fornecerem informações que tem relação direta com a agricultura prática, em muitas situações o trabalho só é viabilizado quando há possibilidade de se exercer maior controle sobre o solo, o que não seria possível a nível de campo, sendo então conduzidos em vasos. Outro fator favorável ao cultivo em vasos é a possibilidade de abordar um maior número de variáveis do que nas condições de campo. Por outro lado, a desvantagem da condução dos ensaios em vasos é que em determinados casos os resultados não são diretamente utilizáveis nas condições de campo, sendo conduzidos muitas das vezes como uma primeira etapa, para realização de ensaios de campo posteriores (Raij, 1987).

Vários experimentos são conduzidos em vasos, em casa de vegetação, com a aplicação de níveis de nutrientes equivalente aos dos experimentos de campo baseados na análise de solo. Segundo Terman e Mortvedt (1978), as necessidades de nitrogênio, fósforo e potássio em estudos conduzidos em vaso são muito maiores do que os aplicados a nível de campo. Baseado nestas observações, os autores ressaltam ainda que este fato registrado em muitos trabalhos

citados na literatura envolvendo avaliações de fósforo, podem ter ocorrido limitações pela deficiência de outros elementos, notadamente o nitrogênio e o potássio.

Este problema também tem sido enfatizado por outros autores, como Mortvedt e Terman (1978) e Fageria, Barbosa Filho e Garber (1982). Ao estudarem em casa de vegetação diferentes níveis de adubação, Fageria, Barbosa Filho e Garber (1982) observaram que, para experimentos de arroz, o nível adequado de nutrientes para adubação em vasos é de, aproximadamente, oito vezes o nível de adubação recomendada para as condições de campo.

Ao se desenvolver estudos envolvendo algum fator da fertilidade do solo, adubação ou nutrição de plantas é sempre conveniente lembrar a “Lei do Mínimo”, proposta por Liebig em 1862 e citada por Lopes (1989): o rendimento de uma colheita é limitado pela ausência de qualquer um dos nutrientes essenciais, mesmo que todos os demais estejam disponíveis em quantidades adequadas, ou seja, a produção das culturas é limitada pelo nutriente mineral menos disponível para as plantas.

Para Martini (1969), a aplicação da técnica do elemento faltante foi um dos primeiros desenhos experimentais utilizados na caracterização da fertilidade do solo. Esta técnica envolve o crescimento de uma planta indicadora em casa de vegetação ou de campo, utilizando-se um tratamento designado por “completo” constituído por todos os nutrientes essenciais e mais outros tratamentos em que se omite um nutriente de cada vez (Sanchez, 1976). As plantas são normalmente colhidas durante determinado estágio de crescimento vegetativo da cultura utilizada, mas trabalhos recentes já se preocupam em levar o ensaio até a produção de grãos (El-Husny, 1992).

Nesses ensaios, segundo Malavolta (1980), faz-se uma comparação do aspecto e da produção da planta submetida a um tratamento chamado “completo” com o da mesma em outros

tratamentos nos quais os nutrientes são omitidos um de cada vez: trata-se, portanto, de uma “diagnose por subtração”. Segundo Rajj (1987), estes ensaios normalmente são conduzidos em vasos, onde é possível exercer maior controle.

Para Chaminade (1972), a técnica do elemento faltante quando aplicada à planta teste em experimentos em vaso permite, além de determinar quais os nutrientes são carentes, a importância relativa desta carência e o esgotamento destes nutrientes em função de cultivos e cortes sucessivos. Pesquisadores do IRAT consideram como deficiência séria a queda da produção a 40% ou menos do tratamento completo, quando utilizada esta técnica (Sanchez, 1976).

No Brasil esta técnica vem sendo utilizada com bastante sucesso principalmente nas culturas do arroz (Matos, 1977; Veloso et al., 1981; Medeiros e Malavolta, 1980b; Malavolta et al., 1981a e b; Malavolta et al. 1983 a e b; Paula et al., 1990); feijão (Malavolta et al., 1980; Dynia e Cunha, 1986; El-Husny, 1992); soja (Martins e Braga, 1977), e milho (Abreu, Lopes e Andrade, 1987; Abreu e Lopes, 1987).

2.3 Principais alterações dos solos sob condições de inundação e seus efeitos na disponibilidade dos macro e micronutrientes

A planta de arroz adapta-se aos solos inundados devido à presença do aerênquima que se estende das folhas até as raízes, constituindo espaços por onde se movimentam o oxigênio e outros gases. O oxigênio do ar atmosférico, translocado até às raízes, é capaz de oxidar o solo ao redor da rizosfera, razão pela qual o arroz não necessita de drenagem para ser abastecido de oxigênio (Lopes, 1990).

Mesmo sob condições anaeróbicas, os coleóptilos de arroz emergem e se alongam. Este tipo de resistência dos coleóptilos de arroz é uma forma de tolerância. Mas considerando-se o alto grau de resistência ao encharcamento da planta como um todo, o principal mecanismo envolvido é o do transporte do oxigênio das folhas às raízes (Benincasa, 1986).

2.3.1 Efeitos iniciais da inundação

Logo após a inundação, o ar do solo é substituído pela água e os organismos aeróbicos remanescentes usam o oxigênio do solo e o dissolvido na água, de maneira que em poucas horas o solo fica quase desprovido de oxigênio (Moraes, 1984).

Na parte superior de um solo submetido à inundação permanente encontra-se, primeiro, uma camada oxidada que recebe oxigênio através da difusão molecular. Em seguida encontra-se uma camada reduzida, de fundamental importância para a cultura do arroz, já que é nesta camada reduzida que se encontra a maioria das raízes, e onde ocorrem as alterações químicas mais importantes (León e Arregocés, 1981).

Esta lâmina d'água permanente sobre a superfície do solo modifica rapidamente as características mais importantes dos solos e, segundo Ponnampertuma 1955, citado por Moraes (1984), este excesso de água exerce efeito marcante sobre o ecossistema e se manifesta em certas condições biológicas, físicas, físico-químicas e químicas bem definidas.

2.3.2 Alterações biológicas

Após a submersão do solo, a população dos microorganismos aeróbicos é reduzida a quase zero e, por outro lado, aumenta-se a população dos microorganismos anaeróbicos (León e Arregocés, 1981).

Os processos microbiológicos que ocorrem na zona oxidada, envolvendo organismos microbiológicos aeróbicos, se assemelham àqueles existentes em solo drenado. Os fenômenos mais importantes, e que ocorrem na camada reduzida, envolvem microorganismos anaeróbicos obrigatórios e facultativos (Teixeira e Cardoso, 1991).

2.3.3 Alterações físicas

As alterações físicas mais importantes afetadas pela inundação do solo são a estrutura, a permeabilidade e a temperatura, e são bem discutidos por Moraes (1984). Segundo este autor, à medida que ocorre a entrada de água no solo, as forças que mantêm as partículas unidas diminuem e, então, sobrevem a desagregação. Este é um problema a ser considerado na exploração de algumas espécies vegetais em solos de várzeas, principalmente quando se deseja introduzir um sistema de produção calcado na rotação e/ou na sucessão de culturas. A desfloculação dos agregados afeta então a permeabilidade do solo, o que é desejável em se tratando da cultura do arroz. Com relação à temperatura, o efeito da inundação diminui a flutuação da temperatura do solo, e os mantém mais frios do que os solos drenados.

2.3.4 Alterações físico-químicas

As principais alterações físico-químicas em solo submetido à inundação são no pH, potencial de óxi-redução (Eh) e na condutividade elétrica (CE).

Estudando os efeitos da inundação em quatro solos e sua influência sobre o pH, Moraes (1973a) observou que o pH dos solos ácidos aumentou e o do solo alcalino diminuiu com o tempo de inundação mas, em ambos os casos, os valores finais se estabilizaram entre 6,5 e 7,0. Este aumento no pH em função do tempo de inundação também foram observados por Moraes e Freire (1974), Moraes e Dynia (1992), Mello et al. (1992) e Guilherme et al. (1993). Por outro lado, Dynia e Barbosa Filho (1993), notaram que as variações do pH do solo durante a inundação foram pequenas, não ultrapassando 0,5 unidade. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira, Velloso e Leal (1993), em solos do Estado do Rio de Janeiro. Os valores de pH observados nos horizontes A dos dois solos estudados foram pouco afetados durante o período de alagamento, resultado conflitante com inúmeras observações de que o alagamento de solos ácidos eleva o pH a valores próximos da neutralidade. Segundo estes autores os solos utilizados apresentam alto teor de matéria orgânica e, portanto, forte poder tampão, o que não ocorreu nos demais trabalhos consultados. Ainda segundo Moraes (1984), o aumento do pH dos solos ácidos é consequência do consumo de íons H^+ nas reações de redução e, para León e Arregocés (1981), em solos alcalinos a diminuição de pH é devido ao aumento da pressão parcial de CO_2 que resulta em uma liberação de íons H^+ .

A alteração dos valores do potencial de óxi-redução dos solos é pronunciada, ocorrendo rápida diminuição do Eh nas primeiras semanas de submersão (Moraes 1973a; Mello et al. 1992 e Dynia e Barbosa Filho, 1993).

Outra modificação importante é o aumento da condutividade elétrica (CE) da solução do solo em função da inundação, devido principalmente ao aumento da concentração iônica (Moraes, 1984). Este aumento inicial da CE foi observado por Moraes e Freire (1974). Entretanto, os resultados obtidos por Moraes e Dynia (1992), ao estudar a CE em dois solos submetidos à inundação, obtiveram resultados considerados inconsistentes. Oliveira, Velloso e Leal (1993), estudando os processos de óxi-redução em solo do Estado do Rio de Janeiro observaram que a CE da solução do solo dos horizontes A e C variou muito pouco durante o processo de alagamento. Segundo estes autores, esta pequena influência se deve a elevada CE já presente.

2.3.5 Alterações químicas

Em condições de anoxia, os compostos oxidados como o NO_3^- , o Mn^{4+} , o Fe^{3+} e o SO_4^{2-} são reduzidos, nesta ordem, pelos microorganismos do solo, que utilizam como fonte de energia a matéria orgânica.

Em condições inundadas, a mineralização do nitrogênio orgânico é interrompida no estado de amonificação (NH_4^+). Moraes, Freire e Silva (1975), observaram que, na inundação do solo, os nitratos nele presentes foram reduzidos a nitrogênio gasoso, e a concentração de NH_4^+ aumentou devido, principalmente, à sua substituição pelo Fe^{2+} e Mn^{2+} e à liberação do NH_4^+ resultante da decomposição anaeróbica da matéria orgânica.

Após a redução do NO_3^- , os óxidos de manganês começam a ser reduzidos. Estes óxidos se transformam em íons de manganês (Mn^{2+}) que são mais solúveis (León e Arregocés, 1981). Estes óxidos de manganês têm importante papel em solos inundados, já que retardam a

diminuição do potencial de óxi-redução, retardando o aparecimento de concentrações de Fe^{2+} na solução dos solos inundados, amenizando o efeito tóxico do ferro nas plantas (Moraes, 1984).

A redução do ferro e o conseqüente aumento de sua solubilidade é a mais importante alteração química que ocorre quando o solo é inundado. A cultura do arroz pode-se beneficiar com o aumento da disponibilidade de ferro, mas um excesso pode ser prejudicial (Freire et al., 1984). Essa toxicidade vem sendo constatada há muitos anos, sendo que esse problema já foi observado nos Estados de Minas Gerais, Santa Catarina, Rio de Janeiro e Pará (Freire et al., 1984 e Barbosa Filho, 1987). Segundo Vahl [19--], o problema também surgiu no Rio Grande do Sul, principalmente com algumas cultivares do tipo moderno.

O enxofre é outro nutriente que, sob intensa redução do solo, altera acentuadamente as suas características, sendo os íons sulfato reduzidos a sulfito e a sulfeto (Teixeira e Cardoso, 1991). Como as bactérias que reduzem os íons sulfato são de caráter estritamente anaeróbico, esta redução só vai ocorrer a potenciais de óxi-redução mais baixas do que para a redução do ferro (Moraes, 1984).

2.3.6 Efeito da inundação do solo sobre a disponibilidade dos macro e micronutrientes

No processo de modificações do solo a inundação vai, conseqüentemente, promover alterações na disponibilidade dos nutrientes. (Bacha e Scherer, 1978; Moraes, 1984; Abreu e Lopes, 1988 e Teixeira e Cardoso, 1991).

Nitrogênio - as principais transformações do nitrogênio mineral em solos submersos está relacionada com o desaparecimento das formas nítricas e com a acumulação das formas amoniacais. O acúmulo de amônio no solo se deve ao processo de mineralização da

matéria orgânica e ao deslocamento deste íon dos sítios de troca devido à alta concentração de Fe^{2+} . Contrariamente aos nitratos, o íon amônio está no estado reduzido e portanto é estável sob condições anaeróbicas, encontrando-se na solução do solo ou na forma trocável (Moraes, Freire e Silva, 1975).

Fósforo - a disponibilidade de fósforo para a cultura do arroz aumenta com a submersão (Moraes, 1973); Guilherme, 1990 e Mello, 1991). Moraes e Freire (1974), ao estudarem quatro solos do Rio Grande do Sul, constataram que a liberação de P para a solução do solo atingiu o máximo ao redor de quatro a seis semanas após o início da inundação, decrescendo a partir daí. O aumento inicial foi atribuído à redução dos fosfatos férricos e o decréscimo posterior à readsorção dos fosfatos pelas argilas e hidróxidos de alumínio.

Potássio, Cálcio e Magnésio - A concentração de K^+ na solução do solo aumenta com a inundação, atinge um máximo e então diminui até valores que se mantêm maiores do que os determinados no solo seco. Este aumento é devido ao seu deslocamento das posições de troca, principalmente pelo Fe^{2+} (Moraes e Freire, 1974). Segundo estes autores, as curvas do Ca^{2+} e do Mg^{2+} solúveis, durante o período de inundação, são semelhantes à do K^+ , sendo também deslocados do complexo de intercâmbio pelo Fe^{2+} .

Enxofre - Com a inundação do solo ocorre diminuição da disponibilidade do enxofre, devido à formação do S^{2-} que forma um precipitado com o ferro (FeS) (Dynea e Barbosa Filho, 1993). Estudando o efeito da inundação do solo na absorção de nutrientes pelo arroz, Moraes (1973b), observou que em solos com baixos teores de ferro há a formação de H_2S , atuando como fator de inibição do crescimento das raízes e da absorção de nutrientes.

Manganês - com a inundação do solo ocorre a redução dos óxidos de manganês em íons de manganês (Mn^{2+}), que são mais solúveis e podem, nos 50 primeiros dias após a

inundação, causar toxidez ao arroz (Dyenia e Barbosa Filho, 1993). Em seguida ocorre um decréscimo, atribuído à precipitação na forma $MnCO_3$.

Ferro - conforme Sanchez (1976), a redução do Fe^{3+} é considerada a reação mais importante que ocorre em solos inundados. Isso porque a quantidade de ferro que pode ser reduzido é, geralmente, bem maior do que a quantidade total dos demais elementos sujeitos às reações de óxi-redução em solos inundados. No início da inundação ocorre um rápido aumento na concentração do Fe^{2+} em solução até atingir um pico máximo, decrescendo a partir daí, devido à precipitação com óxidos e hidróxidos de ferro (Moraes e Dyenia, 1992). Durante investigação da resistência do arroz à toxidez de ferro em solos inundados, Green e Etherington (1977), verificaram que a manutenção da rizosfera oxidada, através do transporte do oxigênio via aerênquima, precipitava o ferro nesta região, não absorvendo portanto quantidades que pudessem causar toxidez à planta.

Micronutrientes e silício - as informações na literatura sobre os efeitos do Cu, Mo e B são escassas para o arroz inundado, mas estudos desenvolvidos por Ponnampertuma (1974) sobre a cinética do Zn, Cu, Mo e B em solos mantidos sob inundação indicam que as concentrações de Zn e Cu na solução do solo diminuem, a concentração de Mo aumenta consideravelmente e a concentração de B permanece mais ou menos constante. Segundo ainda este autor, a deficiência de Zn é considerada como um dos principais fatores que limitam a produção de arroz na Ásia, e em cultivo inundado esta deficiência está associada a elevação do pH do solo, sendo agravado pela presença da matéria orgânica. Estudando as alterações provocadas pela inundação em solo Glei pouco húmico, Moraes e Dyenia (1992), observaram comportamento diferenciado em relação ao Zn e Cu, aumentando a concentração do primeiro na solução do solo e diminuindo a do segundo. O aumento da disponibilidade do Zn com a inundação foi associada à

redução do Fe. Mesmo o Zn ocluído nos sesquióxidos cristalinos e amorfos é liberado quando ocorre a redução do Fe. A diminuição da disponibilidade do Cu após a inundação do solo parece ser causada pela sua complexação por compostos orgânicos oriundos da decomposição anaeróbica da matéria orgânica. De maneira geral, a solubilidade do Si aumenta com o tempo de inundação.

2.4 Desenvolvimento do sistema radicular e extração e exportação de nutrientes

2.4.1 Arroz

Para a cultura do arroz irrigado por inundação, o comportamento do sistema radicular é bem diferente da cultura em condições de sequeiro, comportamento este, que vai influenciar na absorção e na nutrição mineral da planta. Estudando o desenvolvimento do sistema radicular do arroz em solos de várzeas do Vale do Paraíba, Inforzato, Guimarães e Borgonovi (1964), notaram que o sistema radicular do arroz sob inundação é bem superficial, sendo que 70% das raízes encontram-se nos primeiros 5 cm de profundidade, cerca de 93% nos primeiros 10 cm do solo e 99% até a profundidade de 25 cm. Estes dados foram confirmados em estudos desenvolvidos por Lopes, Volkweiss e Tedesco (1994), que também obtiveram a localização da maior parte das raízes do arroz até a profundidade de 10 cm. Portanto, a maior parte do sistema radicular do arroz está localizado na camada redutora do solo, conforme discutido anteriormente.

A quantidade de nutrientes removida do solo por uma colheita varia com a cultivar e produção obtida, motivo pelo qual encontra-se uma diversidade de resultados muito grande; mas, de uma maneira geral, os macronutrientes extraídos em maior quantidade são o nitrogênio e o potássio (Gargantini e Blanco, 1965 e Malavolta et al. 1983c). A seguir, em ordem decrescente,

colocaram-se o cálcio, o magnésio e o fósforo. Malavolta et al. (1981c), verificaram em solução nutritiva, serem distintas as exigências entre cultivares, sendo que a cultivar “IAC 25” absorveu mais potássio e a cultivar “IAC 47” mais nitrogênio. Tais exigências podem estar relacionadas ao ciclo, sendo a “IAC 47” mais tardia. Malavolta et al. (1983b), também em solução nutritiva, detectaram maior absorção de potássio em relação ao nitrogênio, pela cultivar “Dourado Precoce”. Diferenças varietais também foram observadas em solução nutritiva por Malavolta et al. (1982), tendo a cultivar “IAC 164” absorvido mais potássio e a “IAC 165” mais nitrogênio. Já Medeiros e Malavolta (1980a), não encontraram diferenças entre as cultivares “IAC 47” e “IAC 435” que absorveram mais nitrogênio em relação ao potássio.

Apesar de ainda não ser considerado como nutriente essencial para cultura do arroz, o trabalho realizado por Furlani, Bataglia e Furlani (1977) mostra a absorção do silício como sendo superior à do nitrogênio e do potássio.

A quantidade exportada depende do destino dado à parte aérea. Considerando-se os grãos com casca como parte exportada, observa-se que o arroz exporta, do solo, maiores quantidades de N, P, Mg e S do que K e Ca, já que cerca de 80% do potássio e 75% do cálcio encontram-se na palhada (Barbosa Filho, 1987). Furlani, Bataglia e Furlani (1977), também já tinham observado que os macronutrientes, exceto potássio e cálcio, concentraram-se nos grãos, enquanto que dos micronutrientes, apenas o cobre, zinco e molibdênio se localizam em maiores proporções nessa parte da planta. Baseados nestes resultados, sugerem os autores que os programas de adubação do arroz devem preocupar-se em repor esses nutrientes ao solo (principalmente magnésio, cobre, zinco e molibdênio), já que normalmente não constam das fórmulas empregadas na cultura.

Lopes, Volkweiss e Tedesco (1993), salientaram que nos sistemas de cultivo onde a palhada é reciclada, o programa de adubação deve considerar este aspecto, embora nem toda palha seja decomposta durante um ciclo da cultura.

2.4.2 Feijão

Faria 1988, citado por Calheiros (1992), comenta que em estudos envolvendo várias culturas em solo Gleí Pouco Húmico, o sistema radicular das culturas (exceto o arroz) não ultrapassou 15 cm de profundidade, devido às limitações físicas e de aeração presentes, impedindo à planta de absorver água. Entretanto, em outras áreas, plantas de feijão mostraram-se tolerantes à seca, conseguindo aprofundar seu sistema radicular nas rachaduras formadas nos horizontes superficiais. Segundo Calheiros (1992), em solo Gleí Pouco Húmico o desenvolvimento radicular do feijoeiro em função destas rachaduras se desenvolveu além de 40 cm de profundidade. Resultados semelhantes já tinham sido observados por Inforzato, Guimarães e Borgonovi (1964), em que 62% das raízes do feijoeiro encontram-se nos primeiros 10 cm de profundidade, sendo o restante das raízes distribuídas até 70 cm de profundidade.

Em revisão bibliográfica realizada por Rosolem (1987), nota-se uma grande discrepância entre os resultados obtidos por diversos autores, em relação à extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro, o que pode ser atribuído aos métodos experimentais empregados, cultivares diferentes, ensaio em campo ou em vasos, entre outros.

Entretanto, pode-se concluir que, em linhas gerais, o nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais absorvidos e mais exportados (Gallo e Miyasaka, 1961; Haag et al , 1967; Cobra Netto, Accorsi e Malavolta, 1971).

Gallo e Miyasaka (1961), observaram que a quantidade de enxofre no feijoeiro foi superior à do fósforo, característica que o coloca entre outras culturas econômicas do Estado de São Paulo (algodão, café, cana-de-açúcar), que também contêm mais enxofre do que fósforo. Estes resultados também foram encontrados por Cobra Netto, Accorsi e Malavolta (1971) ao realizarem estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro, cultivar Roxinho.

Observa-se que o fósforo, embora seja exigido em menor quantidade pelo feijoeiro, constitui o macronutriente que tem proporcionado os melhores resultados na adubação, o que pode ser explicado pela sua pobreza em nossos solos (Vieira, 1978).

Segundo Rosolem (1987), há diferenças entre cultivares da mesma espécie quanto à sua capacidade de absorção de nutrientes.

Para o feijoeiro, outro fator importante a ser considerado na absorção de nutrientes é o efeito da época de plantio. A quantidade de nutrientes retirada do solo pelos feijoeiros foi sempre maior no período das águas, tanto para os macronutrientes (Mafra et al., 1974) bem como para os micronutrientes (Batista, Brune e Braga, 1975).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.A.; LOPES, A.S. Alterações físico-químicas e químicas dos solos inundados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, Ano 13, n.152, p.14-21, 1988.
- ABREU, C.A. de.; LOPES, A.S. Identificação de deficiências de macronutrientes em três solos de várzeas de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n. 11/12, p.1215-1224, nov./dez. 1987.
- ABREU, C.A. de.; LOPES, A.S.; ANDRADE, D. de S. Identificação de deficiências de micronutrientes em cinco solos de várzeas da região de cerrados de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n. 8, p.833-841, ago. 1987.
- AMORIM NETO, S.; OLIVEIRA, A. B. de.; ANDRADE, W. E. de B. et al. **A cultura do arroz irrigado no Estado do Rio de Janeiro**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1995. 40p. (Documentos, 32).
- ANDRADE, M.J.B.de.; SOUZA FILHO, B.F. de. **A cultura do feijão irrigado no Estado do Rio de Janeiro**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1995. 20p. (Documentos, 33).
- ANDRIESSE, J. Uso de solos orgânicos em condições tropicais e subtropicais aliado às possibilidades brasileiras. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SOLOS ORGÂNICOS, Curitiba, 1984. Anais... Curitiba: MA/PROVÁRZEAS - EMBRATER -SEAG/PARANÁ-ACARPA, 1984. p.11-33.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro: Centro de Informações e dados do Rio de Janeiro, 1995.
- BACHA, R.E.; SCHERER, C.H. Transformações químicas em solos alagados. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.31, n.305, p.21-23, mar./abr. 1978.
- BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz; sequeiro e irrigado**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129p. (Boletim Técnico, 9).

- BATISTA, C.M.; BRUNE, W.; BRAGA, J.M. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): V - Absorção de micronutrientes. *Experientiae*, Viçosa, v.19, n.3, p.33-57, fev. 1975.
- BENINCASA, M.M.P. Fisiologia de culturas adaptadas à condições de várzea. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE VÁRZEA, I, Jaboticabal, 1984. *Anais ... Jaboticabal: FCAV*, 1986. p. 131-139.
- CAIXETA, T.J. Técnicas e alternativas de sistematização para áreas de várzeas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.151, p.14-23, 1988. (Exploração racional de várzeas - I).
- CALHEIROS, R. de O. Sistema radicular de quatro culturas em solo glei pouco húmico da região de Londrina (PR). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.3, p.299-307, 1992.
- CARDOSO, A. Caracterização e classificação dos solos orgânicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SOLOS ORGÂNICOS, Curitiba, 1984. *Anais... Curitiba: MA/PROVÁRZEAS - EMBRATER - SEAG/PARANÁ-ACARPA*, 1984. p.55-62.
- CARVALHO, E.M. Avaliação do provárzeas na região compreendida pelo escritório regional da EMATER de Lavras. Lavras: UFLA, 1986. 76p. (Dissertação - Mestre em Fitotecnia).
- CHAMINADE, R. Recherches sur la fertilité et al fertilisation des sols en régions tropicales. *L'Agronomie Tropicale*, France, v.27, n.9, p.891-904, sept. 1972.
- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.28, p.257-274, 1971.
- COELHO, A.M.; PARENTONI, S.N. Milho verde. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.152, p.49-53, 1988. (Exploração racional de várzeas - II).
- CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D.P. Solos de várzeas de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.152, p.3-10, 1988. (Exploração racional de várzeas - II).
- DINIZ, A.J.; FERREIRA, M.M.; VALE, F.R. do.; RAMALHO, M.A.P. Avaliação de níveis de água no solo visando à seleção de cultivares de feijoeiro para o cultivo em solos de várzea. *Ciência e Prática*, Lavras, v.17, n.2, p.113-119, abr./jun. 1993.
- DYNIA, J.F.; BARBOSA FILHO, M.P. Alterações de pH, Eh e disponibilidade de micronutrientes para arroz irrigado em um solo de várzea tratado com calcário e palha de arroz em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.1, p.67-74, 1993.

- DYNIA, J.F.; CUNHA, N.G. da. Limitações nutricionais do feijoeiro em solo brunizem avermelhado na região de Corumbá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.11, p.1219-1221, nov. 1986.
- EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1992. 151p. (Dissertação - Mestre em Fitotecnia).
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (EMATER-RIO). **Áreas de várzeas no Estado do Rio de Janeiro**. Niterói: EMATER-RIO, [19--] 4p. (Xerox).
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; GARBER, M.J. Nível de nutriente e densidade de plantio adequados para experimentos com arroz em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.9, p.1279-1284, set. 1982.
- FARNHAM, R.S.; FINNEY, H.R. Classification and properties of organic soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.17, p.115-162, 1965.
- FERNANDES, S.G.; FERNANDES, J.C. **Diagnóstico da cultura do arroz no Norte Fluminense**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1986. 16p. (Série Documentos, 1).
- FERREIRA, F.A.; GARRIDO, M.A.T. Olericultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.65, p.54-58, maio 1980.
- FONTES, P.C.; MIZUBUTI, A.; PÁDUA, J.G. de. A cultura da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.152, p.44-46, 1988. (Exploração racional de várzeas - II).
- FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F. Solos de várzeas - características e problemas relativos à fertilidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.65, maio 1980.
- FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F. de.; SOARES, P.C.; COSTA, L.M. da. Toxicidade de ferro e seu controle em arroz irrigado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.114, p.45-51, jun. 1984.
- FUNDAÇÃO NORTE FLUMINENSE DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL - Campos, R.J. **Tipos climáticos**. In: _____. **Desenvolvimento agropecuário da região Norte Fluminense**. Roma: ITALCONSULT, 1971. v.2.
- FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C. Composição química inorgânica de três cultivares de arroz. **Bragantia**, Campinas, v.36, n.8, p.109-115, mar. 1977.
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.40, p.867-884, set. 1961.

- GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do arroz. *Bragantia*, Campinas, v.24, n.38, p.515-528, set. 1965.
- GREEN, M.S.; ETHERINGTON, J.R. Oxidation of ferrous iron by rice (*Oryza sativa* L.) roots: a mechanism for waterlogging tolerance? *Journal of Experimental Botany*, London, v.28, n.104, p.678-690, June 1977.
- GUILHERME, L.R.G. **Calagem e inundação em solos de várzeas cultivados com arroz: alterações em pH, nitrogênio, fósforo e enxofre.** Lavras: UFLA, 1990. 112p. (Dissertação - Mestre em Solos e Nutrição de Plantas).
- GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; GUEDES, G.A.A. de; VALE, F.R. do. Alterações em pH ocasionadas por calagem e inundação em solos de várzea cultivados com arroz. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.2, p.149-156, 1993.
- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.26, n.30, p.381-391, set. 1967.
- HUNGRIA, L.S. Solos de várzeas e algumas de suas propriedades. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE VÁRZEAS, Iº, Jaboticabal, 1984. *Anais ... Jaboticabal: FCAV*, 1986. p. 31-54.
- INFORZATO, R.; GUIMARÃES, G.; BORGONOV, M. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz e do feijoeiro em duas séries de solo do Vale do Paraíba. *Bragantia*, Campinas, v.23, n.30, p.365-369, out. 1964.
- KALCKMANN, R.E. A adubação. I. Fator básico para aumentar a produção de alimentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.1, p.215-219, 1966a.
- KALCKMANN, R.E. A adubação. II. Alguns problemas ligados ao uso de adubos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.1, p.221-223, 1966b.
- KÄMPF, N.; BERTOL, O.J.; LEPSCH, I.F.; CUNHA, N. de S. Conveniência da incorporação dos solos orgânicos ao processo produtivo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SOLOS ORGÂNICOS, Curitiba, 1984. *Anais... Curitiba: MA/PROVÁRZEAS - EMBRATER - SEAG/PARANÁ-ACARPA*, 1984. p.101-108.
- KÄMPF, N.; KLAMT, E. Solos hidromórficos no RS. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, n.303, p.20-30, nov./dez. 1977.
- KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P. Caracterização de solos orgânicos do Rio Grande do Sul: propriedades morfológicas e físicas como subsídios à classificação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.2, p.227-236, 1989.

- KLAMT, E. Solos de várzea do Rio Grande do Sul; características, distribuição e limitações ao uso. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVAS AO SISTEMA TRADICIONAL DE UTILIZAÇÃO DAS VÁRZEAS DO RIO GRANDE DO SUL, 1, Porto Alegre, 1984. **Trabalhos apresentados...** Porto Alegre, 1984. p. 111-118.
- KLAMT, E.; KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P. Solos de várzeas da região Sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.36, n.344, p.47-53, ago. 1983.
- KLAMT, E.; KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P. **Solos de várzea no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1985. 43p. (Boletim Técnico, 4).
- LAMSTER, E.C. Produção e produtividade: teu nome é PROVÁRZEAS. In: BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. **Provárzeas Nacional: 1 hectare vale por 10**. Brasília, [19--]. p.173-177. (Informação Técnica, 1).
- LAMSTER, E.C. Programa nacional de aproveitamento racional de várzeas - PROVÁRZEAS NACIONAL. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.65, p.3-8, maio 1980.
- LAMSTER, E.C. PROVÁRZEAS nacional e rotação e sucessão de culturas em várzeas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE VÁRZEAS, I, Jaboticabal, 1984. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1986. p. 191-213.
- LEITE, N. Cultura de arroz irrigado. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE VÁRZEAS, I, Jaboticabal, 1984. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1986. p. 147-175.
- LEÓN, L.A.; ARREGOCÉS, O. **Química de los suelos inundados; guia de estudio**. Cali, Colômbia: CIAT, 1981. 35p.
- LIMA, C.A. de S.; FERREIRA, P.A.; CAIXETA, T.J.; LOUREIRO, B.T. Efeito de seis profundidades do lençol freático sobre o comportamento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.33, n.186, p.99-107, 1986.
- LOPES, A. S. **Manual de Fertilidade do Solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.
- LOPES, M.S. Solos e adubação da cultura do arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 391, p. 3-7, jul./ago. 1990.
- LOPES, S.I.G.; VOLKWEISS, S.J. TEDESCO, M.J. A acumulação de matéria seca e absorção de nutrientes pela cultura de arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 46, n.411, p.3-7, nov./dez. 1993.
- LOPES, S.I.G.; VOLKWEISS, S.J.; TEDESCO, M.J. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n.2, p.273-278, 1994.

- MACEDO, V.R.M.; PEREIRA, J.G.; CARMO FILHO, O.G. do. Alterações das características físico-hídricas de várzeas sistematizadas. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 43, n. 389, p.15-17, jan./fev. 1990.
- MAFRA, R.C.; VIEIRA, C. ; BRAGA, J.M.; SIQUEIRA, C.; BRANDES, D. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): IV - Absorção de nutrientes. *Experientiae*, Viçosa, v. 17, n. 9, p. 217-239, maio 1974.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. Necessidade de alimentos e política de fertilizantes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 16, n. 1, p. 1-26, jan. 1981.
- MALAVOLTA, E.; ALMEIDA, C.L.F. de.; DARIO, G.J.A. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XXVI. Avaliação do estado nutricional da variedade Dourado precoce. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"*, Piracicaba, v. 40, p. 1007-1029, 1983b.
- MALAVOLTA, E.; DAMIÃO F.; C. F.; VOLPE, C.A. et al. Deficiências e excessos minerais no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv Carioca). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"*, Piracicaba, v. 37, p. 701-718, 1980.
- MALAVOLTA, E.; FREITAS, J.R.; CAVALCANTI, L.F.; FIORE, M.F. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XVII. Exigências nutricionais das variedades IAC-164 e IAC-165. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"*, Piracicaba, v. 39, p.411-425, 1982.
- MALAVOLTA, E.; GOMES, I.A.; CRUZ, A.P. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XIII. Efeitos das deficiências de micronutrientes nas variedades IAC-25 e IAC-47. *Anais da Escola Superior de Agricultura de "Luiz de Queiróz"*, Piracicaba, v. 38, p.669-685, 1981a.
- MALAVOLTA, E.; NOBREGA, C.; AZEREDO, D.F. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XII. Efeitos das deficiências de macronutrientes nas variedades IAC-25 e IAC-47. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"*, Piracicaba, v. 38, p. 643-667, 1981b.
- MALAVOLTA, E.; RIERA ACOSTA, A.V.; CARNAÚBA, B.A.A. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XXIII. Avaliação do estado nutricional da variedade L-45. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"*, Piracicaba, v.40, p.921-943, 1983c.
- MALAVOLTA, E.; RIERA ACOSTA, A.V.; CARNAÚBA, B.A.A.; CIARELLI, D.M. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XXII - Exigências nutricionais da variedade L-45 cultivada em solução nutritiva. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"*, Piracicaba, v.40, p.891-919, 1983a.

- MALAVOLTA, E.; SILVA, J.C.A.; SABINO, J.C.; CRUZ, A.P. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. VII. Exigências nutricionais das variedades IAC-25 e IAC-47. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"**, Piracicaba, v. 38, p. 507-519, 1981c.
- MARTINI, J.A. Caracterización del estado nutricional de los principales "latosoles" de Costa Rica, mediante la técnica del elemento faltante en el invernadero. **Turrialba, Turrialba**, v. 19, n.3, p.394-408, jul./set. 1969.
- MARTINS, O.; BRAGA, J.M. Caracterização da fertilidade de cinco latossolos sob vegetação de cerrado, no Triângulo mineiro. **Revista Ceres, Viçosa**, v.24, n.136, p.596-607, 1977.
- MATOS, A. de O. **Caracterização da fertilidade de três solos de Altamira (Pará) pela técnica do elemento faltante**. Viçosa: UFV, 1977. 39p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- MEDEIROS, A.A.; MALAVOLTA, E. Exigências nutricionais do arroz (*Oryza sativa* L., cv. IAC 47 e IAC 435). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiróz"**, Piracicaba, v.37, p. 401-419, 1980a.
- MEDEIROS, A.A.; MALAVOLTA, E. Sobre a possibilidade de correção de deficiência minerais no arroz (*Oryza sativa* L., cv. IAC 47 e IAC 435). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"**, Piracicaba, v.37, p. 373-399, 1980b.
- MELLO, J.W.V. de. **Dinâmica de fósforo, ferro e manganês e disponibilidade de fósforo para arroz em solos inundados**. Viçosa: UFV, 1991. 212p. (Tese - Doutor em Solos e Nutrição de plantas).
- MELLO, J.W.V. de; FONTES, M.P.F.; RIBEIRO, A.C.; ALVAREZ V., V.H. Inundação e calagem em solos de várzeas: I. Alterações em pH, Eh e teores de Fe^{2+} e Mn^{2+} em solução. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.3, p.309-317, 1992.
- MORAES, J.F.V. Efeitos da inundação do solo. I. Influência sobre o pH, o potencial de óxido redução e a disponibilidade do fósforo no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 8, p. 93-101, 1973a.
- MORAES, J.F.V. Efeitos da inundação do solo. II. Influência sobre a absorção de nutrientes e o crescimento do arroz (*Oryza sativa* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 8, p. 103-108, 1973b.
- MORAES, J.F.V. Solos inundados. In: CURSO DE PRODUÇÃO DE ARROZ, I, Goiânia, 1984. Goiânia: CNPAF, 1984. 39p. (Apostila).
- MORAES, J.F.V.; FREIRE, C.J.S. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 9, p. 35-43, 1974.

- MORAES, J.F.V.; FREIRE, C.J. da S.; SILVA, E.C. da. Transformações do nitrogênio em dois solos submetidos a inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, v. 10, p. 25-30, 1975.
- MORAES, J.F.V.; DYNIA, J.F. Alterações nas características químicas e físico - químicas de um solo gley pouco húmico sob inundação e após a drenagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 223-235, fev. 1992.
- MORTVEDT, J.J.; TERMAN, G.L. Nutrient effectiveness in relation to rates applied for pot experiments. II. Phosphorus Sources. **Soil Science Society American Journal**, Madison v. 42, p. 302-306, 1978.
- MOTA, F.S. da. A “revolução verde” e o consumo de alimentos no Brasil no ano 2.000. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 45, n. 402, p. 13-14, mai./jun. 1992.
- OLIVEIRA, A.B. de. Diagnóstico da cultura do arroz no Rio de Janeiro e Espírito Santo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3, Goiânia, 1991. **Anais... Goiânia: EMBRAPA/CNPAF**, 1991. p. 66-81.
- OLIVEIRA, C. de.; VELLOSO, A.C.X.; LEAL, J.R. Processos redox em glei húmico do Estado do Rio de Janeiro: I. Variações eletroquímicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.1, p.17-22, 1993.
- PAULA, M.B. de.; CARVALHO, J.G. de.; SOARES, A.A.; NOGUEIRA, F.D. Avaliação da fertilidade de um solo de várzea (Glei Húmico) para a cultura do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 571-577, abr. 1990.
- PEREIRA, J.P. Aveia forrageira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 65, p. 59-65, maio 1980.
- PEREIRA, R.P.; OLIVEIRA, A.B. de.; AMORIM NETO, S. Ocorrência de “Bicheira do Arroz” (*Oryzophagus oryzae*) no Estado do Rio de Janeiro. Niterói: PESAGRO - RIO, 1979. 3p. (Comunicado Técnico, 52).
- PINTO, J.M.; FERREIRA, P.A.; BERNARDO, S.; CAIXETA, T.J.; CONDÉ, A.R.; MONTEIRO, M.A.R. Efeito de diferentes regimes hídricos no solo sobre a produção e componentes da produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 33, n. 189, p. 380-394, 1986.
- PONNAMPERUMA, F.N. Limitaciones de microelementos em suelos acidos arroceros tropicales. In: BORNEMISZA, E.; ALVARENGA, A. **Manejo de suelos em la America Tropical**. Raleigh, 1974. 582p. p.336-354.
- RAIJ, B. Van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 142p.

- REGINA, S.M. Produção de hortaliças em várzeas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE VÁRZEAS, I, Jaboticabal, 1984. *Anais...* Jaboticabal: FCAV, 1986. p. 177-189.
- ROSA, J.A. Níveis de drenagem para a cultura do feijoeiro em várzeas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n.8, p. 947-954, ago. 1993.
- ROSOLEM, C.A. *Nutrição e adubação do feijoeiro*. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93p. (Boletim Técnico, 8).
- SANCHEZ, P. A. *Properties and management of soils in the tropics*. New York: J. Wiley, 1976. 618p.
- SILVA, C. C. da. Feijão. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 6, n. 65, p. 50-54, maio 1980.
- SILVEIRA, P.M. da.; FERNANDES, B.; FERREIRA, P.A.; MONNERAT, P.H.; ALVAREZ V., V.H. Produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes manejos da profundidade do lençol freático. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 35, n. 199, p. 307-321, 1988.
- SOARES, A.A. A cultura do arroz nas várzeas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 13, n. 152, p. 36-39, 1988. (Exploração racional de várzeas - II).
- SOUZA, M.A. de. Trigo nas várzeas de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 6, n. 65, p. 49-50, maio 1980.
- SOUZA, M.A. de. Trigo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 13, n. 152, p. 53-54, 1988. (Exploração racional de várzeas - II).
- TEIXEIRA, M.F.N.; CARDOSO, A.C. *Modificações das características químicas de solos inundados*. Belém: FCAP, Serviço de Documentação e Informação, 1991. 38p.
- TERMAN, G.L.; MORTVEDT, J.J. Nutrient effectiveness in relation to rates applied for pot experiments: I. Nitrogen and potassium. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 42, p. 297-302, 1978.
- VAHL, L.C. *Arroz irrigado. Utilização racional dos fertilizantes e da água na cultura do arroz irrigado em solos no Rio Grande do Sul*. Depto. Agrônômico/Aubos Trevo, [19--]. 18p.
- VELOSO, C.A.C.; AMARAL, F. de A.L. do.; BRAGA, J.M.; ALVAREZ V., V.H. Avaliação da fertilidade de quatro solos do vale do Mearim, Maranhão, para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.), cultivar IAC-1246. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 28, n. 160, p. 607-613, 1981.
- VIEIRA, C. *A cultura do feijão*. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1978. 146p.

4 CAPÍTULO 1

LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA A CULTURA DO ARROZ IRRIGADO EM SOLO DE VÁRZEA DA REGIÃO NORTE FLUMINENSE

RESUMO

As limitações nutricionais de um solo orgânico para a cultura do arroz irrigado por inundação, cv. Inca, foram identificadas em casa de vegetação em Lavras (MG), no período de dezembro/94 a junho/95. O material de solo utilizado foi coletado na região Norte Fluminense, região esta responsável por 18,4% da área cultivada com arroz pelo Estado do Rio de Janeiro e, com a utilização das áreas de várzeas, aproximadamente 320.000 ha poderão ser incorporados ao processo produtivo. Os tratamentos constituíram-se de testemunha (solo natural), completo (N, P, K, calcário, S, B, Co, Cu, Mo e Zn), e completo menos um nutriente de cada vez. Os resultados obtidos permitem concluir que a omissão de N e K reduziu a produção de matéria seca pela parte aérea do arroz quando colhido por ocasião da maturação dos grãos em 28 e 24%, respectivamente, em relação ao completo; na ausência de N o acúmulo de nutrientes foi bem menor em relação ao tratamento completo e não foi observada redução na matéria seca (maturação) quando se omitiu o fósforo, calcário, enxofre e os micronutrientes da adubação.

SUMMARY

Were verified in greenhouse, in Lavras (MG) over the period from December, 1994 to June, 1995, nutritional constraints in a organic soil with lowland rice crop, Inca cultivar. The studied soil samples were collected in Northern Fluminense region, which perform around 18,4% of cultivated rice in the Rio de Janeiro State and with somewhat about 320.0000 ha that will be able to be added to the productive process. The treatments consisted of control (natural soil), complete (N, P, K, limestone, S.B, Co, Cu, Mo and Zn) and complete less one by one of the previously related nutrient. At grain maturation time the treatments with absence of N and K have decreased shoot dry matter for 28 and 24%, respectively, when related to the complete treatment; in the absence of N the accumulation of nutrients was lower than in the complete treatment and also it was not observed a decrease of dry matter, in the grain maturation time, even in the absence of phosphorus, limestone, sulfur and micronutrients.

4.1 Introdução

Com a utilização das áreas de várzeas e também pela necessidade de explorá-las intensivamente, torna-se preciso conhecer, entre outras limitações, aquelas relacionadas com as deficiências nutricionais de seus principais tipos de solos (Galvão, Souza e Peres, 1984). Apesar da importância das várzeas, existem poucas informações em termos de capacidade desses solos em suprir nutrientes para as culturas e permitir altas produtividades (Abreu e Lopes, 1987).

Um resumo dos experimentos envolvendo a cultura do arroz irrigado em solos de várzeas, principalmente no Vale do Paraíba (São Paulo) e em Minas Gerais, é apresentado no Quadro 4.

QUADRO 4. Resposta da cultura do arroz à aplicação de macro e micronutrientes e calagem em solos de várzeas do estado de São Paulo e Minas Gerais. Adaptação dos autores.

Nutrientes	Respostas positivas		Sem resposta	
	Nº	%	Nº	%
N (33 experimentos)	23	69,7	10	30,3
Matéria orgânica (g.kg ⁻¹)				
Amplitude		17,6 a 566,0		
Média (g.kg ⁻¹)		69,7		
P (35 experimentos)	22	62,9	13	37,1
Amplitude (mg.kg ⁻¹)		4,00 a 55,00		
Média (mg.kg ⁻¹)		12,46		
K (14 experimentos)	12	85,7	02	14,3
Amplitude (mg.kg ⁻¹)		27,30 a 200,00		
Média (mg.kg ⁻¹)		80,69		
Micronutrientes (03 experimentos) (Fe, Mn, Cu, Zn, B e Mo)	01	33,3	02	66,7
Calagem (10 experimentos)	05	50,0	05	50,0
Ca + Mg (mmolc.dm ⁻³)				
Amplitude		7,0 a 50		
Média (mmolc.dm ⁻³)		27,7		

FONTE: Adaptado de Blanco et al., 1964; Leite, Gargantini e Hungria, 1970; Leite et al. 1970; Novais et al. 1972; Pereira, 1985; Paula et al., 1990; Guilherme, 1990; Mesquita, 1993; Bastos, 1993.

Por este quadro observa-se que entre os macronutrientes, o nitrogênio, fósforo e potássio são os mais estudados e os que mais têm limitado a produção do arroz em várzeas. Houve respostas ao nitrogênio em cerca de 70% dos experimentos, 63% a fósforo e 86% ao potássio.

Com relação ao nitrogênio, estas respostas ocorreram mesmo com o teor médio de matéria orgânica de $69,7 \text{ g.kg}^{-1}$; valor considerado alto de acordo com a Comissão... (1989). Abreu e Lopes (1987), ao estudarem as deficiências de macronutrientes em dois solos Glei Húmico, de Uberaba (MG) e Careaçú (MG) e um solo Orgânico de Uberaba (MG), concluíram que o teor de matéria orgânica é um parâmetro inadequado para a previsão de resposta à adubação nitrogenada nesses solos e, para Paula et al. (1990), o teor de matéria orgânica também não se mostrou bom indicador da disponibilidade de N para a cultura do arroz em solo Glei Húmico de Lambarí (MG). Paula et al. (1991b) também observaram que o N aumentou significativamente a produção em solos de várzea, sendo observadas respostas lineares no glei pouco húmico e no orgânico, com aumentos de 24 e 37%, respectivamente.

Com relação ao fósforo e ao potássio os resultados médios também foram considerados altos, mas mesmo assim ocorreram respostas a estes nutrientes. Blanco et al. (1964), ao avaliarem a fertilidade de alguns solos de várzeas do Vale do Paraíba, observaram que, de maneira geral, os níveis de fertilidade estabelecido para solos bem drenados, não podem ser aplicados àqueles de má drenagem, especialmente aos orgânicos, por serem pouco indicativos. Avaliando a disponibilidade de fósforo em solos de várzea do Estado de Minas Gerais, Motta (1988), recomenda o método da Resina de Troca Iônica (RTI), que foi o método que melhor avaliou o fósforo disponível nos solos estudados. Mello (1991), também observou que o nível crítico de fósforo no solo pelo extrator de Mehlich não correlacionou bem com as características dos solos que exprimem a capacidade de tampão de fosfatos, para a cultura do arroz em solos inundados, o que também já havia sido observado por Novais et al. (1972), ou seja, a eficiência de um extrator para determinar realmente o fósforo “disponível” irá depender das formas de adsorção deste elemento predominante no solo. No caso do potássio, as respostas a este nutriente

ocorreram mesmo com o teor médio alto, conforme já havia sido observado por Abreu e Lopes (1987), em solo Glei Húmico e Orgânico.

Para os micronutrientes os dados experimentais obtidos são poucos, o que não permite uma análise mais apurada de seus efeitos na nutrição mineral do arroz, em solos de várzeas. Entre os micronutrientes, Paula et al. (1990), citam que as omissões de Zn e Cu contribuíram para reduzir a produção de arroz em solo Glei Húmico. Ao avaliarem as deficiências de micronutrientes em várzeas, Abreu, Lopes e Andrade (1987), sugerem estudos mais detalhados sobre métodos de extração, correlação e calibração destes nutrientes para esta situação específica de solos. Corá (1991), avaliando a disponibilidade de cobre, zinco e boro em solos de várzea do Estado de Minas Gerais, observou que o extrator de Mehlich foi o mais adequado, notadamente no caso do boro. Estes dados foram confirmados por Paula (1995), que concluiu ser possível a substituição do método tradicional pelo Mehlich 1, na avaliação do B disponível. Para Paula et al. (1991a), este extrator, (Mehlich 1), juntamente com o HCl 0,1N foram também eficientes na avaliação do Zn disponível em solos de várzeas.

Com relação à calagem, dos dez experimentos conduzidos, 50% mostraram respostas positivas e 50% mostraram-se sem respostas. Os estudos envolvendo calagem em solos cultivados com arroz irrigado por inundação ainda não são conclusivos, em função da elevação do pH nos solos inundados, o que se denominou “auto-calagem”. Guilherme (1990), estudando a calagem e inundação em solos de várzea, concluiu que nestes solos, principalmente nos que apresentam altos teores de matéria orgânica e baixos teores de ferro, a simples inundação do solo não substitui a calagem em termos de correção da acidez. Entretanto, Pereira (1985) observou diversidade de resposta à calagem, aumentando a produção de matéria seca do trigo e diminuindo a do arroz inundado, quando em cultivo seqüencial. Segundo este autor, isto indica que outras

avaliações deverão ser realizadas, para a sua adoção ou não em solos de várzeas. Dentre os métodos de recomendação de calagem, para solos de várzeas, Regitano (1987) sugere o método baseado no pH SMP, tendo sido o que mais se aproximou das quantidades determinadas por incubação para elevar os valores de pH a 5,5 e 6,0.

Por esses resultados verifica-se a variabilidade das características químicas que interferem na obtenção de maiores produtividades nas várzeas, sugerindo estudos específicos para cada tipo de solo que viabilizem sua utilização.

Para Paula et al. (1990), uma das maneiras de se avaliar as deficiências nutricionais está no uso da técnica do elemento faltante, que constitui o primeiro estágio de avaliação da fertilidade do solo.

O presente experimento teve por objetivo verificar as deficiências nutricionais (macro e micronutrientes) para a cultura do arroz irrigado, permitindo, assim, a avaliação da fertilidade de um solo orgânico.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi instalado na casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (DAG/UFLA), em Lavras (MG), em vasos com 5 kg de solo, utilizando-se a técnica da diagnose por subtração (Sanchez, 1976).

Lavras está situada na zona Sul de Minas Gerais, a uma altitude média de 900 m, com as seguintes coordenadas geográficas: 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste, apresentando uma temperatura média anual de 19,3°C e precipitação anual em torno de 1490 mm (citado por Vilela, Neto e Fraga, 1978). Analisando os registros de temperatura e precipitação

durante um período de 18 anos em Lavras - MG, Vilela e Ramalho (1979) encontraram a média das mínimas de 14,66°C e a temperatura média das máximas de 26°C, com cerca de 66% da quantidade de chuva ocorrendo no período de novembro a fevereiro, assim como as maiores temperaturas médias mensais.

Foi utilizado um solo orgânico (Curi, N.^{*} Informação Pessoal) de Macaé - RJ, sendo as amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm. As amostras coletadas foram secas ao ar, passadas em peneira com malha de 5 mm de abertura e foram retiradas subamostras para caracterização física e química. As características determinadas são: pH (4,10); P (43 mg.dm⁻³); K (117 mg. dm⁻³); Ca (27 mmolc.dm⁻³); Mg (16 mmolc.dm⁻³); Al (27 mmolc.dm⁻³); Na (1,0 mmolc .dm⁻³); H + Al (186 mmolc . dm⁻³); m (36%); V (20%); MO (21,30%); S (154,54 mg.dm⁻³); B (0,20 mg.dm⁻³); Cu (1,59 mg.dm⁻³) ; Fe (357,39 mg.dm⁻³); Zn (4,34 mg.dm⁻³); Mn (26,93 mg.dm⁻³); Argila (480 g . kg⁻¹); Areia (80 g . kg⁻¹); Silte (440 g.kg⁻¹); dp (1,78 g.cm⁻³) e ds (0,56 g.cm⁻³). Na caracterização química foram determinados o pH em H₂O, Ca, Mg, Al, P e K conforme Vettori (1969) modificado por EMBRAPA (1979), onde Ca, Mg e Al foram extraídos pelo KCl 1N, P e K pelo HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025 N (extrator Mehlich 1). A acidez potencial (H + Al) extraída com solução de acetato de cálcio 1N a pH 7,0 e carbono orgânico conforme Raij et al. (1987). Para os micronutrientes, o B foi extraído pelo método da água quente e determinado no extrato de acordo com o método de curcumina descrito por Jackson (1970). O Fe, Mn, Cu e Zn foram determinados no extrato de Mehlich 1 por espectrofotometria de absorção atômica e os teores de SO₄²⁻ de acordo com Blanchar, Rehm e Caldwell (1965).

* Curi, Nilton. É doutorado em Agronomia, e atualmente trabalha no Departamento de Ciências do Solo da UFLA

Os tratamentos consistiram de testemunha (solo natural), completo (N, P, K, calagem, S, B, Co, Cu, Mo e Zn) e completo menos um nutriente de cada vez, totalizando doze tratamentos. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Para a adubação de plantio seguiu-se recomendação de Malavolta e Muraoka (1985) e El-Husny (1992), tendo sido feitas algumas adaptações (Quadro 5). O fósforo e o calcário foram previamente incorporados ao solo (30 dias), sendo o calcário aplicado por ocasião do enchimento dos vasos, e o fósforo sete dias após. Os demais nutrientes foram aplicados via solução nutritiva, após o estabelecimento das plântulas e desbaste. Na calagem utilizou-se calcário calcinado (40% de CaO, 15% de MgO e PRNT de 92%), com dose (5,4 t/ha) determinada pelo método de neutralização do alumínio. A umidade do solo foi mantida a 80%

QUADRO 5. Doses e fontes de nutrientes aplicados em material de solo orgânico (5 kg) proveniente do município de Macaé - RJ⁽¹⁾.

Nutriente	mg . kg ⁻¹ de solo	Fonte
	Adubação de plantio	
N	200	Uréia - CO (NH ₂) ₂
P	111	Ácido fosfórico - H ₃ PO ₄ (85%)
K	200	Cloreto de potássio - KCl
S	36	Sulfato de potássio - K ₂ SO ₄
		Sulfato de amônio - (NH ₄) ₂ SO ₄
B	0,5	Ácido bórico - H ₃ BO ₃
Cu	1,5	Cloreto cuproso - Cu Cl
Mo	0,1	Ácido molibdico - MoO ₃ (85%)
Zn	2,5	Cloreto de zinco - Zn Cl ₂
Co	7,6 . 10 ⁻⁵	Cloreto de cobalto - CoCl ₂ - 6H ₂ O
	Adubação de cobertura	
N	50	Uréia - CO (NH ₂) ₂
K	50	Cloreto de potássio - KCl

⁽¹⁾ Nos tratamentos a omissão de um nutriente implicou na completa ausência desse na adubação.

do volume total de poros, utilizando-se água desmineralizada, durante 15 dias após o desbaste e, a partir daí, o solo foi saturado, mantendo-se uma lâmina d'água de $4 \pm 0,5$ cm. A planta teste foi o arroz, cv. Inca, sendo semeadas dez sementes por vaso, em 27/12/94. Após o desbaste foram conduzidas três plantas por vaso, sendo uma colhida por ocasião da floração e as demais levadas até a maturação dos grãos. Na colheita as plantas foram cortadas rente ao solo e a parte aérea levada a secar em estufa a 60°C até peso constante.

Neste trabalho, foram feitas análises das características obtidas na maturação do grão: número de perfilhos e de panículas/plantas, altura de planta (cm), matéria seca da parte aérea (g) e quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea. As médias dos tratamentos foram comparadas, utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5%, conforme Pimentel Gomes (1984). As amostras da parte aérea foram submetidas à digestão nítrico-perclórica em bloco digestor. No extrato resultante, determinaram-se os teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; o de K por fotometria de chama; o de P por colorimetria; o de S por turbidimetria (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989) e o de N pelo método micro Kjeldahl. Para determinação do boro, as amostras foram submetidas à digestão por via seca (incineração), quantificando-se posteriormente o seu conteúdo através da técnica da curcumina.

4.3 Resultados e discussão

Com este experimento esperava-se quantificar o efeito dos diferentes tratamentos na produção de grãos. Houve grande chochamento de grãos, que foi atribuído à elevada temperatura observada na diferenciação do primórdio floral, obtendo-se temperatura superior à

42°C em três dias seguidos, e por período superior a duas horas. Segundo Andrade (1991), nesta fase temperaturas superiores à 38°C são consideradas prejudiciais. Como não foi possível a colheita dos grãos, determinou-se a matéria seca total da parte aérea. Para Paula et al. (1990), através dos resultados de produção de matéria seca da parte aérea tem-se uma indicação do fornecimento de nutrientes pelo solo, quais os elementos deficientes e a importância relativa dessa deficiência.

Pelos dados apresentados no Quadro 6, verifica-se que os maiores decréscimos de produção de matéria seca da parte aérea se deram na testemunha (38%), seguida da omissão do N (28%) e do K (24%). Os demais tratamentos utilizados não diferiram significativamente do completo. Na omissão do N, esta redução foi devida, em parte, ao menor número de perfilhos/planta e, na omissão do K, a menor altura de plantas. Apesar da queda observada, pesquisadores do IRAT, citado por Sanchez, (1976), consideram como deficiência séria a queda da produção a 40% ou menos do tratamento completo, quando utilizada a técnica do elemento faltante. Segundo Peters e Calvert (1982), o nitrogênio é um dos principais nutrientes exigidos pela cultura do arroz, principalmente com a introdução das cultivares modernas, que foram desenvolvidas para responderem economicamente a este nutriente. Os resultados obtidos concordam em parte com os observados por outros autores, em que dentre os macronutrientes, o nitrogênio, o fósforo e potássio são os que mais têm limitado a produção do arroz em várzea. Blanco et al (1964), avaliando a fertilidade de alguns solos de várzea (séries Corruçá, Avareí e Brejão) do Vale do Paraíba para a cultura do arroz, encontraram respostas na produção de grãos bastante pronunciada ao N, seguido do P e do K. Resultados semelhantes também foram obtidos por Paula et al. (1990) em solo Gleí Húmico de Minas Gerais, em que omissões de N, P e K

QUADRO 6. Número de perfilhos e de panículas por planta, altura de planta (cm) e acúmulo de matéria seca (g/2 plantas) na parte aérea do arroz, colhido na maturação dos grãos, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996.

Tratamentos	Número Perfilhos	Número Panículas	Altura Planta	Matéria Seca	Matéria seca relativa ⁽¹⁾
Completo	26,88a	24,50ab	85,80ab	172,01a	100
Testemunha	22,88ab	21,13ab	76,40 c	106,59 d	62
-N	18,50 b	17,63 b	82,00abc	123,43 cd	72
-P	25,13ab	23,75ab	88,60a	173,35a	101
-K	27,75a	26,00a	80,50 bc	131,16 bcd	76
-S	23,38ab	22,38ab	87,00ab	157,83abc	92
-Calcário	28,88a	27,75a	83,45abc	153,58abc	89
-B	24,88ab	22,75ab	86,45ab	155,30abc	90
-Cu	26,25a	24,13ab	88,28a	167,89ab	98
-Zn	28,13a	26,13a	88,70a	177,51a	103
-Mo	27,38a	25,60a	88,20a	177,42a	103
-Co	27,25a	26,00a	86,23ab	176,25a	102
CV (%)	12,14	11,84	3,35	9,64	-

⁽¹⁾ Considerando-se o acúmulo de matéria seca no tratamento completo igual a 100.

Em cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5%.

provocaram reduções na produção de matéria seca do arroz. Por outro lado, estudando solos de várzea em dez locais da Zona da Mata de Minas Gerais, Novais et al. (1972) observaram ser o fósforo o maior limitante da produção de grãos. Estudando os efeitos do nitrogênio e fósforo na cultura do arroz em solo de várzea, Leite, Gargantini e Hungria (1970) e Leite et al. (1970), observaram em vários locais do Vale do Paraíba, aumentos significativos de produção de grãos tanto pelo nitrogênio como pelo fósforo, sendo que a resposta ao N foi considerada maior. É interessante ainda observar que, a exemplo do obtido em outros trabalhos e já citado anteriormente, a resposta ao N e K neste trabalho também ocorreu com níveis altos revelados pela análise de solo.

Para os micronutrientes os resultados obtidos concordam com aqueles encontrados por Leite et al. (1970), que também não observaram respostas em solos de várzea irrigada no Estado de São Paulo. Segundo estes autores, os solos estudados foram desde os tipicamente orgânicos, como os das séries Brejão e Avareí, até os tipicamente argilosos, como os das séries Dourada e Barro de Telha. Entretanto, Paula et al. (1990) observaram que as omissões de Zn e Cu contribuíram para reduzir a matéria seca do arroz em solo Glei Húmico de Lambarí (MG). Esta ausência de resposta aos micronutrientes se deve aos altos teores iniciais no solo, acima dos níveis críticos, exceto para o B, cujo teor inicial estava abaixo da faixa crítica sugerida por Lopes e Carvalho (1988), ou seja, 0,4 - 0,6 mg.dm⁻³ (água quente). Entretanto, não houve respostas a este micronutriente, nem as plantas mostraram sintomas de deficiência. É provável que a matéria orgânica tenha suprido as exigências da planta, devido ao seu efeito na disponibilidade do nutriente, como observado por Paula (1995).

No Quadro 7 são apresentadas as quantidades de nutrientes acumuladas na parte aérea da planta, por ocasião da maturação dos grãos. Na ausência de N, verifica-se que foi significativamente menor a acumulação dos nutrientes analisados, principalmente em relação ao N, K, Mg, Mn, Zn e Cu, quando comparado ao tratamento completo, o que também explica a redução na produção de matéria seca pela parte aérea do arroz.

Na omissão do P, não houve diferenças significativas no acúmulo de nutrientes em relação ao completo, inclusive para o zinco. Vários trabalhos na literatura, como os desenvolvidos por Lopez G. e Malavolta (1974) e Fageria e Zimmermann (1979), mostraram que a deficiência de Zn está associada aos altos níveis de P disponíveis no solo, também podendo ser induzida pela aplicação de adubos fosfatados. Observando ainda a relação Zn/P verifica-se que esta foi mais

QUADRO 7. Quantidade de nutrientes na parte aérea do arroz colhido na maturação dos grãos, cv. Inca, em solo orgânico, 1995.
UFLA, Lavras (MG), 1996.

Tratam.	Nutrientes										
	N*	P*	K*	Ca*	Mg*	S*	Mn*	Zn*	Fe*	B**	Cu**
Completo	1715a	385,6a	989a	793abcd	520,6a	435,5cd	25,6a	16,4a	67,7bc	1830ab	1104a
Testemunha	1082bc	236,5b	372c	449e	303,2d	385,8cd	18,6ab	8,4c	58,8bc	1463ab	501c
-N	1019c	325,8ab	651bc	551de	316,0cd	362,6d	16,8b	9,3bc	50,3c	1233b	655bc
-P	1619ab	289,4ab	1064a	851abc	497,5 ab	505,9cd	22,8ab	13,5ab	69,8bc	2370a	1008a
-K	1537abc	354,8a	371c	602cde	528,1a	534,0cd	18,8ab	12,2abc	60,3bc	1461ab	818ab
-S	1674a	413,7a	973a	772bcd	504,8ab	495,8cd	22,3ab	13,5ab	83,5b	1580ab	938ab
-Calcário	1553abc	328,0ab	913ab	681cde	361,5bcd	568,0bc	23,6ab	13,1abc	116,5a	1817ab	859ab
-B	1522abc	383,9a	1059a	840abc	552,8 a	529,2cd	26,2a	11,1bc	64,7bc	1033b	915ab
-Cu	1858a	350,7ab	884ab	939ab	460,4abc	761,9a	19,5ab	8,4c	50,33c	1761ab	967a
-Zn	1914a	361,7a	817ab	832abc	434,1abcd	796,9a	20,2ab	9,4bc	66,7bc	1348ab	1046a
-Mo	1731a	354,3a	818ab	813abc	492,7ab	769,0a	19,7ab	10,3bc	66,3bc	1462ab	1040a
-Co	1756a	342,2ab	934ab	1030a	502,8ab	740,8ab	20,4ab	10,3bc	64,2bc	1715ab	989a
CV (%)	14,92	7,48	13,87	13,15	12,95	13,57	16,49	16,75	18,18	27,89	13,67

Valores seguidos pelas mesmas letras em cada coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

* em mg/2 plantas

** em µg/2 plantas

ampla no completo e na omissão do P, sendo os valores obtidos praticamente iguais, o mesmo não ocorrendo nos demais tratamentos utilizados, em que esta relação foi mais estreita.

No tratamento em que se omitiu o K, a acumulação de nutrientes foi significativamente igual ao completo, exceto na quantidade de K acumulado, quando foi significativamente menor. As relações K/Ca e K/Mg foram 2,0 e 2,7 vezes menores quando comparadas ao tratamento completo, respectivamente.

Deve ser ainda ressaltada a importância do calcário como fonte principalmente de Mg nesse solo, já que com sua omissão da adubação o acúmulo de Mg na parte aérea do arroz foi significativamente inferior ao do observado no completo. Deve-se ressaltar também que a maior parte do Mg na planta de arroz é exportada pelo grão.

Nos tratamentos em que se omitiram os micronutrientes só foram observados resultados significativos no acúmulo de Zn, sendo que na omissão dos mesmos diminuiu-se este acúmulo em relação ao completo.

4.4 Conclusões

1. A omissão de N e K provocou redução mais acentuada na produção de matéria seca na parte aérea do arroz, indicando que o uso de fertilizantes contendo estes nutrientes ocupa lugar de destaque para o aproveitamento mais eficiente desses solos.

2. Na ausência de N, o acúmulo dos nutrientes N, K, Mg, Mn, Zn e Cu foi menor em relação ao tratamento completo.

3. No solo avaliado, a matéria seca da parte aérea não foi influenciada pela omissão do P, S, B, Zn, Cu, Mo e Co sugerindo que, pelo menos a médio prazo, a

disponibilidade dos mesmos no solo utilizado foi adequada. Do mesmo modo, não houve redução de produção de matéria seca pela omissão da calagem.

4.5 Referências Bibliográficas

- ABREU, C.A. de; LOPES, A.S. Identificação de deficiências de macronutrientes em três solos de várzeas de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n.11/12, p.1215-1224, 1987.
- ABREU, C.A. de; LOPES, A.S.; ANDRADE, D. de S. Identificação de deficiências de micronutrientes em cinco solos de várzeas da região de cerrados de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n.8, p.833-841, 1987.
- ANDRADE, A.X. A produção do arroz e a influência dos fatores climáticos. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.44, n.397, p.3-4, 1991.
- BASTOS, F.J. de M. **Efeito do ferro, gesso agrícola e calcário na produção de arroz (*Oryza sativa* L.) em solos de várzea inundados**. Lavras: UFLA, 1993. 90p. (Dissertação - Mestre em Solos e Nutrição de Plantas).
- BLANCHAR, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. **Soil Science Society American Proceeding**, Madison, v. 29, n.1, p.71-72, 1965.
- BLANCO, H.G.; WUTKE, A.C.P.; AMARAL, A.Z. do; IGUE, K.; VERDADE, F.C. Fertilidade de alguns solos de várzea do Vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, v. 23, n.6, p.55-62, 1964.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 4ª Aproximação**. Lavras, 1989. 159p.
- CORÁ, J.E. **Avaliação da disponibilidade de boro, cobre e zinco em solos de várzea do Estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1991. 135p. (Dissertação - Mestre em Solos e Nutrição de Plantas).
- EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1992. 151p. (Dissertação - Mestre em Fitotecnia).

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979. n.p.
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz-de-sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n.2, p.88-92, 1979.
- GALRÃO, E.Z.; SOUZA, D.M.G. de; PERES, J.R.R. Caracterização de deficiências nutricionais em solos de várzeas da região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n.9, p.1091-1101, 1984.
- GUILHERME, L.R.G. **Calagem e inundação em solos de várzeas cultivadas com arroz: alterações em pH, nitrogênio, fósforo e enxofre**. Lavras: UFLA, 1990. 112p. (Dissertação - Mestre em Solos e Nutrição de Plantas).
- JACKSON, M.L. **Análise química de suelos**. 2. ed. Barcelona: Omega, 1970. 662p.
- LEITE, N.; GARGANTINI, H.; HUNGRIA, L.S. Efeitos das adubações nitrogenadas e fosfatada em cultura de arroz, em condições de várzea irrigada. **Bragantia**, Campinas, v. 29, n.11, p. 115-125, 1970.
- LEITE, N.; GARGANTINI, H.; HUNGRIA, L.S.; IGUE, T. Efeitos do nitrogênio, fósforo, calcário e micronutrientes em cultura de arroz irrigada no Vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, v. 29, n.25, p. 273-285, 1970.
- LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. de. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.133-178.
- LOPEZ G, O.E.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre as relações entre zinco e fósforo na nutrição da planta. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"**, Piracicaba, v. 31, p.467-483, 1974.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201p.
- MALAVOLTA, E.; MURAOKA. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo; métodos de vegetação - diagnose por subtração, em vasos**. Piracicaba: CENA-USP, 1985. 7p. (xerox).
- MELLO, J.W.V. de. **Dinâmica de fósforo, ferro e manganês e disponibilidade de fósforo para arroz em solos inundados**. Viçosa: UFV, 1991. 212p. (Tese - Doutor em Solos e Nutrição de Plantas).

- MESQUITA, H.A. de. **Efeito do gesso e do calcário em solo aluvial cultivado com arroz (*Oryza sativa* L.)**. Lavras: UFLA, 1993. 81p. (Dissertação - Mestre em Fitotecnia).
- MOTTA, A.C.V. **Avaliação da disponibilidade de fósforo em solos de várzea do Estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1988. 95p. (Dissertação - Mestre em Solos e Nutrição de Plantas).
- NOVAIS, R.F. de.; BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V.; FAJARDO, C.M.; AMARAL, F.A.L. **Níveis ótimos de NPK na adubação de arroz irrigado em solos de várzea da Zona da Mata, Minas Gerais**. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 19, n.101, p.63-77, 1972.
- PAULA, M.B.de.; CARVALHO, J.G.de.; SOARES, A.A.; NOGUEIRA, F.D. **Avaliação da fertilidade de um solo de várzea (Glei Húmico) para a cultura do arroz**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 25, n.4, p. 571-577, 1990.
- PAULA, M.B.de.; CARVALHO, J.G.de.; NOGUEIRA, F.D.; MESQUITA, H.A. **Curva de resposta e avaliação de extratores para zinco disponível em solos hidromórficos e aluviais sob arroz inundado**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.49-55, 1991a.
- PAULA, M.B. de.; CARVALHO, J.G. de.; NOGUEIRA, F.D.; SOARES, A.A. **Curva de resposta e avaliação do nitrogênio em solos de várzeas para o arroz inundado**. In: **REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ**, 19, 1991. *Anais ...* Florianópolis: EMPASC, 1991b. 350p.
- PAULA, M.B.de. **Eficiência de extratores e níveis críticos de boro disponível em amostras de solos aluviais e hidromórficos sob a cultura do arroz inundado**. Lavras: UFLA, 1995. 69p. (Tese - Doutor em Fitotecnia).
- PEREIRA, L.F. **Efeitos da aplicação de calcário, fósforo e zinco no crescimento e nutrição do trigo (*Triticum aestivum* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.) em dois solos de várzeas do Estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1985. 135p. (Dissertação - Mestre em Solos e Nutrição de Plantas).
- PETERS, G.A.; CALVERT, H.E. **The *Azolla-Anabaena* symbiosis**. In: RAO, N.S.S. ed. **Advances in agricultural microbiology**. New Delhi: Oxford & IBH, 1982. p.191-218.
- PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 160p.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: CARGILL, 1987. 170p.

- REGITANO, J.B. **Calagem em solos de várzeas de Minas Gerais: critérios de recomendação com base em parâmetros de acidez e/ou propriedades químicas dos solos.** Lavras: UFLA, 1987. 116p. (Dissertação - Mestre em Fertilidade do Solo).
- SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soils in the tropics.** New York: J. Wiley, 1976. 618p.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura - Equipe Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
- VILELA, E.de.A.; NETO, P.C.; FRAGA, A.C. **Comportamento de algumas variedades de trigo em Lavras, Minas Gerais, sob irrigação por aspersão.** **Ciência e Prática**, Lavras, v.2, n.2, p.193-201, jul./dez. 1978.
- VILELA, E.de.A.; RAMALHO, M.A.P. **Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais.** **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.1, p.71-79, jan./jun. 1979.

5 CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO DE DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS EM SOLO DE VÁRZEA DA REGIÃO NORTE FLUMINENSE PARA O FEIJOEIRO, EM SUCESSÃO AO ARROZ.

I. EFEITO SOBRE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

RESUMO

As deficiências nutricionais de um solo orgânico para a cultura do feijão, cv. Ouro Negro, cultivado em sucessão ao arroz foram avaliadas, em trabalho conduzido em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da UFLA, em Lavras - MG. Os tratamentos aplicados para a cultura do arroz foram: testemunha (solo natural), completo (N, P, K, calcário, S, B, Co, Cu, Mo e Zn) e completo menos um nutriente de cada vez. Após a colheita do arroz o solo permaneceu nos vasos até o plantio do feijoeiro, sendo efetuada uma adubação complementar para o N, P e K. Os resultados obtidos permitem concluir que a omissão de N e K reduziu o acúmulo de matéria seca da parte aérea do feijoeiro em 62 e 69%, respectivamente, em relação ao completo; a resposta ao N e K pelo feijoeiro também se deve à grande exigência do arroz em relação a estes nutrientes, demonstrando seu pequeno efeito residual para culturas em sucessão; a cultura do feijoeiro pode ter sido beneficiada pelo aumento do fósforo disponível em função da inundação durante o cultivo do arroz; em cultivo sucessivo sugere-se a aplicação do K por ocasião

da semeadura e a do N mais tardia, antes do início da floração; não se observou reação do feijoeiro à omissão de enxofre, calcário e micronutrientes.

SUMMARY

The nutritional deficiencies of beans crop, Ouro Negro cultivar, cultivated in an organic soil in rotation with rice were evaluated in a greenhouse experiment at the Department of Agriculture of the Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais State. The rice studied treatments were: control (natural soil), complete (N, P, K, limestone, S, B, Co, Cu, Mo and Zn) and complete less one by one of the related nutrients. After the rice harvest, it was saved the soil in same pots where was planted with beans adding N, P and K according to recommendations. The treatment considering the absence of both N and K contributed to reduce the accumulation of shoot dry matter by beans in 62 and 69%, respectively, when related to the complete treatment; the response to N and K by beans is also due to the high requirement of the rice related to these nutrients, showing its small residual effect for crops in rotation; probably the beans have been benefited by the increase of the availability of phosphorus in consequence of flooding during the rice cultivation; in crop rotation K fertilization is suggested by sowing time and N fertilization should be later, before blooming; there was not response, related to beans shoot dry matter, when in absence of sulfur, limestone and micronutrients.

5.1 Introdução

O uso intensivo e/ou o manejo inadequado podem depauperar os solos ao longo dos tempos, ocasionando a queda da produtividade agropecuária (Tanaka, 1981). Segundo Marchezan (1995), os solos da Depressão Central do Rio Grande do Sul há muitos anos foram explorados com a monocultura do arroz, sendo observado o aumento da incidência de doenças (destacando-se a brusone), de pragas (bicheira da raiz e o percevejo marrom e, ainda não percebido por muitos produtores, grandes áreas infestadas por nematóides) e plantas daninhas (principalmente o arroz vermelho).

Para a manutenção do cultivo do arroz nessas áreas é necessário baixar e manter em níveis de convivência as doenças, as plantas daninhas e a população de pragas. Um dos sistemas mais eficiente, não excluído outros, é a rotação de culturas (Marchezan, 1995). Este sistema de rotação poderia ser feito utilizando-se outras culturas no verão, interrompendo a produção de arroz, ou o cultivo de outras espécies no inverno (cultivo em sucessão). Para as condições do Estado do Rio de Janeiro resultados preliminares têm demonstrado a viabilidade da produção de feijão nesta época (inverno), em condições de várzea (Andrade e Souza Filho, 1995).

Tendo em vista estas considerações iniciais, procurou-se caracterizar as principais deficiências nutricionais de um solo de várzea (orgânico) da Região Norte Fluminense para o feijoeiro, em cultivo em sucessão ao arroz, permitindo, assim, a avaliação da sua fertilidade.

5.2 Material e métodos

No desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se a cultura do feijoeiro em cultivo sucessivo ao do arroz, em condições de casa de vegetação em Lavras - MG. Inicialmente, empregando-se a técnica da diagnose por subtração (Sanchez, 1976), instalou-se um experimento com o arroz e, após a colheita, foi instalado novo experimento com a cultura do feijão.

Utilizaram-se materiais de solo (0-20 cm) de várzea pertencente à classe de solo orgânico, coletados na Fazenda Saudade, localizada no município de Macaé, RJ, Região Norte Fluminense. Foi seco ao ar e passado em peneira de 5 mm de abertura de malha para homogeneização, colocado em vasos com 5,0 kg de solo, no qual foi instalado o experimento com arroz (cv. Inca) em 27/12/94. A colheita foi realizada em 07/06/95, e o solo permaneceu nos vasos até a instalação do experimento de feijão, em 09/08/95.

Os tratamentos aplicados à cultura do arroz foram constituídos por: testemunha (solo natural), completo (N, P, K, calagem, S, B, Co, Cu, Mo e Zn) e completo menos um nutriente de cada vez, totalizando 12 tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 repetições.

Para a adubação de plantio do arroz seguiu-se recomendação de Malavolta e Muraoka (1985) e El-Husny (1992), para experimentos em vasos (casa de vegetação), tendo sido feitas algumas adaptações (Quadro 8). O fósforo e o calcário foram previamente incorporados ao solo (30 dias), sendo o calcário aplicado por ocasião do enchimento dos vasos, e o fósforo sete dias após. Os demais nutrientes foram aplicados via solução nutritiva, após o desbaste. Na calagem utilizou-se calcário calcinado (40% CaO, 15% MgO e PRNT de 92%), com dose equivalente a 5,4 t/ha, determinada pelo método da neutralização do alumínio, conforme

recomendação de Andrade, Abreu e Ramalho (1992). A adubação de cobertura foi realizada por ocasião da diferenciação do primórdio floral.

QUADRO 8. Quantidade e fontes de nutrientes utilizados como adubação de plantio e de cobertura nos tratamentos, com o arroz em 1º cultivo¹

Nutriente	mg/ kg de solo	Fonte
Adubação de Plantio		
N	200	Uréia - CO (NH ₂) ₂
P	111	Ácido fosfórico - H ₃ PO ₄ (85%)
K	200	Cloreto de potássio - KCl
S	36	Sulfato de potássio - K ₂ SO ₄
		Sulfato de amônio (NH ₄) ₂ SO ₄
B	0,5	Ácido bórico - H ₃ BO ₃
Cu	1,5	Cloreto Cuproso - CuCl
Mo	0,1	Ácido molibdico - MoO ₃ (85%)
Zn	2,5	Cloreto de zinco - ZnCl ₂
Co	7,6.10 ⁻⁵	Cloreto de Cobalto - CoCl ₂ .6H ₂ O
Adubação de Cobertura		
N	50	Uréia - CO (NH ₂) ₂
K	50	Cloreto de Potássio - KCl

¹ Nos tratamentos, a omissão de um nutriente implicou na completa ausência desse na adubação.

Após o cultivo do arroz foram retiradas amostras de material de solo para análise (Quadro 9). O solo foi retirado dos vasos, individualmente, e cortados com facão, de maneira a seccionar o sistema radicular remanescente do arroz. O solo e as raízes foram devolvidos aos vasos, na tentativa de simular o efeito de uma “gradagem pesada”, que é o sistema comumente usado em condições de campo, em que o intervalo de colheita do arroz e o plantio do feijão é muito estreito. Salienta-se que a parte aérea do arroz não retornou aos vasos. Foi feita correção na adubação de plantio com N, P e K, conforme doses e fontes constantes do Quadro 10. Após essas etapas, instalou-se então o experimento com a cultura do feijoeiro (09/08/95),

QUADRO 9. Análise química da amostra de solo retirada após o cultivo do arroz e antes do cultivo do feijão.¹

Características	Completo	Testem.	- Calc.	- P	- N	- K	- S	- B	- Co	- Cu	- Mo	- Zn
pH em água	4,9 AcE ²	4,7 AcE	4,7 AcE	4,8 AcE	4,9 AcE	5,0 AcM	4,9 AcE	4,9 AcE	4,9 AcE	4,8 AcE	4,9 AcE	4,9 AcE
P (mg/dm ³)	23 A	11 M	21 A	16 M	20 M	22 A	21 A	20 M	21 A	20 M	20 M	21 A
K (mg/dm ³)	28 B	19 B	23 B	30 B	37 B	17 B	27 B	30 B	28 B	28 B	28 B	25 B
Ca (mmolc/dm ³)	48 A	23 M	22 M	39 M	37 M	40 M	41 A	42 A	42 A	42 A	42 A	37 M
Mg (mmolc/dm ³)	3 B	7 M	7 M	14 A	14 A	14 A	12 A	11 A	13 A	9 M	12 A	10 M
Al (mmolc/dm ³)	13 A	20 A	20 A	13 A	12 A	13 A	13 A	13 A	13 A	15 A	15 A	15 A
Na (mmolc/dm ³)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S (mmolc/dm ³)	52 A	30 M	30 M	54 A	52 A	54 A	54 A	54 A	56 A	52 A	55 A	48 M
t (mmolc/dm ³)	65 A	50 M	50 M	67 A	64 A	67 A	67 A	67 A	69 A	67 A	70 A	63 A
T (mmolc/dm ³)	205 A	216 A	183 A	207 A	218 A	220 A	220 A	220 A	209 A	205 A	221 A	201 A
m (%)	20 B	40 M	40 M	19 B	19 B	19 B	19 B	19 B	19 B	22 M	22 M	24 M
V (%)	25 MB	14 MB	16 MB	26 B	24 MB	25 MB	24 MB	24 MB	27 B	25 MB	25 MB	24 MB
Carbono (%)	18,9 A	16,5 A	14,6 A	14,9 A	18,2 A	16,9 A	19,9 A	18,5 A	20,5 A	18,9 A	14,9 A	18,2 A
Mat. Org. (%)	32,6 A	28,4 A	25,2 A	25,7 A	31,4 A	29,1 A	34,3 A	31,9 A	35,3 A	32,6 A	25,7 A	31,4 A
Zinco (mg/dm ³)	4,4	2,2	5,0	4,5	4,4	4,0	5,7	4,8	5,3	4,6	3,7	2,6
Cobre (mg/dm ³)	3,8	3,5	3,8	3,8	3,7	3,5	3,6	3,3	3,4	3,3	3,8	4,0
Ferro (mg/dm ³)	916,0	906,0	951,7	921,0	1002,6	948,7	949,0	1039,2	949,1	863,6	995,7	910,1
Manganês (mg/dm ³)	14,8	17,9	17,2	15,2	16,0	15,2	14,3	16,5	15,5	14,0	15,3	14,4
Enxofre (mg/dm ³)	49,8	33,8	26,6	15,2	33,1	39,5	37,2	47,1	44,4	29,6	48,4	36,0
Boro (mg/dm ³)	0,21	0,24	0,64	0,08	0,61	0,68	0,57	1,29	0,54	0,21	0,05	0,14
H + Al (mmolc/dm ³)	153 A	186 A	153 A	153 A	166 A	166 A	166 A	166 A	153 A	153 A	166 A	153 A

¹ Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do DCS/UFLA

² Avaliação dos níveis realizadas de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 4ª Aproximação, 1989

procurando-se verificar não só o efeito residual dos tratamentos mas também o efeito da omissão dos macro e micronutrientes e da calagem na nutrição da planta, em sistema de cultivo sucessivo. A cultivar de feijão utilizada no experimento foi a Ouro Negro, conforme recomendação de Souza Filho et al. (1991). A semeadura foi feita distribuindo-se cinco sementes (tratadas em solução de hipoclorito de sódio 1%) por vaso, que foram desbastadas para duas plantas/vaso na etapa V₃ em que, segundo Mariot (1989), a primeira folha trifoliolada está aberta em 50% das plantas. Foi também realizada adubação em cobertura com N e K aos 33 dias após a emergência (Quadro 10), não sendo aplicados nos tratamentos testemunha e quando os mesmos foram omitidos na adubação.

QUADRO 10. Quantidade e fontes de nutrientes utilizados como adubação de plantio e de cobertura nos tratamentos, para o feijão em sucessão ao arroz¹

Nutriente	mg/ kg de solo	Fonte
Adubação de Plantio		
N	100	Fosfato de amônio monobásico (NH ₄ H ₂ PO ₄) Uréia - CO(NH ₂) ₂
P	111	Fosfato de cálcio monobásico - Ca (H ₂ PO ₄) ₂ . H ₂ O Fosfato de potássio monobásico - KH ₂ PO ₄
K	100	Cloreto de potássio - KCl
Adubação de Cobertura		
N	50	Uréia - CO (NH ₂) ₂
K	50	Cloreto de Potássio - KCl

¹ A exemplo do ensaio anterior, nos tratamentos em que se omitiu o nitrogênio, o fósforo e o potássio, não houve a aplicação destes nutrientes.

Na irrigação, utilizou-se água desmineralizada, sendo o controle durante o período experimental realizado pelo método da pesagem, mantendo-se a umidade em torno de 80% do VTP, calculado pela equação de Vomocil 1965, citado em Ferreira [19--].

Das duas plantas que permaneceram nos vasos, uma foi colhida por ocasião da floração e a outra levada até à produção de grãos. Como critério de colheita na floração, foi selecionada a primeira planta a emitir flores, com a colheita sendo realizada após sete dias do início de floração.

A parte aérea das plantas foi colocada para secar em estufa a 60°C até peso constante, para determinação da matéria seca.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%, conforme Pimentel Gomes (1984).

5.3 Resultados e discussão

No Quadro 11, encontram-se as médias referentes ao peso da matéria seca de folhas, caules e parte aérea do feijoeiro colhido na floração e ao número de vagens e grãos por planta, número de grãos por vagem e matéria seca de vagens, folhas + ramos + caules, grãos e parte aérea do feijoeiro na maturação.

Produção de Matéria Seca

Nas determinações efetuadas na floração (Quadro 11) verifica-se que os tratamentos testemunha e omissão de calcário foram os que apresentaram menor acúmulo de matéria seca da parte aérea, diferindo significativamente do tratamento completo.

Nas avaliações feitas na maturação observa-se que a omissão de micronutrientes não afetou o acúmulo de matéria seca nas partes analisadas, o mesmo ocorrendo na omissão do

calcário (Quadro 11). No caso da omissão do calcário, verifica-se que os dados obtidos na floração e na maturação são divergentes, em que a sua omissão só afetou a matéria seca na floração. Isto pode estar relacionado, em parte, à maior velocidade de absorção de Ca e Mg no período compreendido entre o final do florescimento e o início de formação das vagens, conforme discutido em revisão feita por Rosolem (1987). Menor quantidade de matéria seca foi obtida na testemunha, independente das partes e épocas analisadas. Quanto aos macronutrientes, somente as omissões de N e K provocaram reduções na matéria seca da planta na maturação em todas partes analisadas, sendo que a matéria seca de grãos e da parte aérea diferiram significativamente do tratamento completo.

Estes resultados diferem, em parte, dos observados por outros pesquisadores, sendo que, além do nitrogênio, o fósforo é o que mais tem limitado a produção do feijoeiro. É oportuno ressaltar que a grande maioria dos trabalhos citados na literatura se referem a cultivos isolados, sendo pouco conduzidos em solos de várzea, o que dificultou a discussão dos dados do presente trabalho.

Os resultados obtidos com a omissão do nitrogênio na floração e na maturação (Quadro 11) também são divergentes, ou seja, na primeira avaliação este nutriente não foi limitante, com valores de matéria seca das partes analisadas não diferindo do completo. Para o feijoeiro, estudos desenvolvidos por Meirelles, Libardi e Reichardt (1980) concluíram que a maior absorção de nitrogênio ocorre aos 45 dias após a semeadura, sendo o solo o maior fornecedor deste nutriente para a planta. Portanto, não havendo teores de nitrogênio disponível, apesar do crescimento inicial normal, houve prejuízos na produção de grãos. Pode-se observar que para o solo em estudo, com alto teor de matéria orgânica, esperava-se mais suprimento de N (Quadro 9), mas tal contribuição não ocorreu.

QUADRO 11. Valores médios de matéria seca de folhas, caules e parte aérea do feijoeiro (g) colhido na floração e ao número de vagens e grãos por planta, número de grãos por vagem e matéria seca (g) de vagens, folhas + ramos + caule, grãos e parte aérea do feijoeiro na maturação, 1995. UFLA, Lavras-MG, 1996 ^{1/}

Tratamentos	Floração			Maturação						
	MS Folha	MS Caule	MS Parte Aérea	Nº Vagens	Nº Grãos	Nº Grãos/Vag.	MS Vagem	MS Fol + Ra + Cau	MS Grãos	MS Parte Aérea
Completo	3,38 a	1,28 a	4,66 a	11,50 ab	49,75 a	4,35 a	4,60 ab	6,87 abc	15,92 a	27,43 a
Testemunha	1,34 c	0,50 d	1,84 c	5,25 c	16,25 b	3,23 bc	0,89 c	2,48 c	3,50 b	6,86 b
-N	3,25 a	1,21 ab	4,46 a	6,75 bc	26,00 b	3,80 abc	1,80 bc	3,20 bc	5,43 b	10,42 b
-P	2,18 abc	0,72 bcd	2,90 abc	14,00 a	65,67 a	4,73 a	6,43 a	9,83 a	18,58 a	34,84 a
-K	2,08 abc	0,85 abcd	2,93 abc	6,50 bc	19,00 b	3,00 c	1,16 c	3,43 bc	3,85 b	8,44 b
-S	2,90 ab	1,12 abc	4,02 ab	14,25 a	62,50 a	4,35 a	5,12 a	6,93 ab	18,07 a	30,17 a
- Calcário	1,71 bc	0,65 cd	2,35 bc	12,00 a	54,00 a	4,48 a	4,63 ab	6,99 ab	18,01 a	29,62 a
-B	3,16 a	1,15 abc	4,31 a	13,75 a	54,50 a	4,00 abc	4,68 ab	7,47 ab	16,04 a	28,18 a
- Cu	2,83 ab	0,99 abcd	3,82 ab	15,75 a	65,25 a	4,18 ab	5,67 a	7,26 ab	19,51 a	32,45 a
-Zn	3,32 a	1,23 ab	4,55 a	12,75 a	57,25 a	4,53 a	4,58 ab	6,51 abc	17,03 a	28,11 a
-Mo	2,95 ab	1,10 abc	4,05 ab	15,25 a	66,75 a	4,43 a	5,40 a	7,04 ab	18,80 a	31,24 a
-Co	3,39 a	1,27 a	4,65 a	13,25 a	56,00 a	4,25 ab	4,53 ab	6,65 abc	17,18 a	28,35 a
CV (%)	20,30	21,65	20,27	17,20	17,14	10,58	28,49	28,61	15,87	19,33

^{1/} Dados obtidos em 1 planta.

Em cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em revisão envolvendo vários tipos de solo de Minas Gerais, Guedes e Junqueira Neto (1978) ressaltaram principalmente os efeitos da adubação fosfatada e nitrogenada, mas o potássio poucas vezes trouxe aumento de produção. Ainda em relação a este nutriente, algumas vezes o seu efeito é depressivo (Vieira, 1978), como constatado por Eira et al. (1974) em solo aluvial do Rio de Janeiro.

Para o fósforo os resultados obtidos são contraditórios aos comumente observados na literatura, sendo este um nutriente que tem proporcionado maiores e mais frequentes respostas em vários tipos de solo (Machado et al., 1979; Carvalho et al., 1995; Delazari, 1981; Berger et al., 1983; Feitosa et al., 1980) e em diferentes manejos da água de irrigação (Silveira e Moreira, 1990). Em condições de solo de várzea, somente foram observados acréscimos na produção de grãos no feijoeiro com a adubação fosfatada, conforme trabalhos conduzidos em solo orgânico (Miyasaka et al., 1966 e Marcarenhas et al., 1967) e em solo aluvial (Eira et al., 1974). No presente estudo, em que o feijoeiro foi cultivado em sequência ao arroz, a planta pode ter sido beneficiada em relação a este nutriente, já que a disponibilidade do fósforo aumenta-se com a inundação, beneficiando o arroz e posteriormente o feijoeiro. Neste caso, conforme revisão de Abreu e Lopes (1988), este aumento é devido principalmente ao aumento da solubilidade de fosfatos e do fator de difusão deste nutriente na solução do solo. Comentam ainda estes autores que a resposta ao fósforo, em solos inundados, não são ainda conclusivas, sendo comum ocorrerem situações bem contrastantes. A análise de solo após o cultivo do arroz acusou teores de P variando de médios a altos (Quadro 9).

Em relação ao potássio, com o qual o mais comum é a ausência de resposta, esta foi encontrada conforme trabalhos desenvolvidos por Dynia e Cunha (1986) em duas amostras de solo do Pantanal Matogrossense e Duette (1988) que observou a necessidade de adubação

potássica para um solo “Brunizen”, na Bahia. É bem conhecido que, dos macronutrientes, o nitrogênio e o potássio são os mais extraídos pela cultura do arroz (Gargatini e Blanco, 1965 e Malavolta et al., 1983). Portanto, a deficiência observada em relação ao feijoeiro pode ser também devido a este fato, já que após o cultivo do arroz os teores de K foram baixos, independente dos tratamentos utilizados (Quadro 9).

Componentes de produção

Para as características número de vagens e de grãos por planta e número de grãos por vagens (Quadro 11) registraram-se menores valores nos tratamentos testemunha e na omissão de nitrogênio e potássio, valores estes que corroboram para o menor acúmulo de matéria seca na parte aérea do feijoeiro. Não foram observadas alterações nestas características com a omissão dos micronutrientes e da calagem.

Com relação ao número de grãos por vagem, exceto nos tratamentos testemunha e omissões de nitrogênio e potássio, os dados obtidos situaram-se dentro do intervalo de 4 a 7 citado por Vilhordo, Burin e Gandolfi (1988).

5.4 Conclusões

1. A omissão de N e K provocou redução na produção de matéria seca nos grãos e na parte aérea do feijoeiro em cultivo sucessivo ao arroz, indicando que a reposição de fertilizantes contendo estes nutrientes é importante no melhor aproveitamento dos solos orgânicos.

2. Maior resposta ao N e K pelo feijoeiro é também devido à grande exigência do arroz por estes nutrientes, demonstrando seu pouco efeito residual para culturas em sucessão. Além desta exigência, deve-se também levar em consideração a remoção da parte aérea do arroz.

3. Para o fósforo, a cultura do feijoeiro pode ter sido beneficiada pelo aumento do fósforo disponível em função da inundação do solo durante o cultivo do arroz e também a baixa absorção deste nutriente pelo arroz.

4. Em cultivo sucessivo, sugere-se a aplicação do potássio por ocasião da semeadura, favorecendo o desenvolvimento inicial do feijoeiro e, quanto ao N, sua aplicação mais tardia, antes do início da floração.

5. Não se observou resposta do feijoeiro, mesmo em cultivo sucessivo, ao enxofre, calcário e micronutrientes.

5.5 Referências bibliográficas

- ABREU, C.A. de; LOPES, A.S. Alterações físico-químicas e químicas dos solos inundados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.152, p.14-21, 1988.
- ANDRADE, M.J.B. de.; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P. **Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Lavras: UFLA, Coordenadoria de Extensão, 1992. 12p. (Circular, 6).
- ANDRADE, M.J.B. de.; SOUZA FILHO, B.F. de. **A cultura do feijão irrigado no Estado do Rio de Janeiro**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1995. 20p. (Documentos, 33).
- BERGER, P.G.; VIEIRA, C.V.; CHAGAS, J.M.; CARDOSO, A.A. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e fosfatada. **Revista Ceres**, Viçosa, v.30, n.169, p.211-223, 1983.

- CARVALHO, A.M. de.; FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P. de.; KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.61-67, 1995.
- DELAZARI, P.C. Rendimento econômico de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da aplicação de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, n.1, p.46-50, 1981.
- DUETE, W.L.C. **Avaliação da fertilidade de quatro solos do recôncavo baiano para cultura do feijão** (*Phaseolus vulgaris* L.). Viçosa: UFV, 1988. 94p. (Dissertação - Mestre em Fitotecnia).
- DYNIA, J.F.; CUNHA, N.G. da. Limitações nutricionais do feijoeiro em solo brunizem avermelhado na região de Corumbá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.11, p.1219-1221, nov. 1986.
- EIRA, P.A. da.; PESSANHA, G.G.; BRITTO, D.P.P. de S.; CARBAJAL, A.R. Adubação mineral de fósforo e potássio na cultura do feijão e verificação do efeito residual. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.9, p.121-124, 1974.
- EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1992. 151p. (Dissertação - Mestre em Fitotecnia)
- FEITOSA, C.T.; RONZELLI JR., P.; ALMEIDA, L.D'A. de.; VEIGA, A.A.; HIROCE, R.; JORGE, J.P.N. Adubação NP para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.3, p.156-159, 1980.
- FERREIRA, M.M. **Física do solo**. Curso de especialização em solos e meio ambiente por tutoria à distância. Lavras: UFLA/FAEPE, [19--]. 63p.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do arroz. **Bragantia**, Campinas, v.24, n.38, p.515-528, set. 1965.
- GUEDES, G.A.A. de.; JUNQUEIRA NETTO, A. Calagem e adubação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, n.46, p.21-23, out. 1978.
- MACHADO, J. dos S.; JUNQUEIRA NETTO, A.; GUEDES, G.A. de A.; REZENDE, P.M. de. Efeitos de fósforo, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em oxissolos. **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.2, p.101-106, jul./dez. 1979.
- MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo; métodos de vegetação - diagnose por subtração, em vasos**. Piracicaba: CENA-USP, 1985. 7p. (xerox).

- MALAVOLTA, E.; RIERA ACOSTA, A.V.; CARNAÚBA, B.A.A. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XXIII. Avaliação do estado nutricional da variedade L-45. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.40, p.921-943, 1983.
- MARCHEZAN, E. Rotação de culturas em áreas de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.48, n.423, p.31, set./out. 1995.
- MARIOT, E.J. Ecofisiologia do arroz. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná**. Londrina, 1989. p.25-41. (Circular, 63).
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T. Respostas do feijoeiro à adubação com N, P e K em solo orgânico de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v.26, p.V-VII (Nota nº 2), jan. 1967.
- MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.2, p.83-88, 1980.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; SCHMIDT, N.C.; LEITE, N. Adubação mineral do feijoeiro. V. Efeitos de N, P, K, S e de uma mistura de micronutrientes, em dois solos do Vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.28, p.307-316, nov. 1966.
- PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 160p.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1987. 93p.
- SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: J. Wiley, 1976. 618p.
- SILVEIRA, P.M. da.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.63-67, 1990.
- SOUZA FILHO, B.F. de.; FERNANDES, G.M.B.; ANDRADE, M.J.B. de.; ARAÚJO, G.A. de A.; VIEIRA, C. **Ouro Negro e Varre Sai: novas cultivares de feijão para o Estado do Rio de Janeiro**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1991. 2p. (Comunicado Técnico, 211).
- TANAKA, R.T. A adubação verde. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.7, n.81, p.62-67, set. 1981.
- VIEIRA, C. **A cultura do feijão**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária. 1978. 146p.

VILHORDO, B.W.; BURIN, M.E.; GANDOLFI, V.H. Morfologia. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.L.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro - fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.87-123.

6 CAPÍTULO III

CARACTERIZAÇÃO DE DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS EM SOLO DE VÁRZEA DA REGIÃO NORTE FLUMINENSE PARA O FEIJOEIRO, EM SUCESSÃO AO ARROZ.

II. NUTRIÇÃO EM MACRO E MICRONUTRIENTES

RESUMO

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da UFLA, Lavras - MG, utilizando a técnica de diagnose por subtração inicialmente na cultura do arroz e, posteriormente, na cultura do feijoeiro em cultivo sucessivo. O material de solo utilizado (orgânico) foi coletado na camada de 0-20 cm na região norte do estado do Rio de Janeiro (Macaé-RJ). A matéria seca obtida para o feijoeiro foi analisada quimicamente para macro e micronutrientes, e os seus teores e acumulações determinados. Os resultados mostram que apesar dos teores de K, Ca, Mg, S, B, Zn e Fe serem inferiores aos níveis críticos considerados, somente a omissão de N e K, juntamente com a testemunha, diferiram significativamente do tratamento completo quanto ao acúmulo de nutrientes, constituindo-se condição básica em cultivos sucessivos nesses solos, para os quais atenção especial também deverá ser dada principalmente ao Ca, Mg, S, B e Zn (médio a longo prazo), pois podem tornar-se limitantes. Foi observado toxidez de Mn no feijoeiro, mas a planta conseguiu recuperar, desenvolvendo-se normalmente; em ordem

decrecente, a extração de macronutrientes foi Ca, N, K, Mg, P e S e, para micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu e B.

SUMMARY

The experiment was carried out in greenhouse of the Department of Agriculture of UFPA, Lavras - MG, by using the technique of diagnosis by subtraction on rice crop and later in bean crop in rotation. An organic soil was used, collected at the 0-20 cm depth in the northern Rio de Janeiro State, located in Macaé county. The dry matter beans plant was chemically analysed for both macro and micronutrients, and their contents and accumulations were determined. The results showed that in spite of the contents of K, Ca, Mg, S, B, Zn and Fe have presented lower to critical levels in tissue, only the treatment related to the absence of N and K and also the control, differed significantly when compared to the complete treatment concerning to the nutrients accumulation, considered a basic conditions in crop rotation in these type of soils; a special attention should be also given to Ca, Mg, S, B and Zn (medium and long term), because they may become limiting; Mn toxicity was observed in the beans plant, which was able to recover itself; in decreasing sequence, macronutrient extraction was Ca, N, K, Mg, P and S and for micronutrients Fe, Mn, Zn, Cu and B.

6.1 Introdução

A incorporação das áreas de várzeas ao processo produtivo deu-se através da introdução das práticas da irrigação e da drenagem nestas áreas, permitindo a obtenção de altas

produtividades para a cultura do arroz. Entretanto, tem-se observado que as áreas de várzeas, após a colheita do arroz, tem sido pouco utilizadas com outras culturas no inverno, as quais induziriam ao uso racional e intensivo (Caixeta, 1988). Não existem muitos resultados experimentais envolvendo a rotação / sucessão do arroz irrigado com culturas de sequeiro em solos de várzea, mas resultados preliminares de um experimento conduzido em Pelotas desde 1985 têm demonstrado que usando adubação e calagem adequadas, a fertilidade do solo aumenta na rotação do arroz irrigado com culturas de sequeiro (Vahl, 1995).

No Rio Grande do Sul a recomendação de adubação para o arroz irrigado é realizada em função de resultados experimentais para a cultura no sistema tradicional de cultivo, ou seja, após o cultivo do arroz a área permanece por dois ou três anos em pousio, com pastagens nativas e, após este período, a área é novamente utilizada para o arroz (Vahl, 1995). O arroz irrigado é uma cultura considerada menos exigente em adubação do que outras, já que com a inundação do solo há um aumento na disponibilidade dos nutrientes do solo (Abreu e Lopes, 1988), o que poderá trazer prejuízos às culturas de sequeiro que forem utilizadas após o seu cultivo.

Torna-se imprescindível, portanto, que estudos sobre a fertilidade de solos de várzea sejam conduzidos, procurando verificar não só o efeito de cultivos sucessivos na produtividade das culturas envolvidas, mas, principalmente, as limitações na nutrição em macro e micronutrientes.

6.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Agricultura da UFLA, em Lavras - MG, usando a técnica da diagnose por subtração, conforme Sanchez (1976). Inicialmente foi utilizada a cultura do arroz e, após a colheita, foi instalado novo experimento com o feijoeiro, em esquema de cultivo sucessivo. Utilizaram-se materiais de solo da camada superficial (0-20 cm) de um solo orgânico, predominante na Fazenda Saudade, município de Macaé - RJ, região Norte Fluminense.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com doze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos aplicados ao arroz foram: testemunha (solo natural), completo (adubado com N, P, K, calagem, S, B, Co, Cu, Mo e Zn) e completo menos um nutriente de cada vez. O material de solo, após seco ao ar e homogeneizado em peneira de 5 mm de malha, foi colocado em vasos com 5,0 kg de solo.

O experimento com o arroz (cv. Inca) foi instalado em 27/12/94, e a colheita realizada em 07/06/95, com o solo permanecendo nos vasos até a instalação do experimento com o feijão. Para a adubação de plantio do arroz seguiu-se recomendação de Malavolta e Muraoka (1985) e El-Husny (1992), tendo sido feitas algumas adaptações. As doses dos nutrientes utilizados para a adubação de plantio, em mg/vaso, nos diversos tratamentos, quando pertinentes foram: 1.000 de N; 555 de P; 1.000 de K; 180 de S; 2,50 de B; 7,50 de Cu; 0,5 de Mo; 12,50 de Zn e $0,38 \cdot 10^{-3}$ de Co. Foi também realizada adubação de cobertura por ocasião da diferenciação do primórdio floral, sendo aplicado, quando pertinentes, as seguintes doses (mg/vaso) : 250 de N e 250 de K. As fontes de nutrientes foram sais p.a.: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, H_3PO_4 (85%), KCl, K_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, H_3BO_3 , CuCl, MoO_3 (85%), ZnCl_2 e $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. O fósforo e o calcário foram

previamente incorporados ao solo (30 dias), sendo o calcário aplicado por ocasião do enchimento dos vasos, e o fósforo sete dias após. Os demais nutrientes foram aplicados via solução nutritiva, após o estabelecimento das plântulas e do desbaste. Utilizou-se calcário calcinado (40% CaO, 15% MgO e PRNT de 92%), com dose equivalente a 5,4 t/ha, determinada pelo método da neutralização do alumínio, conforme recomendação de Andrade, Abreu e Ramalho (1992) para o feijoeiro.

Após o cultivo do arroz foram retiradas amostras de material de solo para análise (Quadro 12). O solo foi retirado individualmente dos vasos, e cortados com facão, de maneira a seccionar o sistema radicular remanescente do arroz. O solo e as raízes foram devolvidos aos vasos, na tentativa de simular o efeito de uma “gradagem pesada”, que é o sistema comumente usado em condições de campo, sendo que o intervalo de colheita do arroz e o plantio do feijão é muito estreito. É oportuno ressaltar que a parte aérea do arroz foi removida, não retornando aos vasos. Foi feita correção na adubação de plantio com as seguintes doses (mg/vaso) e nutrientes, quando pertinente: 500 de N, 555 de P e 500 de K, via solução. Após essas etapas, instalou-se então o experimento com a cultura do feijoeiro (09/08/95), procurando-se verificar não só o efeito residual dos tratamentos mas também o efeito da omissão dos macro e micronutrientes e da calagem na nutrição da planta, em sistema de cultivo sucessivo. A cultivar de feijão utilizada no experimento foi a Ouro Negro, conforme recomendação de Souza Filho et al. (1991). A semeadura foi feita distribuindo-se cinco sementes (tratadas em solução de hipoclorito de sódio 1%) por vaso, que foram desbastadas para duas plantas/vaso na etapa V₃ quando, segundo Mariot (1989), a primeira folha trifoliolada está aberta em 50% das plantas. Foi também realizada adubação em cobertura aos 33 dias após a emergência com 250 mg/vaso de N e 250 mg/vaso de

QUADRO 12. Análise química da amostra de solo retirada após o cultivo do arroz e antes do cultivo do feijão.¹

Características	Completo	Testem.	- Calc.	- P	- N	- K	- S	- B	- Co	- Cu	- Mo	- Zn
pH em água	4,9 AcE ²	4,7 AcE	4,7 AcE	4,8 AcE	4,9 AcE	5,0 AcM	4,9 AcE	4,9 AcE	4,9 AcE	4,8 AcE	4,9 AcE	4,9 AcE
P (mg/dm ³)	23 A	11 M	21 A	16 M	20 M	22 A	21 A	20 M	21 A	20 M	20 M	21 A
K (mg/dm ³)	28 B	19 B	23 B	30 B	37 B	17 B	27 B	30 B	28 B	28 B	28 B	25 B
Ca (mmolc/dm ³)	48 A	23 M	22 M	39 M	37 M	40 M	41 A	42 A	42 A	42 A	42 A	37 M
Mg (mmolc/dm ³)	3 B	7 M	7 M	14 A	14 A	14 A	12 A	11 A	13 A	9 M	12 A	10 M
Al (mmolc/dm ³)	13 A	20 A	20 A	13 A	12 A	13 A	13 A	13 A	13 A	15 A	15 A	15 A
Na (mmolc/dm ³)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S (mmolc/dm ³)	52 A	30 M	30 M	54 A	52 A	54 A	54 A	54 A	56 A	52 A	55 A	48 M
t (mmolc/dm ³)	65 A	50 M	50 M	67 A	64 A	67 A	67 A	67 A	69 A	67 A	70 A	63 A
T (mmolc/dm ³)	205 A	216 A	183 A	207 A	218 A	220 A	220 A	220 A	209 A	205 A	221 A	201 A
m (%)	20 B	40 M	40 M	19 B	19 B	19 B	19 B	19 B	19 B	22 M	22 M	24 M
V (%)	25 MB	14 MB	16 MB	26 B	24 MB	25 MB	24 MB	24 MB	27 B	25 MB	25 MB	24 MB
Carbono (%)	18,9 A	16,5 A	14,6 A	14,9 A	18,2 A	16,9 A	19,9 A	18,5 A	20,5 A	18,9 A	14,9 A	18,2 A
Mat. Org. (%)	32,6 A	28,4 A	25,2 A	25,7 A	31,4 A	29,1 A	34,3 A	31,9 A	35,3 A	32,6 A	25,7 A	31,4 A
Zinco (mg/dm ³)	4,4	2,2	5,0	4,5	4,4	4,0	5,7	4,8	5,3	4,6	3,7	2,6
Cobre (mg/dm ³)	3,8	3,5	3,8	3,8	3,7	3,5	3,6	3,3	3,4	3,3	3,8	4,0
Ferro (mg/dm ³)	916,0	906,0	951,7	921,0	1002,6	948,7	949,0	1039,2	949,1	863,6	995,7	910,1
Manganês (mg/dm ³)	14,8	17,9	17,2	15,2	16,0	15,2	14,3	16,5	15,5	14,0	15,3	14,4
Enxofre (mg/dm ³)	49,8	33,8	26,6	15,2	33,1	39,5	37,2	47,1	44,4	29,6	48,4	36,0
Boro (mg/dm ³)	0,21	0,24	0,64	0,08	0,61	0,68	0,57	1,29	0,54	0,21	0,05	0,14
H + Al (mmolc/dm ³)	153 A	186 A	153 A	153 A	166 A	166 A	166 A	166 A	153 A	153 A	166 A	153 A

¹ Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do DCS/UFLA

² Avaliação dos níveis realizadas de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 4ª Aproximação, 1989

K, exceto nos tratamentos testemunha e quando os mesmos foram omitidos da adubação. As fontes utilizadas foram produtos p.a.: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 e KCl .

Na irrigação foi utilizada água desmineralizada, sendo o controle durante o período experimental realizado pelo método da pesagem, mantendo-se a umidade em torno de 80% do VTP, calculado pela equação de Vomocil 1965, citado em Ferreira (s.d.).

Das duas plantas que permaneceram nos vasos, uma foi colhida por ocasião da floração e a outra levada até a produção de grãos. Como critério de colheita na floração, foi selecionada a primeira planta a emitir flores, com a colheita sendo realizada após sete dias do início de floração.

Após secagem em estufa com circulação de ar a 60°C até peso constante, o material vegetal foi pesado e determinada a matéria seca, apresentado no capítulo anterior. Amostras de material seco foram levadas à digestão nítrico-perclórica para macro e micronutrientes, exceto o N, que foi determinado pelo método micro Kjeldahl, e o B, que foi extraído por via seca (incineração), quantificando-se posteriormente o seu conteúdo através da técnica da curcumina. A determinação no extrato foi feita como se segue: P, colorimetria; K, fotometria de chama; S, turbidimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989). De posse do teor destes no tecido vegetal e na produção da matéria seca, calculou-se a quantidade dos nutrientes acumulada na parte aérea do feijoeiro.

As médias dos teores e quantidades dos macro e micronutrientes foram então comparadas pelo teste de Tukey a 5%, de acordo com Pimentel Gomes (1984).

6.3 Resultados e discussão

Macronutrientes

São poucos os trabalhos desenvolvidos para o estudo da diagnose foliar do feijoeiro, tais como amostragem e níveis críticos dos nutrientes (Rosolem, 1987). Procurou-se, inicialmente, estabelecer os teores dos macronutrientes tidos como adequados na matéria seca do feijoeiro. Pelas informações encontradas na literatura, os níveis propostos por Cobra Netto, Accorsi e Malavolta (1971) foram considerados os mais adequados, tendo estes autores analisado folhas da planta inteira, e os resultados citados a seguir (em g.kg^{-1}): N - 26,1; P - 3,6; K - 44,5; Ca - 40,1; Mg - 8,6 e S = 8,1.

Comparando-se esses teores com os obtidos no presente trabalho para todos os tratamentos (Quadro 13), observa-se que os teores de K, Ca e S na matéria seca da parte aérea do feijoeiro, tanto colhido na floração quanto na maturação dos grãos estão abaixo daqueles considerados como adequados. Para o N, somente na sua omissão da adubação o teor foi considerado como inferior, tanto na floração quanto na maturação; para o fósforo todos os teores obtidos na floração não foram considerados adequados, exceto na testemunha e na omissão de K e, na maturação, somente a sua omissão na adubação reduziu este teor; para o Mg, somente na testemunha e na omissão do K os teores foram adequados, tanto na floração quanto na maturação. Estes dados indicam que os elementos que estão abaixo daqueles níveis considerados como adequados se encontram em níveis deficientes no solo. No Quadro 12, que mostra a análise química da amostra do solo, após o cultivo do arroz e antes do cultivo do feijão, observa-se que a matéria orgânica foi considerada sempre alta, os teores de P, Ca e Mg

QUADRO 13. Teores (g kg^{-1}) dos macronutrientes na parte aérea do feijoeiro, por ocasião da floração (F) e da maturação (M) dos grãos, 1995. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg		S	
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
Completo	37,49 bcd	26,18 bc	2,44 cd	4,86 a	16,89 ab	14,60 ab	20,40 de	27,29 bc	5,49 c	6,61 b	1,58 c	2,13 b
Testemunha	41,77 abc	27,85 abc	3,57 b	3,28 b	5,49 c	5,49 c	28,53 a	35,26 a	14,12 a	10,12 a	2,03 ab	1,75 cd
- N	23,74 e	20,46 d	2,35 cd	4,93 a	17,86 a	15,09 a	22,25 cd	27,55 bc	5,39 c	6,27 b	1,84 abc	2,50 a
- P	38,70 bcd	23,57 cd	2,25 d	2,49 c	16,42 ab	11,06 d	24,00 bc	24,54 c	4,04 d	6,45 b	2,00 ab	1,58 cde
- K	44,88 a	32,45 a	4,46 a	3,59 b	4,40 c	3,81 e	16,65 f	32,86 ab	11,33 b	10,86 a	2,04 a	1,35 e
- S	35,15 d	25,79 bc	2,26 d	3,51 b	16,16 ab	12,68 cd	24,94 abc	23,71 c	5,31 c	5,78 b	1,72 bc	1,38 e
- Calcário	42,76 ab	28,50 ab	2,25 d	3,48 b	14,85 ab	12,98 bc	18,50 cf	24,46 c	5,49 c	6,00 b	1,81 abc	1,79 c
- B	38,54 bcd	26,34 bc	2,58 cd	3,63 b	15,23 ab	12,68 cd	23,36 bcd	24,54 c	5,06 cd	5,88 b	1,84 abc	1,51 de
- Cu	36,49 cd	26,98 bc	2,25 d	3,58 b	14,33 b	12,20 cd	25,14 abc	23,49 c	5,29 c	6,17 b	1,82 abc	1,50 e
- Zn	37,61 bcd	25,72 bc	2,58 cd	3,39 b	14,71 ab	13,39 abc	26,46 ab	24,23 c	4,54 cd	6,41 b	1,96 ab	1,55 cde
- Mo	38,12 bcd	24,42 bcd	2,70 c	3,67 b	15,49 ab	12,41 cd	24,04 bc	23,43 c	4,93 cd	6,01 b	1,80 abc	1,44 e
- Co	40,26 abcd	27,01 bc	2,68 c	3,64 b	15,15 ab	13,34 abc	26,59 ab	24,01 c	5,49 c	6,08 b	1,73 abc	1,43 e
CV (%)	5,86	7,50	6,07	8,15	9,69	6,10	6,19	10,47	7,20	8,32	6,76	6,13

Em cada coluna as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

variaram de médio a alto e o teor de K foi sempre baixo. Entretanto, os resultados de matéria seca apresentados no capítulo anterior só permitiram concluir que, dentre os macronutrientes, somente as omissões de N e K foram prejudiciais, reduzindo significativamente a matéria seca nos grãos e na parte aérea do feijoeiro em relação ao tratamento completo, inclusive com manifestações visuais de deficiência.

Ainda pelo Quadro 13, observa-se de maneira geral, que os teores dos macronutrientes foram maiores nos tratamentos que apresentaram menor produção de matéria seca (testemunha e omissão de N e K), devido ao efeito de concentração dos mesmos nos tecidos. Observação semelhante já havia sido feita por Faquin et al. (1994), ao estudarem a nutrição de gramíneas forrageiras, em Latossolo Vermelho Escuro distrófico do Paraná. Para o Ca e Mg, além da menor produção de matéria seca na omissão de K, a absorção dos mesmos pode ter sido favorecida, devido à interação desses nutrientes no processo de absorção.

Apesar do teor de nutrientes na planta ser importante na avaliação do estado nutricional, o melhor método para se avaliar a eficiência de um solo em suprir determinado nutriente para as plantas, é determinar a quantidade deste que é absorvida, conforme dados apresentados no Quadro 14. Por este Quadro os resultados obtidos no capítulo anterior se justificam, já que os tratamentos testemunha, omissão de N e omissão de K foram os que menos acumularam macronutrientes na parte aérea. Em relação ao tratamento completo essa redução foi drástica.

Esses resultados mostram que para a exploração racional do feijoeiro em cultivo sucessivo ao arroz, especial atenção deverá ser dada aos adubos nitrogenados e potássicos, principalmente para o solo em estudo.

QUADRO 14. Total de macronutrientes (mg/planta) absorvido e acumulado na parte aérea do feijoeiro, na maturação dos grãos.

1995. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	714,72 a	133,48 a	399,97 a	749,45 a	181,50 a	58,61 a
Testemunha	190,13 b	22,37 d	37,89 c	240,58 b	69,30 c	12,03 c
- N	212,68 b	50,86 cd	157,94 b	283,50 b	65,50 c	25,86 bc
- P	813,89 a	86,40 bc	383,57 a	863,35 a	226,02 a	55,57 a
- K	273,68 b	30,20 d	32,01 c	273,37 b	90,48 bc	11,46 c
- S	764,62 a	105,67 ab	383,75 a	721,61 a	175,42 a	42,06 ab
- Calcário	839,57 a	103,17 ab	384,46 a	734,48 a	179,62 a	53,42 a
- B	737,97 a	101,92 ab	354,90 a	696,05 a	167,17 ab	43,13 ab
- Cu	872,08 a	116,40 ab	395,57 a	763,05 a	199,79 a	48,83 a
- Zn	721,29 a	95,15 ab	377,21 a	683,49 a	180,31 a	44,13 ab
- Mo	755,07 a	115,01 ab	385,76 a	734,70 a	187,91 a	45,34 ab
- Co	763,55 a	103,17 ab	377,77 a	684,20 a	174,00 ab	40,65 ab
CV (%)	7,86	18,86	9,52	25,08	12,05	21,24

Em cada coluna as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Micronutrientes

A exemplo do realizado para os macronutrientes procurou-se, baseado na literatura, estabelecer os teores de micronutrientes na matéria seca do feijoeiro considerados adequados. Envolvendo todos os micronutrientes, um dos poucos trabalhos a estabelecer teores foi o desenvolvido por Feitosa et al. 1980 e citado por Rosolen (1987), embora não fosse seu objetivo específico. Os teores em mg.kg^{-1} , foram obtidos em áreas de alta produtividade, sendo amostrada a 3ª folha no florescimento: B - 32; Cu - 8,2; Mn - 122; Zn - 51 e Fe - 626.

Para os micronutrientes estudados, os teores de B, Zn e Fe obtidos foram inferiores aos considerados adequados, e apenas os teores de Cu e Mn acima (Quadro 15). Inclusive no início do desenvolvimento da cultura (emissão 1º trifólio) foi constatada toxidez de manganês em todos tratamentos, mas a planta conseguiu recuperar, desenvolvendo-se normalmente. É interessante observar que os teores iniciais de B e Zn no solo (Quadro 12), estão acima das faixas consideradas críticas citadas por Lopes e Carvalho (1988), exceto para o B em alguns tratamentos. Ainda em relação ao B, tal resultado não era o esperado, principalmente em função do alto teor de matéria orgânica do solo (Quadro 12), principal fonte deste nutriente para as plantas. É possível que o método utilizado na determinação da disponibilidade deste nutriente para o feijoeiro não seja o mais adequado, por tratar-se de um solo orgânico. Blanco et al. (1964) ao avaliarem a fertilidade de alguns solos de várzeas do Vale do Paraíba, já observavam que, de maneira geral, os níveis de fertilidade estabelecidos para solos bem drenados, não podem ser aplicados àqueles de má drenagem, especialmente aos orgânicos, por serem pouco indicativos. Entretanto, os dados obtidos indicam que, pelo menos

QUADRO 15. Teores (mg kg^{-1}) dos micronutrientes na parte aérea do feijoeiro, por ocasião da floração (F) e da maturação (M) dos grãos, 1995. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Tratamentos	B		Cu		Mn		Zn		Fe	
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
Completo	10,33 c	7,89 de	11,13 cde	17,87 bcd	185,68 cd	172,43 cde	34,90 cd	50,11 ab	200,23 bc	286,82 b
Testemunha	14,37 abc	10,16 bc	19,10 a	16,44 de	516,88 a	344,61 a	61,35 a	42,59 cd	186,83 bc	354,66 a
- N	13,67 bcd	14,84 a	10,10 c	21,45 a	159,59 d	214,71 c	33,69 cd	53,56 a	154,87 c	257,33 bcd
- P	15,77 ab	9,13 cd	12,75 bc	16,61 cde	185,85 cd	168,15 cde	36,69 c	35,54 c	183,05 bc	257,74 bcd
- K	15,75 ab	11,40 b	18,05 a	17,90 bcd	231,61 c	207,16 cd	48,27 b	39,75 de	185,18 bc	276,78 bcd
- S	16,46 a	7,78 de	11,45 cde	18,42 bcd	189,19 cd	155,87 de	34,10 cd	43,36 cd	210,95 abc	231,65 bcd
- Calcário	13,43 bcd	7,64 de	13,75 b	14,24 e	367,47 b	287,11 b	39,29 c	46,55 bc	214,03 abc	246,99 bcd
- B	11,69 de	5,39 f	12,02 bcde	18,03 bcd	180,36 cd	158,62 de	36,15 cd	43,31 cd	187,60 bc	231,88 bcd
- Cu	14,08 abcd	7,54 de	12,40 bcd	19,48 abc	199,89 cd	163,70 cde	37,01 c	42,50 cd	248,76 ab	215,38 d
- Zn	12,91 cde	5,20 f	10,40 de	17,61 bcd	174,52 cd	153,89 e	29,53 d	38,90 de	213,44 abc	230,68 bcd
- Mo	13,64 bcd	6,61 ef	13,04 bc	18,40 bcd	180,93 cd	161,14 de	37,59 c	44,79 c	234,53 ab	220,30 cd
- Co	12,99 cd	7,47 de	11,78 bcde	19,77 ab	177,01 cd	188,25 cde	35,58 cd	46,13 bc	276,90 a	279,47 bc
CV (%)	7,70	8,70	6,29	6,57	11,35	10,66	7,44	4,53	13,98	9,89

Em cada coluna as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

a curto prazo, tanto o B como o Zn e o Fe possam vir a limitar o feijoeiro, principalmente considerando-se cultivos sucessivos.

A exemplo do observado para macronutrientes, maiores teores de micronutrientes ocorreram nos tratamentos que acumularam menos matéria seca (testemunha e omissão de N e K).

Também conforme observado na absorção e acúmulo de macronutrientes, somente na testemunha e na omissão de N e K é que foram observados menor absorção e acúmulo de micronutrientes (Quadro 16), também justificando a menor produção de matéria seca por esses tratamentos.

Acúmulo de nutrientes na parte aérea

Considerando-se apenas o tratamento completo e os dados constantes dos Quadros 14 e 16, o total de nutrientes acumulados pela parte aérea do feijoeiro na maturação dos grãos seguiu a seguinte seqüência decrescente:

Macronutrientes - $Ca > N > K > Mg > P > S$

Micronutrientes - $Fe > Mn > Zn > Cu > B$

Para os macronutrientes a seqüência apresentada não concorda com dados obtidos por Gallo e Miyasaka (1961) e Cobra Netto, Accorsi e Malavolta (1971), em que o nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais absorvidos, seguidos do cálcio, enxofre, magnésio e fósforo.

Em relação aos micronutrientes, a seqüência apresentada também não concorda com os resultados obtidos por Batista, Brune e Braga (1975), em que foi maior a absorção do

QUADRO 16. Total de micronutrientes ($\mu\text{g/planta}$) absorvido e acumulado na parte aérea do feijoeiro, na maturação dos grãos, 1995. UFLA, Lavras-MG, 1996.

Tratamentos	B	Cu	Mn	Zn	Fe
Completo	216,92 b	490,32 a	4728,73 bcd	1373,44 a	7878,43 a
Testemunha	70,67 c	112,89 c	2388,43 cde	294,06 b	2462,47 b
- N	152,47 bc	218,31 bc	2239,83 de	554,66 b	2651,53 b
- P	320,50 a	578,18 a	5909,27 ab	1238,12 a	9130,18 a
- K	95,53 c	151,29 c	1744,06 e	337,53 b	2312,75 b
- S	236,19 ab	558,36 a	4742,70 bcd	1305,19 a	7020,83 a
- Calcário	226,83 ab	423,41 ab	8551,07 a	1373,93 a	7320,75 a
- B	152,08 bc	517,26 a	4492,44 bcde	1223,70 a	6600,65 a
- Cu	245,12 ab	631,75 a	5325,33 bc	1375,73 a	6989,97 a
- Zn	146,22 bc	495,87 a	4337,86 bcde	1092,97 a	6458,83 a
- Mo	205,86 b	576,39 a	5053,55 bcd	1398,39 a	6895,65 a
- Co	210,92 b	560,42 a	5368,09 b	1306,68 a	7932,64 a
CV (%)	21,66	20,22	25,96	18,23	22,92

Em cada coluna as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

zinco e do manganês. El-Husny (1992) também observou que em Latossolo Vermelho-Amarelo do Norte de Minas, o Fe foi o micronutriente mais extraído do solo. Cabe ressaltar, entretanto, que as referidas citações foram obtidas em situações diferentes ao do presente trabalho.

6.4 Conclusões

1. Apesar dos teores de K, Ca, Mg, S, B, Zn e Fe na matéria seca da parte aérea serem inferiores aos níveis críticos considerados, somente na testemunha e na omissão de N e K é que o acúmulo de nutrientes foi significativamente menor quando comparado ao tratamento completo, sendo este fornecimento necessário em cultivos sucessivos ao arroz nesses solos;
2. Considerando-se o esquema de cultivos sucessivos, deve-se também considerar a utilização principalmente do Ca, S, B, Zn e Mg na adubação a médio / longo prazo, já que os mesmos podem vir a tornarem-se limitantes;
3. Durante o estágio inicial da cultura foi observado sintoma de toxidez de manganês, que permaneceu restrita ao 1º trifólio, não mais sendo observado estes sintomas a partir daí;
4. Em relação às quantidades extraídas e translocadas para a parte aérea de cada nutriente, a ordem decrescente observada para macronutrientes foi Ca, N, K, Mg, P e S e, para micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu e B.

6.5 Referências bibliográficas

- ABREU, C.A. de.; LOPES, A.S. Alterações físico-químicas e químicas dos solos inundados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.152, p.14-21, 1988.
- ANDRADE, M.J.B. de; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P. **Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Lavras: UFLA/Coordenadoria de Extensão, 1992. 12p. (Circular, 6).
- BATISTA, C.M.; BRUNE, W.; BRAGA, J.M. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): V - Absorção de micronutrientes. **Experientiae**, Viçosa, v.19, n.3, p.33-57, 1975.
- BLANCO, H.G.; WUTKE, A.C.P.; AMARAL, A.Z. do; IGUE, K.; VERDADE, F.C. Fertilidade de alguns solos de várzeas do Vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, v.23, n.6, p.55-62, 1964.
- CAIXETA, T.J. Métodos alternativos de irrigação em várzeas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.151, p.36-46, 1988.
- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.28, p.257-274, 1971.
- EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1992. 151p. (Dissertação - Mestre em Fitotecnia).
- FAQUIN, V.; NETO, J.F.; EVANGELISTA, A.R.; VALE, F.R. do. Limitações nutricionais do colônio (*Panicum maximum*, Jacq) e da braquiária (*Brachiaria decumbens*, Staff), em amostras de um latossolo do nordeste do Paraná. II. Nutrição em macro e micronutrientes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n.4, p.552-564, 1994.
- FERREIRA, M.M. **Física do solo**. Curso de especialização em solos e meio ambiente por tutoria à distância. Lavras: UFLA / FAEPE, [19--]. 63p.
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.40, p.867-884, 1961.
- LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. de. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA - CNPSo/IAPAR/SBCS, 1988. p.133-178.

- MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo; métodos de vegetação - diagnose por subtração, em vasos.** Piracicaba: CENA-USP, 1985. 7p. (Xerox).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações.** Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MARIOT, E.J. **Ecofisiologia do feijoeiro.** In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná.** Londrina, 1989. p.25-41. (Circular, 63).
- PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária.** Piracicaba: POTAFOS, 1984. 160p.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro.** Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93p. (Boletim Técnico, 8).
- SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soils in the tropics.** New York: J. Wiley, 1976. 618p.
- SOUZA FILHO, B.F. de.; FERNANDES, G.M.B.; ANDRADE, M.J.B. de.; ARAÚJO, G.A. de A.; VIEIRA, C. **Ouro Negro e Varre Sai: novas cultivares de feijão para o Estado do Rio de Janeiro.** Niterói: PESAGRO - RIO, 1991. 2p. (Comunicado Técnico, 211).
- VAHL, L.C. **Calagem e adubação para rotação de culturas em solos de várzea.** **Lavoura Arrozeira,** Porto Alegre, v.48, n.423, p.32-34, set./out. 1995.

7 CAPÍTULO IV

LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA A CULTURA DO FEJJOEIRO EM SOLO DE VÁRZEA DA REGIÃO NORTE FLUMINENSE

RESUMO

As limitações nutricionais de um solo orgânico para a cultura do feijão, cv. Ouro Negro, foram identificadas em casa de vegetação em Lavras (MG), no período de setembro a dezembro/94. O material de solo utilizado foi coletado em Macaé (RJ), na região Norte Fluminense. Os tratamentos constituíram de testemunha (solo natural), completo (N, P, K, calcário, S, B, Co, Cu, Mo e Zn), e completo menos um nutriente de cada vez. O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, e avaliado o efeito do tratamento principalmente na produção de matéria seca dos grãos e parte aérea, e na acumulação de nutrientes. Os resultados obtidos permitem concluir que a omissão de N e P reduziu a produção de matéria seca pela parte aérea do feijoeiro em 25 e 14%, respectivamente, em relação ao tratamento completo; não houve redução no acúmulo de matéria seca tanto nos grãos quanto na parte aérea pela omissão do K, S, calcário, B, Cu, Zn, Mo e Co; a ordem decrescente de acumulação para macronutrientes foi N, K, Ca, Mg, S e P e para micronutrientes Mn, Fe, Zn, B e Cu; foi observado sintoma de toxidez de manganês nos estádios iniciais da cultura.

SUMMARY

The nutritional constraints of an organic soil for beans, cultivar Ouro Negro, were identified in greenhouse, in Lavras - MG over the period from September to December, 1994. The soil samples used was collected in Macaé County (RJ), Norte Fluminense region. The treatments consisted of control (natural soil), complete (N, P, K, limestone, S, B, Co, Cu, Mo and Zn) and complete less one by one of the related nutrients. The experimental design used was of randomized block with four replications, and the treatments were evaluated by grain and plant shoot dry matter production and accumulation of nutrients. The absence of N and P decreased the dry matter yield of beans plant by 25 and 14%, respectively, when related to the complete treatment; there was not observed any decrease in dry related to absence of K, S, limestone B, Cu, Zn, Mo e Co; the descendent sequence of accumulation related to macronutrients was N, K, Ca, Mg, S e P and for micronutrients Mn, Fe, Zn, B e Cu. It was observed a Mn toxicity symptoms in the beginning of the development of beans plants.

7.1 Introdução

Após a introdução da cultura do arroz nas áreas de várzeas, vários trabalhos foram desenvolvidos no sentido de desenvolver tecnologias que possibilitem a exploração de outras culturas nestas áreas, sendo uma delas o feijoeiro (Silva, 1980).

Em trabalhos preliminares conduzidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO - RIO) [19--], a melhor época para o cultivo do feijoeiro

seria no inverno, em sucessão ao arroz. Apesar de a temperatura neste período não ser fator limitante de produção para o Estado, deve-se ajustar o cronograma de plantio preferencialmente para o período abril - maio. Poucos trabalhos foram conduzidos sobre a nutrição mineral do feijoeiro em várzeas, principalmente em solos orgânicos. Nesta condição somente foram encontrados dois trabalhos na literatura consultada, e são apresentados resumidamente no Quadro 17.

Dentre os macronutrientes estudados, houve resposta positiva ao fósforo, em 83% do total de experimentos conduzidos, apesar do teor médio deste nutriente no solo ser considerado alto, segundo a Comissão... (1989).

Para os micronutrientes, nos quatro experimentos conduzidos dois apresentaram respostas positivas (50%), sendo conveniente determinar em outros trabalhos, quais os elementos que mais contribuíram para tais aumentos. No trabalho em questão o tratamento “micronutrientes” envolveu uma mistura de Zn, Cu, B e Mo. Neste mesmo experimento também não houve respostas significativas ao S.

Com relação à calagem envolvendo o feijoeiro em solos orgânicos, só foram encontrados dois experimentos, com resultados positivos em um deles.

Pelos dados apresentados, observa-se que as informações sobre nutrição mineral envolvendo o feijoeiro em solos orgânicos são escassas. Os estudos envolvendo esta cultura deverão ser mais intensificados, já que foram observadas respostas à calagem, S, B, Cu e Zn na cultura da soja em solos de várzeas (Galvão, Souza e Peres, 1984 e Galvão, 1990).

QUADRO 17. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação de macro e micronutrientes e calagem em solo orgânico de várzea. Adaptação dos autores*.

Nutrientes	Respostas positivas		Sem resposta	
	Nº	%	Nº	%
N (06 experimentos)	00	0,0	06	100,0
Matéria orgânica (g.kg ⁻¹)				
Amplitude (g.kg ⁻¹)		11,6 a 305,1		
Média (g.kg ⁻¹)		123,5		
P (06 experimentos)	05	83,3	01	16,7
Amplitude (mg.kg ⁻¹)		11,37 a 431,90		
Média (mg.kg ⁻¹)		205,00		
K (06 experimentos)	00	0,0	06	100,0
Amplitude (mg.kg ⁻¹)		50,70 a 234,00		
Média (mg.kg ⁻¹)		147,42		
Micronutrientes (04 experimentos) (Zn, Cu, B, Mo e S)	02	50,0	02	50,0
Calagem (02 experimentos)	01	50,0	01	50,0
Ca + Mg (mmol _c .dm ⁻³)				
Amplitude (mmol _c .dm ⁻³)		34,8 a 75,3		
Média (mmol _c .dm ⁻³)		55,1		

* Adaptado de Miyasaka et al., 1966 e Mascarenhas et al., 1967.

O presente experimento teve por objetivo determinar as limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro, permitindo, assim, a avaliação da fertilidade de um solo orgânico, e seus efeitos na nutrição mineral da planta.

7.2 Material e métodos

O experimento foi instalado na casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (DAG/UFLA), em Lavras (MG), em vasos com 3,6 kg de solo, utilizando-se a técnica da diagnose por subtração (Sanchez, 1976).

Lavras está situada na zona Sul de Minas Gerais, a uma altitude média de 900 m, com as seguintes coordenadas geográficas: 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste, apresentando uma temperatura média anual de 19,3°C e precipitação anual em torno de 1490 mm (citado por Vilela, Neto e Fraga, 1978). Analisando os registros de temperatura e precipitação durante um período de 18 anos em Lavras - MG, Vilela e Ramalho (1979), encontraram a média das mínimas de 14,66°C e a temperatura média das máximas de 26°C, com cerca de 66% da quantidade de chuva ocorrendo no período de novembro a fevereiro, assim como as maiores temperaturas médias mensais.

Utilizou-se um solo orgânico (Curi, N^{*}. Informação pessoal) de Macaé - RJ, sendo as amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm. As amostras coletadas foram secas ao ar, passadas em peneira com malha de 5 mm de abertura e foram retiradas subamostras para caracterização física e química (Quadro 18). Na caracterização química foram determinados o pH em H₂O, Ca, Mg, Al, P e K conforme Vettori (1969) modificado por EMBRAPA (1979), onde Ca, Mg e Al foram extraídos pelo KCl 1N, P e K pelo HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (extrator Mehlich 1). A acidez potencial (H + Al) foi extraída com solução de acetato de cálcio 1N a pH 7,0 e carbono orgânico conforme Raij et al. (1987). Para os micronutrientes, o Boro foi extraído pelo método da água quente e determinado no extrato de acordo com o método de curcumina descrito por Jackson (1970). O Fe, Mn, Cu e Zn foram determinados no extrato de Mehlich 1 por espectrofotometria de absorção atômica e os teores de SO₄⁻² de acordo com Blanchar, Rehm e Caldwell (1965).

* Curi, Nilton. É doutorado em agronomia, e atualmente trabalha no Departamento de Ciência do Solo da UFLA.

QUADRO 18. Análises química e física da amostra de solo utilizado nos experimentos.

Características		Valores	Nível ³
Químicas ¹ :	pH em água	4,10	Acidez Elevada
	P (mg/dm ³)	43,00	Alto
	K (mg/dm ³)	117,00	Alto
	Ca (mmol _c /dm ³)	27,00	Médio
	Mg (mmol _c /dm ³)	16,00	Alto
	Al (mmol _c /dm ³)	27,00	Alto
	Na (mmol _c /dm ³)	1,00	Médio
	Acidez potencial - H+Al (mmol _c /dm ³)	186,00	Alto
	Soma de bases - SB (mmol _c /dm ³)	47,00	Médio
	CTC efetiva - t (mmol _c /dm ³)	74,00	Alto
	CTC a pH 7,0 - T (mmol _c /dm ³)	233,00	Alto
	Saturação de Al - m (%)	36,00	Médio
	Saturação de bases - V (%)	20,00	Muito Baixo
	Carbono (%)	12,30	Alto
	Matéria orgânica (%)	21,30	Alto
	S (mg/dm ³)	154,54	-
	B (mg/dm ³)	0,20	-
	Cu (mg/dm ³)	1,59	-
	Fe (mg/dm ³)	357,39	-
	Mn (mg/dm ³)	26,93	-
Zn (mg/dm ³)	4,34	-	
Físicas ² :	Argila (%)	48,00	-
	Areia (%)	8,00	-
	Silte (%)	44,00	-
	Densidade de partículas - dp (g/cm ³)	1,78	-
	Densidade do solo - ds (g/cm ³)	0,56	-
	Classe textural	Argilosa	-

1 Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do DCS/UFLA.

2 Análise e interpretação textural realizada no Laboratório de Física do Solo do DCS/UFLA.

3 Avaliação dos níveis realizada de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 4ª Aproximação, 1989.

Os tratamentos consistiram de testemunha (solo natural), completo (N, P, K, calagem, S, B, Co, Cu, Mo e Zn) e completo menos um nutriente de cada vez, totalizando doze tratamentos. O delineamento foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

Para a adubação de plantio seguiu-se recomendação de Malavolta e Muraoka (1985) e El-Husny (1992), tendo sido feitas algumas adaptações. As doses dos nutrientes utilizados (mg/vaso) nos diversos tratamentos, quando pertinentes, foram: 360 de N; 400 de P; 360 de K; 131 de S; 1,80 de B; 5,40 de Cu; 0,36 de Mo; 9,0 de Zn e $0,27 \cdot 10^{-3}$ de Co. As fontes de nutrientes foram sais p.a. (nitrato de amônio, fosfato de cálcio monobásico, cloreto de potássio, sulfato de potássio, sulfato de amônio, ácido bórico, cloreto cuproso, ácido molibdico, cloreto de zinco e cloreto de cobalto). O fósforo e o calcário foram previamente incorporados ao solo para incubação (30 dias, com umidade a 80% do VTP), sendo o calcário aplicado por ocasião do enchimento dos vasos, e o fósforo sete dias após. Os demais nutrientes foram aplicados via solução nutritiva, após o estabelecimento das plântulas e desbaste. Utilizou-se calcário calcinado (40% CaO, 15% MgO e PRNT 92%), com dosagem equivalente a 5,4 t/ha, determinada pelo método da neutralização do alumínio, conforme recomendação de Andrade, Abreu e Ramalho (1992), para a cultura do feijoeiro. A umidade do solo foi mantida pelo método da pesagem a 80% do volume total de poros, utilizando-se água desmineralizada. A planta teste foi o feijoeiro, cv. Ouro Negro, conforme recomendação de Souza Filho et al. (1991), sendo semeadas cinco sementes (tratadas em solução de hipoclorito de sódio 1%) por vaso, em 09/09/94, que foram desbastadas para duas plantas / vaso na etapa V₃ em que, segundo Mariot (1989), a primeira folha trifoliolada está aberta em 50% das plantas. Das duas plantas que permaneceram nos vasos uma foi colhida por ocasião da floração e a outra levada até a produção de grãos. Como critério de colheita na floração, foi selecionada a primeira planta a emitir flores, com a colheita sendo

realizada após sete dias do início de floração. A parte aérea das plantas foi colocada a secar em estufa a 60°C até peso constante, para determinação da matéria seca.

Neste trabalho, foram feitas análises das características obtidas por ocasião da floração (matéria seca de caule, folhas e parte aérea) e maturação dos grãos: número de vagens e grãos por plantas, número de grãos por vagem e matéria seca de vagens, folhas + ramos + caule, grãos e parte aérea, além das quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn pela parte aérea. As amostras da parte aérea foram submetidas a digestão nítrico-perclórica em bloco digestor. No extrato resultante, determinaram-se os teores de Ca, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu por espectrofotometria de absorção atômica; o de K por fotometria de chama; o de P por colorimetria; o de S por turbidimetria e o de N pelo método micro Kjeldahl. Para determinação do Boro, as amostras foram submetidas à digestão por via seca (incineração), quantificando-se posteriormente o seu conteúdo através da técnica da curcumina. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5%, conforme Pimentel Gomes (1984).

7.3 Resultados e discussão

Características agronômicas

Pelos dados do Quadro 19, observa-se que maiores decréscimos de produção na matéria seca de grãos e parte aérea do feijoeiro na maturação dos grãos se deram na omissão do nitrogênio da adubação (25%), diferindo significativamente do tratamento completo, seguido da testemunha (25%) e da omissão do fósforo (14%) que, entretanto, não diferiram do completo. Nas omissões do N e do P, o menor acúmulo de matéria seca pela parte aérea não se deve às

variações no número de vagens, do número de grãos e do número de grãos por vagem, que não diferiram do observado para o tratamento completo. Os demais tratamentos utilizados não diferiram significativamente do completo.

Nos dados obtidos na floração (Quadro 19), não foram observadas diferenças significativas entre o tratamento completo e os demais utilizados. Em relação à omissão do nitrogênio, é importante observar que os resultados obtidos na floração e na maturação são contrastantes, sugerindo que por ocasião da primeira avaliação o nutriente não foi limitante, permitindo um crescimento comparável ao do tratamento completo. Segundo Meirelles, Libardi e Reichardt (1980), 45 dias após a semeadura, diminui-se a contribuição do fertilizante nitrogenado aplicado, sendo a partir daí suprido pelo nitrogênio do solo. Apesar do elevado teor de matéria orgânica, tal suprimento aparentemente não ocorreu.

Na literatura consultada poucos trabalhos estudaram a nutrição mineral do feijoeiro em solos de várzea e em sucessão ao arroz, sendo mais comum os estudos envolvendo outros tipos de solos.

Em condições que não sejam as de várzeas, maiores respostas em produção de grãos pelo feijoeiro se dão em relação à adubação fosfatada e a nitrogenada (Guedes e Junqueira Neto, 1978; Dynia e Cunha, 1986; Braga et al., 1973; Silva et al., 1989; Machado et al., 1979 e Carvalho et al., 1995). O potássio poucas vezes trouxe aumento de produção; geralmente não tem efeito ou, algumas vezes, seu efeito é depressivo (Vieira, 1978). Nas áreas de várzea o fósforo é que tem proporcionado maiores e mais frequentes respostas, conforme resultados obtidos por Miyasaka et al., 1966; Mascarenhas et al., 1967 e Eira et al., 1974. Não foram observadas respostas ao nitrogênio e ao potássio e, no trabalho de Eira et al., 1974, observou-se decréscimo na produção com o aumento do nível de potássio.

QUADRO 19. Valores médios de matéria seca de folhas, caules e parte aérea do feijoeiro (g) colhido na floração e ao número de vagens e grãos por planta, número de grãos por vagem e matéria seca (g) de vagens, folhas + ramos + caule, grãos e parte aérea do feijoeiro na maturação, 1994. UFLA, Lavras-MG, 1996 ^{1/}

Tratamentos	Floração			Maturação						
	MS Folha	MS Caule	MS Parte Aérea	Nº Vagens	Nº Grãos	Nº Grãos/Vag.	MS Vagem	MS Fol + Ra + Cau	MS Grãos	MS Parte Aérea
Completo	5,78 abc	3,45 abc	9,24 abc	20,25 abc	101,75 ab	5,00 a	7,58 abcd	10,60 ab	27,89 ab	46,09 ab
Testemunha	2,58 c	1,42 c	4,00 c	15,00 c	70,25 c	4,72 a	5,37 d	8,63 b	20,72 bc	34,68 cd
-N	7,86 a	5,19 a	13,05 a	16,25 bc	78,00 bc	4,80 a	6,00 cd	9,62 ab	18,77 c	34,39 d
-P	4,33 bc	2,52 bc	6,85 bc	19,00 abc	88,75 abc	4,65 a	6,90 abcd	10,32 ab	22,58 abc	39,80 bcd
-K	4,82 abc	2,83 abc	7,65 abc	20,75 ab	103,75 ab	5,02 a	6,42 bcd	10,38 ab	23,76 abc	40,55 abcd
-S	7,19 ab	4,48 ab	11,67 ab	22,00 a	106,75 a	4,83 a	8,01 abc	11,56 ab	25,39 abc	44,95 abc
- Calcário	5,46 abc	3,49 abc	8,95 abc	22,25 a	103,75 ab	4,65 a	8,12 abc	10,83 ab	28,65 a	47,60 ab
-B	5,96 ab	3,66 abc	9,62 ab	23,00 a	109,25 a	4,75 a	8,92 a	13,21 a	29,34 a	51,45 a
- Cu	5,06 abc	3,09 abc	8,15 abc	23,50 a	113,50 a	4,85 a	8,66 ab	12,32 ab	29,28 a	50,24 ab
-Zn	6,16 ab	3,75 abc	9,91 ab	22,75 a	110,25 a	4,77 a	8,45 ab	11,33 ab	25,95 abc	45,72 ab
-Mo	6,09 ab	3,67 abc	9,75 ab	23,25 a	107,00 a	4,67 a	8,61 ab	11,10 ab	29,31 a	48,99 ab
-Co	6,25 ab	3,79 ab	10,04 ab	21,25 ab	105,25 a	4,95 a	8,11 abc	11,12 ab	27,76 ab	46,89 ab
CV (%)	24,00	26,98	24,84	10,89	10,71	7,68	12,80	14,21	11,27	5,03

^{1/} Dados obtidos em 1 planta.

Em cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Absorção e acúmulo de macro e micronutrientes

No Quadro 20, são apresentadas as quantidades de nutrientes acumuladas na parte aérea da planta, por ocasião da maturação dos grãos. Em relação ao completo, somente foram observadas diferenças significativas na testemunha (acúmulo P, Mg, Ca, B e Fe), na omissão do nitrogênio (acúmulo Ca, Mg e Fe), na omissão do potássio (acúmulo de Mg e Fe) e na omissão do fósforo (acúmulo de Fe). Estes resultados justificam, apenas em parte, o menor acúmulo de matéria seca pela parte aérea da planta quando os mesmos foram omitidos na adubação.

A interação P x Zn no processo de absorção é fato bem conhecido, e a deficiência deste micronutriente pode estar associada não só à presença de altos níveis de P disponível, mas podendo também ser induzida pelos adubos fosfatados. Neste trabalho, tal interação não foi observada, já que na omissão do fósforo da adubação o acúmulo de zinco não diferiu do completo, sendo também a relação P/Zn em todos os tratamentos bem semelhantes.

Na omissão do potássio, a absorção e acúmulo de nutrientes foram significativamente iguais ao completo, exceto na quantidade de Fe e Mg. Apesar do menor acúmulo de Mg, a relação K/Mg obtida nos tratamentos completo e na omissão do potássio foram bem próximas, o mesmo sendo observado na relação K/Ca.

Nos tratamentos em que se omitiu os micronutrientes, não foram observadas diferenças significativas em relação ao completo, sendo que para alguns nutrientes foram observados maiores acúmulos do que o tratamento completo.

QUADRO 20. Quantidade de nutrientes na parte aérea do feijoeiro colhido na maturação dos grãos, cv. Ouro Negro, em solo orgânico, 1994. UFLA, Lavras (MG), 1996¹.

Tratamentos	Nutrientes										
	macronutrientes (mg/vaso)						micronutrientes (µg/vaso)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
Completo	898,7 bc	130,5 bc	392,0 abcd	403,7 ab	306,9 a	158,57 abc	1335,16 a	809,44 bcde	9307,52 bcd	1772,55 abc	11983,12 a
Testemunha	864,9 bc	84,2 d	339,3 cd	279,1 c	194,7 bc	112,9 c	671,92 b	479,24 e	12352,32 ab	1373,76 c	7003,37 bc
-N	693,7 c	125,3 bcd	378,5 bcd	294,5 c	172,4 c	160,1 abc	1441,63 a	608,73 de	7022,32 cd	1463,48 bc	4726,40 bc
-P	1022,5 ab	105,9 cd	441,5 abc	403,2 ab	234,5 abc	143,4 bc	1268,67 a	771,19 bcde	8813,13 bcd	1681,89 abc	6025,66 bc
-K	1077,6 ab	101,0 cd	268,5 d	401,4 ab	197,0 bc	138,8 bc	1253,76 a	753,51 cde	9833,10 bcd	1632,81 abc	4099,59 c
-S	901,4 bc	151,0 ab	450,0 abc	468,4 a	257,2 abc	183,4 ab	1424,06 a	713,15 cde	8832,50 bcd	1993,66 a	8151,81 ab
- Calcário	1034,3 ab	122,5 bcd	476,6 ab	331,1 bc	219,4 abc	176,8 ab	1467,83 a	654,03 cde	14917,00 a	1747,67 abc	7988,21 b
-B	1071,4 ab	175,2 a	515,1 a	453,2 a	277,8 ab	196,4 a	976,72 ab	1050,83 abc	7788,54 cd	2084,18 a	5968,33 bc
- Cu	1303,7 a	153,2 ab	516,6 a	434,5 a	273,1 ab	172,4 ab	1203,68 ab	1170,70 ab	10501,41 bc	2006,62 a	5957,08 bc
-Zn	1002,2 ab	153,9 ab	491,2 ab	402,1 ab	253,9 abc	174,1 ab	1407,75 a	1251,24 a	9936,87 bcd	1958,45 ab	5162,12 bc
-Mo	1112,9 ab	164,9 ab	524,5 a	424,9 ab	262,3 ab	179,1 ab	1189,52 ab	860,42 abcde	9581,94 bcd	1976,93 a	6484,67 bc
-Co	1095,4 ab	155,1 ab	503,4 ab	406,3 ab	247,8 abc	168,2 ab	1352,40 a	925,19 abcd	6433,86 d	2036,87 a	5606,65 bc
CV (%)	12,09	12,83	12,25	9,79	7,94	11,76	18,21	19,76	16,01	11,38	23,67

1/ Dados obtidos em 1 planta.

Em cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Durante o estágio inicial da cultura, foram detectados sintomas de toxidez de manganês, que permaneceram restritas ao 1º trifólio, não sendo mais observado estes sintomas a partir daí.

Ainda em relação aos macronutrientes, Gallo e Miyasaka (1961), Haag et al. (1967) e Cobra Netto, Accorsi e Malavolta (1971) constataram que a ordem decrescente de absorção foi N, K, Ca, S, Mg e P e, neste trabalho, observaram-se alterações em relação ao S e Mg. Para os micronutrientes, Batista, Brune e Braga (1975) observaram que a ordem decrescente de exigência é de Mn, Zn, B e Cu, o que concorda com os resultados obtidos no presente trabalho.

7.4 Conclusões

1. A omissão de N e P reduziu o acúmulo de matéria seca na parte aérea, o que evidencia o suprimento inadequado dos mesmos pelo solo, sendo o uso de fertilizantes contendo estes nutrientes fator de destaque para o melhor aproveitamento desses solos pelo feijoeiro.
2. Não houve redução no acúmulo de matéria seca tanto nos grãos quanto na parte aérea pela omissão do K, S, calcário, B, Cu, Zn, Mo e Co.
3. A ordem decrescente de acumulação para macronutrientes foi N, K, Ca, Mg, S e P e, para micronutrientes Mn, Fe, Zn, B e Cu.
4. Foi observado sintoma de toxidez de manganês nos estádios iniciais da cultura, mas que a planta conseguiu recuperar e desenvolver-se normalmente.

7.5 Referências bibliográficas

- ANDRADE, M.J.B. de.; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P. **Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Lavras: UFLA/Coordenadoria de Extensão, 1992. 12p. (Circular, 6).
- BATISTA, C.M.; BRUNE, W.; BRAGA, J.M. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): V - Absorção de micronutrientes. **Experimentiae**, Viçosa, v.19, n.3, p.33-57, fev. 1975.
- BLANCHAR, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulphur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. **Soil Science Society American Proceeding**, Madison, v.29, n.1, p.71-72, 1965.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V.; VIEIRA, C.; FONTES, L.A.N. Vinte ensaios de adubação N-P-K da cultura do feijão na Zona da Mata, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n.11, p.370-380, 1973.
- CARVALHO, A.M. de.; FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P. de.; KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.61-67, 1995.
- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"**, Piracicaba, v.28, p.257-274, 1971.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação**. Lavras, 1989. 159p.
- DYNIA, J.F.; CUNHA, N.G. da. Limitações nutricionais do feijoeiro em solo brunizem avermelhado na região de Corumbá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.11, p.1219-1221, nov. 1986.
- EIRA, P.A. da.; PESSANHA, G.G.; BRITTO, D.P.P. de S.; CARBAJAL, A.R. Adubação mineral de fósforo e potássio na cultura do feijão e verificação do efeito residual. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.9, p.121-124, 1974.
- EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1992. 151p. (Dissertação - Mestre em Fitotecnia).

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análises do solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (PESAGRO - RIO). **Uso intensivo de várzeas (PROVÁRZEAS)**. PESAGRO - RIO, [19--]. 5p. (Xerox).
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. *Bragantia*, Campinas, v.20, n.40, p.867-884, 1961.
- GALRÃO, E.Z.; SOUZA, D.M.G. de.; PERES, J.R.R. Caracterização de deficiências nutricionais em solos de várzeas da região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.9, p.1091-1101, set. 1984.
- GALRÃO, E.Z. Aplicação de micronutrientes e calcário no rendimento da soja em solo de várzea. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.3, p.381-384, 1990.
- GUEDES, G.A.A. de.; JUNQUEIRA NETTO, A. Calagem e adubação. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.4, n.46, p.21-23, out. 1978.
- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.26, n.30, p.381-391, set. 1967.
- JACKSON, M.L. **Análise química de suelos**. 2. ed. Barcelona: Omega, 1970. 662p.
- MACHADO, J. dos S.; JUNQUEIRA NETTO, A.; GUEDES, G.A. de A.; REZENDE, P.M. de. Efeitos de fósforo, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em oxissolos. *Ciência e Prática*, Lavras, v.3, n.2, p.101-106, jul./dez. 1979.
- MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo; métodos de vegetação - diagnose por subtração, em vasos**. Piracicaba: CENA-USP, 1985. 7p. (Xerox).
- MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná**. Londrina, 1989. p.25-41. (Circular, 63).
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T. Respostas do feijoeiro à adubação com N, P e K em solo orgânico de Ribeirão Preto. *Bragantia*, Campinas, v.26, p.V-VII (Nota nº 2), jan. 1967.
- MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, n.2, p.83-88, 1980.

- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; SCHMIDT, N.C.; LEITE, N. Adubação mineral do feijoeiro. V. Efeitos de N, P, K, S e de uma mistura de micronutrientes, em dois solos do Vale do Paraíba. *Bragantia*, Campinas, v.25, n.28, p.307-317, nov. 1966.
- PIMENTEL GOMES, F. *A estatística moderna na pesquisa agropecuária*. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 160p.
- RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação CARGILL, 1987. 170p.
- SANCHEZ, P.A. *Properties and management of soils in the tropics*. New York: J. Wiley, 1976. 618p.
- SILVA, C. C. da. Feijão. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 6, n. 65, p. 50-54, maio 1980.
- SILVA, A.J. da.; RAMALHO, M.A.P.; GUEDES, G.A. de A.; VALE, F.R. do. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada. I - Produção de grãos e seus componentes. *Ciência e Prática*, Lavras, v.13, n.3, p.348-355, set./dez. 1989.
- SOUZA FILHO, B.F. de.; FERNANDES, G.M.B.; ANDRADE, M.J.B. de.; ARAÚJO, G.A. de A.; VIEIRA, C. *Ouro Negro e Varre Sai: novas cultivares de feijão para o Estado do Rio de Janeiro*. Niterói: PESAGRO-RIO, 1991. 2p. (Comunicado Técnico, 211).
- VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
- VIEIRA, C. *A cultura do feijão*. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1978. 146p.
- VILELA, E. de A.; NETO, P.C.; FRAGA, A.C. Comportamento de algumas variedades de trigo em Lavras, Minas Gerais, sob irrigação por aspersão. *Ciência e Prática*, Lavras, v.2, n.2, p.193-201, jul./dez. 1978.
- VILELA, E. de A.; RAMALHO, M.A.P. Análises das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v.3, n.1, p.71-79, jan./jun. 1979.

8 CAPÍTULO V

DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS PARA O ARROZ IRRIGADO EM SUCESSÃO AO FEIJOEIRO EM SOLO DE VÁRZEA

RESUMO

Visando avaliar resposta do arroz, em sucessão ao feijoeiro, à calagem, e aos macro e micronutrientes, conduziu-se um experimento em casa de vegetação em Lavras - MG, num solo orgânico coletado na região Norte Fluminense. Os tratamentos em número de doze, e aplicados inicialmente ao feijoeiro eram assim constituídos: testemunha (solo natural), completo (N, P, K, calcário, S, B, Co, Cu, Mo e Zn) e completo menos um nutriente de cada vez. O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Após a colheita do feijoeiro o solo permaneceu nos vasos até a instalação do experimento com o arroz, sendo feita correção na adubação com N, P e K, quando pertinente, e avaliado o efeito de tratamentos principalmente na produção de matéria seca pela parte aérea da planta e na acumulação de nutrientes. A omissão de N e K reduziu a produção de matéria seca em 49 e 38%, respectivamente, o que evidencia o suprimento inadequado de ambos pelo solo, e o baixo efeito residual do K em cultivos sucessivos. Na omissão do N houve drástica redução no acúmulo de

nutrientes em relação ao completo. A ordem decrescente de acumulação para macronutrientes foi N, K, Ca, P, Mg e S e para micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu e B.

SUMMARY

In order to evaluate the response in bean-rice rotation related to liming application and macro and micronutrients fertilization, this experiment was conducted in a greenhouse located in Lavras - Minas Gerais State, in an organic soil from Northern Fluminense region. It was considered the following treatment to beans plants: control (natural soil), complete (N, P, K, limestone, S, B, Co, Cu, Mo and Zn) and complete less one by one of the related nutrients. The experimental design was a randomized block with four replications. After the bean harvest, it was planted rice seeds in the same previous used soil (pots), adding N, P and K according to recommendations. The effect of treatments was measured by dry matter production considering plant shoot and nutrient accumulation. The absence of N and K decreased dry matter yield by 49 and 38%, respectively when compared to the complete treatment, suggesting an unsuitable supply by the soil and the poor residual effect of K in crop rotation. In the absence of N, there was a remarkable decrease in nutrient accumulation as compared with the complete treatment. The descendent sequence of accumulation of macronutrients was N, K, Ca, P, Mg and S and for micronutrients Fe, Mn, Zn, Cu and B.

8.1 Introdução

A participação do Estado do Rio de Janeiro na produção nacional de arroz é pequena, contribuindo com menos de 1% do total produzido. Sua importância social para o Estado é, no entanto, indiscutível, sendo o cultivo do arroz realizado em áreas tradicionais por pequenas e médias propriedades, envolvendo 4.200 produtores e agregando um contingente de mão-de-obra de cerca de 20.000 pessoas (Fernandes e Fernandes, 1986).

A partir da década de 80 surgiu uma nova fronteira agrícola, devido principalmente à incorporação das áreas de várzeas ao processo produtivo. A utilização destas áreas consideradas marginais foi citada por Lamster (1980). Segundo este autor, para os Estados de Santa Catarina, Rio de Janeiro e Espírito Santo, existe uma só alternativa para a expansão econômica da fronteira agrícola - o uso racional das várzeas irrigáveis.

Após introdução da cultura do arroz nas áreas de várzeas, vários trabalhos foram desenvolvidos no sentido de desenvolver tecnologias que possibilitem a exploração racional de outras culturas nestas áreas, viabilizando sua exploração mais intensiva e maior retorno econômico ao produtor. Uma destas culturas seria o feijão, durante o inverno (Silva, 1980).

Segundo Fageria e Souza (1995), para conservar ou melhorar a fertilidade do solo, devem-se levar em consideração os seguintes aspectos: manutenção de resíduo orgânico, sucessão e rotação de culturas, fornecimento de nutrientes e calagem.

Para Santos e Roman (1989), a rotação de culturas tem papel muito importante na reciclagem de nutrientes. Isto é particularmente mais importante nos climas tropicais e subtropicais, onde é intensa a lixiviação de cátions básicos, como o cálcio, magnésio e o potássio.

Segundo esses autores, a reciclagem dos nutrientes é função das diferenças entre as espécies em relação à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades do solo.

O presente experimento teve por objetivo não só verificar as limitações nutricionais bem como o efeito residual dos nutrientes para a cultura do arroz irrigado por inundação em cultivo sucessivo ao feijoeiro.

8.2 Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Agricultura da UFLA, em Lavras - MG, no período de setembro a dezembro de 1994 (feijão) e dezembro de 1994 a junho de 1995 (arroz em sucessão ao feijoeiro).

Foi utilizado solo orgânico, coletado (0-20 cm de profundidade) na Fazenda Saudade, localizada no município de Macaé, RJ, Região Norte Fluminense. Foi sêco ao ar e passado em peneira de 5 mm de malha para homogeneização, e colocado em vasos com 3,6 kg de solo. O feijão foi semeado em 09/09/94 e colhido em 06/12/94. O solo permaneceu nos vasos até a semeadura do arroz, ocorrida em 20/12/94.

Fundamentado em técnica de “diagnose por subtração” (Sanchez, 1976), os tratamentos utilizados no feijoeiro foram assim constituídos: testemunha (solo natural), completo (N, P, K, calagem, S, B, Co, Cu, Mo e Zn) e completo menos um nutriente de cada vez, totalizando 12 tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

Na adubação de plantio do feijoeiro, utilizou-se a recomendação preconizada por El-Husny (1992), em experimentos em vasos em casa de vegetação, sendo as doses dos nutrientes

utilizados para adubação de plantio, em mg/vaso, as de 360 de N; 400 de P; 360 de K; 131 de S; 1,80 de B; 5,40 de Cu; 0,36 de Mo; 9,0 de Zn e $0,27 \cdot 10^{-3}$ de Co. As fontes de nutrientes foram sais p.a. (nitrato de amônio, fosfato de cálcio monobásico, cloreto de potássio, sulfato de potássio, sulfato de amônio, ácido bórico, cloreto cuproso, ácido molibdico, cloreto de zinco e cloreto de cobalto). O fósforo e o calcário foram previamente incorporados ao solo para incubação (30 dias, com umidade a 80% do VTP), sendo o calcário aplicado por ocasião do enchimento dos vasos, e o fósforo sete dias após. Os demais nutrientes foram aplicados via solução nutritiva, após o estabelecimento das plântulas e do desbaste. Utilizou-se de calcário calcinado (40% CaO, 15% MgO e PRNT de 92%), com dose equivalente a 5,4 t/ha, determinada pelo método da neutralização do alumínio, conforme recomendação de Andrade, Abreu e Ramalho (1992), para a cultura do feijoeiro.

Após o cultivo do feijoeiro, semeou-se o arroz com o objetivo de verificar-se não só o efeito residual dos tratamentos mas também a omissão dos macro e micronutrientes e da calagem sobre a cultura, em sistema de sucessão. Antes da instalação do experimento com o arroz foram retiradas amostras de material de solo para análise (Quadro 21).

A cultivar de arroz utilizada foi a INCA, conforme recomendação de Amorim Neto et al. (1986, 1988). A semeadura foi feita distribuindo-se 10 sementes/vaso em solo umedecido até atingir 80% do espaço poroso total. Posteriormente, realizou-se o desbaste para três plantas/vaso, aos sete dias após a emergência. Para instalação desse experimento, realizou-se correção na adubação de plantio com as seguintes doses (mg/vaso) e nutrientes, quando pertinentes: 720 de N, 400 de P e 720 de K, via solução, após o desbaste. Foi também realizada adubação em cobertura por ocasião da diferenciação do primórdio floral com 180 de N e 180 de K, em mg/vaso, não

QUADRO 21. Análise química da amostra de solo retirada após o cultivo do feijão e antes do cultivo do arroz.¹

Características	Completo ²	Testem.	- Calc.	- P	- N	- K	- S	- B	- Co	- Cu	- Mo	- Zn
pH em água	4,3 AcE	4,0 AcE	4,0 AcE	4,4 AcE	4,4 AcE	4,3 AcE	4,4 AcE	4,4 AcE	4,3 AcE	4,4 AcE	4,4 AcE	4,4 AcE
P (mg/dm ³)	44 A	34 A	56 A	35 A	50 A	48 A	48 A	42 A	50 A	50 A	46 A	56 A
K (mg/dm ³)	42 M	34 M	41 M	55 M	34 M	33 M	28 B	28 B	31 M	39 M	31 M	51 M
Ca (mmol/dm ³)	52 A	22 M	32 M	54 A	47 A	50 A	53 A	52 A	58 A	49 A	49 A	60 A
Mg (mmol/dm ³)	18 A	10 M	13 A	22 A	22 A	20 A	17 A	24 A	22 A	18 A	29 A	7 M
Al (mmol/dm ³)	12 A	25 A	23 A	12 A	11 A	13 A	13 A	11 A	11 A	12 A	11 A	13 A
H + Al (mmol/dm ³)	153 A	205 A	205 A	166 A	153 A	153 A	153 A	153 A	137 A	166 A	153 A	166 A
Na (mmol/dm ³)	2 M	1 M	2 M	2 M	2 M	2 M	2 M	2 M	2 M	2 M	2 M	1 M
S (mmol/dm ³)	73 A	34 M	48 M	79 A	72 A	72 A	73 A	79 A	83 A	70 A	81 A	70 A
t (mmol/dm ³)	85 A	59 M	71 A	91 A	83 A	85 A	86 A	90 A	94 A	82 A	92 A	83 A
T (mmol/dm ³)	226 A	239 A	253 A	245 A	225 A	225 A	226 A	232 A	220 A	223 A	247 A	236 A
m (%)	14 B	42 A	32 M	13 B	13 B	15 B	15 B	12 B	12 B	15 B	12 B	16 B
V (%)	32 B	14 MB	19 MB	32 B	32 B	32 B	32 B	34 B	38 B	31 B	33 B	30 B
Carbono (%)	10,8 A	10,8 A	10,8 A	13,0 A	13,0 A	13,0 A	13,0 A	13,0 A	13,0 A	19,0 A	13,0 A	13,0 A
Mat. Org. (%)	18,6 A	18,6 A	18,6 A	22,3 A	22,3 A	22,3 A	22,3 A	22,3 A	22,3 A	32,8 A	22,3 A	22,3 A
Zinco (mg/dm ³)	5,05	5,38	4,89	5,71	6,20	6,50	5,09	5,98	5,19	5,57	5,70	1,52
Cobre (mg/dm ³)	0,59	0,63	0,65	0,83	0,68	0,67	1,32	0,75	0,49	0,67	1,04	1,09
Ferro (mg/dm ³)	650,91	697,91	812,84	808,58	774,49	757,15	722,02	808,03	799,07	790,64	782,89	842,46
Manganês (mg/dm ³)	18,18	17,71	25,43	22,05	17,06	18,76	23,73	23,85	22,45	20,40	21,29	23,07
Enxofre (mg/dm ³)	81,93	75,50	99,16	144,51	149,21	86,52	81,93	84,18	244,85	110,76	88,90	96,48
Boro (mg/dm ³)	0,31	0,35	0,35	0,47	0,43	0,55	0,35	0,35	0,51	0,35	0,43	0,47

¹ Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do DCS/UFLA

² Avaliação dos níveis realizadas de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 4^o Aproximação, 1989. AcE (acidez elevada); A (alto); M (médio); B (baixo) e MB (muito baixo)

sendo aplicados nos tratamentos testemunha e quando os mesmos foram omitidos da adubação. As fontes utilizadas também foram produtos p.a. (uréia, ácido fosfórico e cloreto de potássio).

Nos primeiros 15 dias após a realização do desbaste, os vasos foram mantidos com 80% do espaço poroso total preenchido pela água (desmineralizada), através de irrigações diárias. À partir daí o solo foi saturado, até a manutenção de uma lâmina d'água constante de $4 \pm 0,5$ cm, conforme metodologia adotada por Pereira (1985).

Das três plantas que permaneceram nos vasos, uma foi colhida por ocasião da floração, sendo colhida a primeira planta a emitir panícula. As demais foram levadas até a maturação dos grãos. Na colheita, as plantas foram cortadas rente ao solo e a parte aérea levada a secar em estufa a 60°C até peso constante.

Neste trabalho, foram feitas análises das características obtidas na maturação dos grãos: número de perfilhos e de panículas por planta, altura de planta (cm), matéria seca da parte aérea (g) e quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea. As médias dos tratamentos foram comparadas, utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5%, conforme Pimentel Gomes (1984). As amostras da parte aérea foram submetidas a digestão nítrico-perclórica em bloco digestor. No extrato resultante, determinaram-se os teores de Ca, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu por espectrofotometria de absorção atômica; o de K por fotometria de chama; a de P por colorimetria; o de S por turbidimetria e o de N pelo método micro Kjeldahl. Para determinação do Boro, as amostras foram submetidas à digestão por via seca (incineração), quantificando-se posteriormente o seu conteúdo através da técnica da curcumina.

8.3 Resultados e discussão

Os resultados de produção de grãos não foram apresentados, devido ao elevado chochamento ocorrido no interior da casa de vegetação. Este fato foi atribuído às altas temperaturas observadas na diferenciação do primórdio floral (superior a 42°C em três dias seguidos e por período superior a duas horas), período considerado crítico por Andrade (1991), quando as temperaturas são superiores a 38°C. Portanto, foi colhida toda a parte aérea e determinada a matéria seca para avaliação dos tratamentos. A ausência dos dados de produção de grãos não é fator limitante à discussão dos resultados, já que segundo Paula et al. (1990), a produção de matéria seca da parte aérea também é uma indicação do fornecimento de nutrientes pelo solo, bem como os elementos deficientes.

Na literatura consultada, não foram encontrados trabalhos relacionados com sucessão feijão x arroz em solos de várzeas, dificultando a discussão dos dados do presente trabalho. A maioria estudou culturas isoladas.

A análise química do solo, antes da semeadura do arroz, mostra que após o cultivo do feijoeiro (Quadro 21) a acidez permaneceu elevada; o fósforo com altos teores em todos os tratamentos; o potássio com teores médios, exceto na omissão do S e do B, em que os teores foram baixos; o cálcio foi alto em todos os tratamentos, exceto na testemunha e omissão da calagem, em que foram médios; o magnésio teve teor médio na testemunha e omissão Zn, e alto nos demais; a porcentagem de saturação por bases (V%) foi baixa em todos os tratamentos, exceto na testemunha e omissão da calagem, em que foram muito baixos; o teor de matéria orgânica permaneceu sempre alto, independente dos tratamentos. Para os micronutrientes, o Zn, Cu e Mn estão acima dos níveis considerados críticos e, para o B,

somente nos tratamentos completo, testemunha e omissões de calagem, S, B e Cu os níveis estão inferiores aos críticos (Lopes e Carvalho, 1988, em primeira aproximação).

Pelos dados mostrados no Quadro 22, verifica-se que maiores prejuízos em termos de acúmulo de matéria seca pela parte aérea do arroz ocorreram na testemunha (59%), e na omissão do N (49%) e do K (38%), que diferiram significativamente dos demais. Na omissão do N esta redução foi devida, em parte, ao menor número de perfilhos e de panículas por planta e, na omissão do K, a menor altura de planta, quando comparado ao tratamento completo.

QUADRO 22. Número de perfilhos e de panículas por planta, altura de planta (cm) e acúmulo de matéria seca (g/2 plantas) na parte aérea do arroz, colhido na maturação dos grãos, 1995. UFLA, Lavras, MG, 1996.

Tratamentos	Número perfilhos	Número panículas	Altura Planta	Matéria Seca	Matéria Seca relativa ⁽¹⁾
Completo	11,75 bc	11,75 ab	76,70 a	84,63 a	100
Testemunha	7,50 cd	7,50 bc	60,60 bc	34,96 b	41
- N	6,88 d	6,75 c	68,63 ab	43,43 b	51
- P	12,25 abc	12,00 ab	73,53 a	82,83 a	98
- K	13,88 ab	13,63 a	56,13 c	52,88 b	62
- S	12,50 ab	12,13 ab	73,47 a	80,46 a	95
- Calcário	16,88 a	16,13 a	69,30 a	88,86 a	105
- B	14,00 ab	13,88 a	69,07 a	87,07 a	103
- Cu	13,75 ab	13,75 a	72,45 a	88,54 a	105
- Zn	14,25 ab	13,75 a	71,85 a	87,28 a	103
- Mo	14,50 ab	13,88 a	73,44 a	94,26 a	111
- Co	13,63 ab	13,25 a	71,20 a	91,72 a	108
CV (%)	15,12	15,35	4,87	11,16	-

⁽¹⁾ Considerando-se o acúmulo de matéria seca no tratamento completo igual a 100

Em cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Para o nitrogênio estes resultados concordam com os obtidos por outros trabalhos em solo de várzea, em que esse nutriente é um dos mais limitantes à produção de grãos pelo arroz (Blanco et al., 1964; Leite et al., 1970; Paula et al., 1990 e 1991).

Resultados semelhantes para o potássio também foram obtidos por Blanco et al. (1964) e Paula et al. (1990), tendo a omissão desse nutriente provocado reduções na produção de matéria seca pelo arroz.

Para o fósforo, que não diferiu do completo em relação ao acúmulo de matéria seca na parte aérea do arroz, os resultados não concordam com os observados por Novais et al. (1972), em que o fósforo era o que mais limitava a produção de grãos pelo arroz em solos de várzeas de Minas Gerais.

Não houve efeito da calagem no acúmulo de matéria seca pelo arroz. Os dados envolvendo calagem em solos explorados com a cultura do arroz inundado não são ainda conclusivos, encontrando-se desde respostas positivas a esta prática (Guilherme, 1990) a resultados negativos (Pereira, 1985). A falta de resposta à calagem para a cultura do arroz está em função da elevação natural do pH nos solos inundados (Moraes e Freire, 1974). Entretanto, Pedroso (1985), sugere aplicar uma tonelada de calcário dolomítico por hectare quando a soma de Ca + Mg acusar menos de 50 mmol. dm^{-3} , para suprir a planta destes nutrientes. Pelo Quadro 21 verifica-se que somente os tratamentos testemunha e omissão de calagem apresentaram valores inferiores a este, o que justificaria a utilização do calcário neste caso.

Não foram também obtidas respostas aos micronutrientes, concordando com os dados obtidos por Leite et al. (1970). Mas Paula et al. (1990) verificaram que a omissão de Zn e Cu da adubação contribuíram para reduzir a matéria seca da parte aérea do arroz em solo Gleic Húmico de Minas Gerais.

No Quadro 23, são apresentadas as quantidades de nutrientes acumulados na parte aérea da planta. Além da testemunha, somente na omissão do N é que o acúmulo de nutrientes (exceto K, B e Mn) foi significativamente menor quando comparado ao tratamento completo, justificando a redução drástica no acúmulo de matéria seca pela parte aérea do arroz (Quadro 22). Entretanto, os resultados obtidos na omissão do K não explicam a redução da matéria seca, já que ocorreram diferenças significativas em relação ao completo somente no acúmulo do P e do K.

Na omissão do P não houve maior absorção de Zn, não diferindo significativamente do tratamento completo. A interação P x Zn no processo de absorção é fato já bem conhecido na literatura, como ocorreu nos trabalhos realizados por Lopez e Malavolta (1974) e Fageria e Zimmermann (1979), que observaram que a deficiência de Zn está associada aos altos níveis de P disponível no solo, podendo ser induzida pela aplicação de adubos fosfatados. As relações Zn/P foram amplas em todos os tratamentos, exceto na testemunha e na omissão de N, tendo esta relação sido inferior àquela observada no tratamento completo.

No tratamento em que se omitiu o K, a absorção de P e de K foi significativamente menor em relação ao completo, sendo que neste tratamento as relações K/Ca e K/Mg foram 2,47 e 3,16 vezes menores, respectivamente, quando comparados ao tratamento completo.

Para os micronutrientes, só foram observados resultados significativos na absorção e acúmulo de S, B e Cu, tendo a omissão de alguns destes micronutrientes aumentado esse acúmulo, em relação ao completo.

QUADRO 23. Quantidade de nutrientes na parte aérea do arroz colhido na maturação dos grãos, cv. Inca, em solo orgânico em sucessão ao feijoeiro, 1995. UFLA, Lavras (MG), 1996.

Tratamentos	Nutrientes										
	N*	P*	K*	Ca*	Mg*	S*	Fe*	B**	Cu**	Mn**	Zn**
Completo	989,7 a	225,7 ab	546,4 ab	319,1 ab	185,8 ab	121,6 d	38,30 b	312,3 bc	499,6 bc	9204 ab	7150 ab
Testemunha	437,3 b	92,2 e	139,0 c	108,5 d	80,8 d	69,8 e	15,16 c	64,5 c	164,8 e	3985 c	2657 c
- N	455,1 b	131,1 de	408,5 abc	142,4 cd	91,9 cd	69,6 e	15,12 c	131,7 c	190,1 de	5434 bc	2957 c
- P	983,4 a	162,6 bcd	477,3 ab	252,5 bcd	125,5 bcd	122,1 cd	35,70 b	148,5 c	387,7 cd	5824 bc	6034 bc
- K	745,8 ab	159,9 cd	137,5 c	196,8 bcd	147,8 abcd	132,0 bcd	25,12 bc	209,7 c	368,4 cde	6086 bc	5930 bc
- S	1044,5 a	204,5 abc	445,8 ab	313,6 ab	173,9 abc	138,5 bcd	39,58 b	172,8 c	469,9 bc	7816 abc	7314 ab
- Calcário	1017,2 a	246,7 a	609,8 a	298,5 abc	130,7 bcd	168,0 abcd	84,25 a	319,3 bc	648,4 ab	10172 ab	10368 a
- B	1044,8 a	216,6 abc	515,5 ab	346,3 ab	176,2 abc	139,5 bcd	38,98 b	203,3 c	542,5 abc	8280 abc	8367 ab
- Cu	1037,7 a	219,7 abc	443,1 ab	348,1 ab	167,9 abcd	168,9 abc	34,37 b	715,7 ab	455,8 bc	9459 ab	8402 ab
- Zn	877,4 ab	248,0 a	610,4 a	450,2 a	227,5 a	200,1 a	44,88 b	894,2 a	551,5 abc	12296 a	7747 ab
- Mo	1055,1 a	223,8 abc	287,9 bc	292,2 abc	151,1 abcd	193,1 a	40,99 b	1160,9 a	722,8 a	7862 abc	10733 a
- Co	1098,9 a	233,8 a	402,0 abc	319,8 ab	157,0 abcd	174,1 ab	35,50 b	233,8 c	549,1 abc	8380 abc	8381 ab
CV (%)	23,33	13,36	26,37	22,85	23,37	13,42	12,74	24,36	18,28	26,44	20,71

* em mg/2 plantas

** em µg/2 plantas

Em cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Ainda em relação aos macronutrientes, Gargantini e Blanco (1965) observaram que a ordem decrescente de absorção pelo arroz foi de N, K, Ca, Mg e P e, neste trabalho, constataram-se alterações em relação aos nutrientes Mg e P, sendo o S o menos absorvido. Para os micronutrientes, Barbosa Filho (1987) cita que a ordem decrescente de exigência é de Fe, Mn, Zn, B e Cu e, neste trabalho, também ocorreu alteração quanto aos nutrientes B e Cu.

8.4 Conclusões

1. A omissão de N e K provocou redução na produção de matéria seca, o que evidencia o suprimento inadequado deles pelo solo, e o baixo efeito residual do K em cultivos sucessivos. Entretanto, deve-se também levar em consideração a remoção da parte aérea do feijoeiro.
2. Na omissão do N a redução no acúmulo de nutrientes na parte aérea foi drástica, quando comparado ao tratamento completo.
3. A ordem decrescente de acumulação para macronutrientes foi N, K, Ca, P, Mg e S e, para micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu e B.

8.5 Referências Bibliográficas

- ANDRADE, A.X. A produção do arroz e a influência dos fatores climáticas. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v.44, n.397, p.3-4, jul./ago. 1991.
- ANDRADE, M.J.B. de; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P. **Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Lavras: UFLA/Coordenadoria de Extensão, 1992. 12p. (Circular, 6).

- AMORIM NETO, S.; FERNANDES, G.M.B.; OLIVEIRA, A.B. de; ANDRADE W.E. de B.; PEREIRA, R.P.; SILVA, V.R. da. **Recomendação de cultivares de arroz para as várzeas úmidas e irrigadas da Região Norte Fluminense e Baixadas Litorâneas.** Niterói, PESAGRO-RIO, 1986. 4p. (Comunicado Técnico, 172).
- AMORIM NETO, S.; FERNANDES, G.M.B.; OLIVEIRA, A.B. de; ANDRADE, W.E. de B.; PEREIRA, R.P. **Novas cultivares de arroz irrigado.** Niterói: PESAGRO-RIO, 1988. n.p. (Série Documentos, 10).
- BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz, sequeiro e irrigado.** Piracicaba: POTAFOS, 1987. 129p. (Boletim Técnico, 9).
- BLANCO, H.G.; WUTKE, A.C.P.; AMARAL, A.Z. do; IGUE, K.; VERDADE, F.C. **Fertilidade de alguns solos de várzeas do Vale do Paraíba.** *Bragantia*, Campinas, v.23, n.6, p.55-62, fev. 1964.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 4ª Aproximação.** Lavras, 1989. 159p.
- EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 1992. 151p. (Dissertação - Mestre em Fitotecnia).
- FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. de. **Respostas das culturas de arroz e feijão em sucessão a adubação em solo de cerrado.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.3, p.359-368, mar. 1995.
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. **Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz de sequeiro.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.30, n.2, p.88-92, 1979.
- FERNANDES, S.G.; FERNANDES, J.C. **Diagnóstico da cultura do arroz no Norte Fluminense.** Niterói, PESAGRO-RIO, 1986. 16p. (Série Documentos, 1).
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. **Absorção de nutrientes pela cultura do arroz.** *Bragantia*, Campinas, v.24, n.38, p.515-528, set. 1965.
- GUILHERME, L.R.G. **Calagem e inundação em solos de várzea cultivados com arroz: alterações em pH, nitrogênio, fósforo e enxofre.** Lavras: UFLA, 1990. 112p. (Dissertação - Mestre em Solos e Nutrição de Plantas).
- LAMSTER, E.C. **Programa nacional de aproveitamento racional de várzeas. PROVÁRZEAS NACIONAL. Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.6, n.65, p.3-8, maio 1980.

- LEITE, N.; GARGANTINI, H.; HUNGRIA, L.S.; IGUE, T. Efeitos do nitrogênio, fósforo, calcário e micronutrientes em cultura de arroz irrigado no Vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, v.29, n.25, p.273-285, ago. 1970.
- LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. de. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKERT, C.M. & LANTMANN, A. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA - CNPSo / IAPAR / SBCS, 1988. p.133-178.
- LOPES, G., O.E.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre as relações entre zinco e fósforo na nutrição da planta. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.31, p.467-483, 1974.
- MORAES, J.F.V.; FREIRE, C.J.S. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.9, p.35-43, 1974.
- NOVAIS, R.F. de; BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V.; FAJARDO, C.M.; AMARAL, F.A.L. Níveis ótimos de NPK na adubação de arroz irrigado em solos de várzeas da Zona da Mata, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.19, n.101, p.63-77, jan./fev. 1972.
- PAULA, M.B. de; CARVALHO, J.G. de; SOARES, A.A.; NOGUEIRA, F.D. Avaliação da fertilidade de um solo de várzea (glei húmico) para a cultura do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.571-577, abr. 1990.
- PAULA, M.B. de; CARVALHO, J.G. de; NOGUEIRA, F.D.; SOARES, A.A. Curva de resposta e avaliação do nitrogênio em solos de várzeas para o arroz inundado. REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ, 19, 1991. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. 350p.
- PEREIRA, L.F. **Efeitos da aplicação de calcário, fósforo e zinco no crescimento e nutrição do trigo (*Triticum aestivum* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.) em dois solos de várzeas do Estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1985. 135p. (Dissertação - Mestre em Solos e Nutrição de Plantas).
- PEDROSO, B.A. **Arroz irrigado: obtenção e manejo de cultivares**. Porto Alegre: Sagra, 1985. 175p.
- PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 160p.
- SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: J. Wiley, 1976. 618p.
- SANTOS, H.P. dos; ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XIV. Efeito de culturas de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica do solo, no período agrícola

de 1980 a 1986. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.3, p.303-310, 1989.

SILVA, C.C. da. Feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.65, p.50-54, maio 1980.

9 CONSIDERAÇÕES GERAIS

9.1 Arroz

De maneira geral, independente dos tratamentos empregados, verifica-se que o cultivo do arroz em sucessão ao feijoeiro reduziu o número de perfilhos e de panículas por planta, a altura de planta e a matéria seca da parte aérea, tanto na floração quanto na maturação, quando comparado ao arroz em primeiro cultivo. Considerando-se apenas o tratamento completo na avaliação realizada na maturação, o número de perfilhos e de panículas por planta foram reduzidos em 56% e 52%, respectivamente; as plantas tiveram sua altura diminuída em 10,6% e, conseqüentemente, reduções de 50,8% na produção de matéria seca. Apesar das adubações empregadas para cada cultura, as análises químicas efetuadas caracterizam um esgotamento do solo em função do cultivo sucessivo, embora a parte aérea das plantas colhidas não tenham retornado ao solo, o que pode ter contribuído para o agravamento destes resultados. Apesar desta consideração, não se pode descartar a hipótese de efeitos alelopáticos entre as culturas, tendo em vista o sistema fechado (vasos) em que o trabalho foi conduzido, diferentemente das condições de campo.

Com relação aos tratamentos utilizados observa-se que as omissões de N e K reduziram o acúmulo de matéria seca pela parte aérea do arroz, tanto em primeiro cultivo quanto em sucessão ao feijoeiro. Neste caso, os efeitos da omissão do N já foram observados no acúmulo

de matéria seca na floração, o mesmo não sendo observado em relação ao K; esta redução se deveu, em parte, ao menor número de perfilhos por planta para o N e, para o K, a menor altura de planta. Apesar do alto teor de K e o elevado teor de matéria orgânica inicial do solo, as necessidades da planta do arroz não foram supridas em relação a esses nutrientes, o que leva a supor que o teor de matéria orgânica não se mostrou bom indicador da disponibilidade de N neste solo para o arroz, e a utilização do método tradicional de análise de solo para o K em solo orgânico, também não é bom indicativo da sua disponibilidade para a cultura.

Os teores dos macronutrientes na parte aérea do arroz foram semelhantes, independente de ser em primeiro cultivo ou em sucessão ao feijão. Houve diferenças em relação ao acúmulo destes nutrientes, devido à produção de matéria seca, que foi maior para o arroz em primeiro cultivo. Entretanto, alguns tratamentos quando o arroz foi cultivado em seqüência ao feijoeiro proporcionaram baixos valores no teor de S e, com o uso mais intensivo do solo, este nutriente poderá também se tornar limitante.

Dos macronutrientes avaliados, os teores de N e K na matéria seca da planta, independente dos tratamentos, obtiveram valores inferiores aos considerados como críticos para a cultura do arroz, o que os tornam em condição de carência.

Com relação aos teores de micronutrientes na parte aérea, só foram evidenciadas diferenças em relação ao boro, cujo teor para o arroz em primeiro cultivo foi bem superior ao teor observado quando em sucessão ao feijoeiro, sem prejudicar, entretanto, o acúmulo de matéria seca pela planta.

9.2 Feijão

De maneira semelhante ao observado anteriormente, o cultivo do feijoeiro em sucessão ao arroz reduziu todas as características avaliadas, seja na floração ou na maturação dos grãos. Considerando-se apenas o tratamento completo na avaliação realizada na maturação, a redução observada foi a de 43,2% no número de vagem; 51,1% no número de grãos por planta; 13% no número de grãos por vagem; 39,3% na matéria seca das vagens; 35,2% na matéria seca de folhas + ramos + caules; 42,9% na matéria seca dos grãos e 40,4% na matéria seca da parte aérea. As explicações dessa redução são as mesmas já discutidas no caso do arroz.

Diferentemente do observado pelo arroz, ocorreu resposta diferenciada à omissão dos nutrientes em função do tipo de cultivo. Desta maneira, em condição de primeiro cultivo maiores reduções na matéria seca da parte aérea foram observadas nas omissões de N e P e, em cultivo sucessivo, às de N e K. Em condições de primeiro cultivo, é provável que o método tradicional de análise de solo para o P também não se correlacione ao disponível para as plantas do feijoeiro e, em condições de cultivo seqüencial, a cultura pode ter sido beneficiada pelo aumento do fósforo disponível em função da inundação do solo no cultivo do arroz. Nesta condição, além do N, somente a omissão do K contribuiu para reduzir a matéria seca de grãos pelo feijoeiro, devido também à grande exigência do arroz por estes nutrientes.

Apesar dos teores de K, Ca, Mg, S, B, Zn e Fe observados na matéria seca do feijoeiro em sucessão ao arroz serem inferiores aos níveis críticos, somente na testemunha e na omissão de N e K é que o acúmulo de nutrientes foi significativamente menor, inclusive com manifestação visual de deficiência (N e K).

Independente do tipo de cultivo avaliado, foi constatado sintoma visual de toxidez de manganês, fator que deverá ser levado em consideração na melhor utilização destes solos para o feijoeiro.

9.3 Sugestões de Pesquisa

Os dados obtidos no presente trabalho confirmam os encontrados por outros autores, em que o potencial de fertilidade natural dos solos de várzea é extremamente variável e complexo. Esta complexidade é ainda mais acentuada em função da dificuldade de se usar parâmetros de análises de rotina em fertilidade do solo para prever graus de resposta ao uso de corretivos e fertilizantes.

A dificuldade de predizer respostas a P e K nos solos de várzeas pelo uso do extrator de Mehlich 1 indica a necessidade de aperfeiçoamento de metodologia de análise desses nutrientes no solo, para a diagnose da fertilidade.

Sugere-se também estudos adicionais para estabelecimento de níveis críticos de P e K nesses solos, pois os teores estabelecidos como adequados para solo de sequeiro não mostraram-se adequados.

Em condições de cultivo sucessivo torna-se necessário estudar os possíveis efeitos alelopáticos das culturas envolvidas entre si, principalmente em função de seus sistemas radiculares.

Sugere-se também estudos detalhados sobre métodos de extração, correlação e calibração de micronutrientes para esta situação específica de solos.

Sugere-se ainda a condução de trabalhos a nível de campo, relacionado ao cultivo sucessivo arroz-feijão, para avaliação econômica e viabilidade de recomendação aos produtores.