

***RESULTADOS DE PESQUISA DA
EMBRAPA SOJA - 2000***

SOLOS

Organização:

Clara Beatriz Hoffmann-Campo

Embrapa Soja

Odilon Ferreira Saraiva

Embrapa Soja



Comitê de Publicações

Presidente	JOSÉ RENATO BOUÇAS FARIAS
Secretária Executiva	CLARA BEATRIZ HOFFMANN-CAMPO
Membros	ALEXANDRE LIMA NEPOMUCENO ANTÔNIO RICARDO PANIZZI CARLOS ALBERTO ARRABAL ARIAS FLÁVIO MOSCARDI JOSÉ FRANCISCO FERRAZ DE TOLEDO LÉO PIRES FERREIRA NORMAN NEUMAIER ODILON FERREIRA SARAIVA
Bibliotecário	ADEMIR BENEDITO ALVES DE LIMA
Coordenador de Editoração	ODILON FERREIRA SARAIVA

Diagramação

NEIDE MAKIKO FURUKAWA SCARPELIN

Tiragem

400 exemplares
Agosto/2001

Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2000: solos /
Clara Beatriz Hoffmann Campo, Odilon Ferreira Saraiva
(organizador). - Londrina: Embrapa Soja, 2001.
44p. -- (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X;
n.162)

1.Soja-Solo-Brasil. 2.Solo. I.Hoffmann Campo, Clara
Beatriz. II.Saraiva, Odilon Ferreira. III.Título. IV.Série.

CDD 633.340981

APRESENTAÇÃO

Neste Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja são apresentados os principais trabalhos de pesquisa executados nesta Unidade, durante o ano de 2000. Têm por objetivo, informar aos pesquisadores, aos professores, aos técnicos ligados à extensão rural e à assistência técnica e aos demais interessados as mais recentes pesquisas em soja, girassol e trigo desenvolvidas pela Embrapa Soja. Num elenco de nove volumes, estão contidos trabalhos relativos aos projetos e aos subprojetos inseridos nos programas 01 (Recursos Naturais), 02 (Recursos Genéticos), 04 (Grãos), 12 (Automação), 13 (Desenvolvimento), 14 (Informação) e 18 (Comunicação e Negócios).

No presente volume são apresentados os principais resultados obtidos na área de Solos.

José Renato Bouças Farias

*Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja*

SUMÁRIO

FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA PARA SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO EM SEMEADURA DIRETA E CONVENCIONAL	7
1. Potássio no Solo e Nutrição Mineral na Sucessão Soja-Trigo em Sistema de Semeadura Direta (04.2000.326-01)	8
2. Produtividade e Análise de Alternativas para a Nutrição de Soja em Latossolo Roxo Distrófico sob Semeadura Direta (04.2000.326-02)	10
3. Adubação e Nutrição da Soja em Solos Tropicais de Baixa Latitude, em Sistema de Semeadura Direta e Convencional (04.2000.326-03)	17
4. Adubação da Soja com Macro e Micronutrientes e Manejo da Fertilidade do Solo em Rotação de Culturas em Solos do Brasil (04.2000.326-04)	23
5. Estudo da Disponibilidade de Enxofre para a Cultura da Soja em Solos do Brasil (04.2000.326-05)	35
6. Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral da Soja para Sistemas Sustentáveis de Produção no Amapá (04.2000.326-06)	37
7. Níveis de Zn, Mn, Cu e B para Cultivo da Soja, em Latossolos de Textura Média, nos Cerrados de Roraima (04.2000.326.07)	41
8. Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação de Adubação -DRIS - na Cultura da Soja em Rondônia (04.2000.326-08)	43

FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA PARA SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO EM SEMEADURA DIRETA E CONVENCIONAL

Nº do Projeto: 04.2000.326

Líder: Clovis Manuel Borkert

Nº de Subprojetos que compõem o projeto: 08

Unidades/Instituições participantes: Embrapa Soja, Embrapa Soja Campo Experimental de Balsas, Jircas, CNPq, Embrapa Centro de Pesquisa Agroflorestal do Amapá, Embrapa Centro de Pesquisa Agroflorestal de Roraima, Embrapa Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia e Cooperativa Coamo

O cultivo da soja estende-se de Sul a Norte do Brasil, ocupando uma área de aproximadamente 13 milhões de hectares em um número muito variado de solos, desde arenosos a extremamente argilosos, com grande variação de uso e manejo. Este projeto de pesquisa é composto de subprojetos, com experimentos conduzidos nos Estados do Paraná, Mato Grosso, Maranhão, Piauí, Amapá, Roraima e Rondônia, com o objetivo de encontrar solução aos problemas e procurando agregar, também, ano após ano, novas informações obtidas nesta rede de experimentos, para melhorar e atualizar as tabelas de recomendação de adubação destes Estados.

Alguns resultados relevantes, obtidos nas ultimas safras, são apresentados nos 8 subprojetos componentes deste projeto de pesquisa.

Nos primeiros cinco anos em que os experimentos de potássio foram conduzidos no campo, não foram observados efeitos do K aplicado em cobertura na produtividade da soja, no peso de 100 sementes e no teor de K nas folhas comparado ao K aplicado todo na semeadura. Isto demonstra não haver vantagem alguma em aplicar potássio a lanço em cobertura, nos três solos argilosos do Paraná, onde foram conduzidos os experimentos.

No estudo da sustentabilidade da produção de soja e trigo em sucessão, em latossolo roxo distrófico, após o sétimo ano, com a aplicação de adubo para o cultivo do trigo, é possível obter boas produções de soja, mantendo a fertilidade do solo para o sistema. Assim, é possível obter produtividades de trigo de até 3200 kg/ha e de soja de até 3800 kg/ha, em anos em que todos componentes da produção estejam favoráveis e principalmente, com a distribuição pluviométrica ideal, durante o ciclo das culturas.

Nos experimentos com os micronutrientes zinco, manganês, cobre e boro no Sul do Maranhão, após três anos de cultivo, nos três solos, não foram observados efeitos de zinco, manganês e boro sobre a produtividade da soja. Na

última safra, 1999/00, foi observada resposta a cobre, com a produção de 3900 kg/ha de soja, com teores de cobre nas folhas de 9,64 mg de Cu/ha.

No Estado do Mato Grosso são conduzidos os experimentos de calibração de micronutrientes e de doses de K X épocas de aplicação. Nos experimentos de calibração de zinco, manganês, cobre e boro, os teores destes elementos, tanto no solo como na planta, encontram-se acima do teor crítico no solo e do nível de suficiência na planta, eliminando a probabilidade de resposta em produtividade da soja. No experimento de doses e épocas de aplicação de potássio, foi observado efeito de doses de K, mas não foi observado efeito da época de aplicação.

No trabalho de disponibilidade de enxofre para a cultura da soja em solos do Brasil, foi observada resposta de produção de soja a S em cerrado no Sul do Maranhão. No cerrado nativo em cultivo de primeiro ano, o enxofre é o fator mais limitante e o segundo elemento limitante é o boro.

No cerrado do Amapá, os resultados preliminares obtidos, indicam ser o fósforo e o potássio os nutrientes mais limitantes na abertura do cerrado daquela região, mais importantes do que a aplicação de calcário.

Nos experimentos de calibração de micronutrientes, conduzidos no cerrado de Roraima, não foram observadas respostas a zinco, cobre e manganês, mas foi observado acréscimo de produção, vigor e emergência de plantas com a adição de doses de boro.

1. Potássio no Solo e Nutrição Mineral na Sucessão Soja-Trigo em Sistema de Semeadura Direta (04.2000.326-01)

Clovis Manuel Borkert¹,
Áureo Francisco Lantmann¹, César de Castro¹,
Gedi Jorge Sfredo¹, Kiyoko Hitsuda² e
Tsuioishi Yamada³

Os Latossolos Roxos eutróficos, distróficos e álicos (LRe, LRd, e LRa) e os Latossolos Vermelho-Escuros álicos (LEa), ocupam juntos mais da metade dos solos agricultáveis do Estado do Paraná. Estes solos foram intensamente cultivados, por muitos anos desde o início da

década de sessenta, sem o devido cuidado de manejo e sem a reposição dos nutrientes retirados pelas culturas. Após alguns anos de cultivo destes solos, devido ao mau manejo, tem diminuída a fertilidade e só é possível produzir boas colheitas com adubações minerais pesadas. O elemento mais rapidamente esgotado neste processo é o potássio e nos últimos anos, tem sido um dos fatores da queda do rendimento de muitos cultivos.

Cinco experimentos foram conduzidos com soja e com trigo, sobre solos que foram no passado exaustivamente esgotados em K, nos quais os teores de potássio baixaram a limites próximos do limite inferior de detecção do método de extração do solo e da análise química.

¹ Pesquisador Embrapa Soja

² Pesquisador convênio JIRCAS/Embrapa Soja

³ Colaborador/Potafós

Nessas condições de solo com baixa disponibilidade de K, foram caracterizadas as curvas de resposta à aplicação de potássio em quatro solos e também a resposta a adubação de K em cobertura.

Durante dez anos foi cultivada a sucessão soja-trigo nas mesmas parcelas e na safra 1993/94, um cultivo de girassol e um cultivo de milho, promovendo uma rotação de culturas. Em 1994/95, no início do subprojeto, começou a segunda e nova fase do estudo de potássio nos experimentos de Londrina, de Campo Mourão e de Mauá da Serra, nos quais os tratamentos consistiram dos mesmos níveis estabelecidos nos anos anteriores, porém, com a aplicação dos tratamentos de K todo a lanço na semeadura comparado com a aplicação parcelada, onde parte foi aplicada na semeadura (na base a lanço) e outra parte em cobertura a lanço, aproximadamente 30 dias após a germinação.

Nos experimentos de adubação de potássio a lanço em cobertura, não foram observados efeitos na produtividade, no peso de 100 sementes e no teor de K nas folhas, nos cinco anos em que os experimentos foram conduzidos em três solos. Portanto, não há vantagem alguma em aplicar potássio a lanço em cobertura, nestes três solos argilosos do Paraná.

No Latossolo Vermelho-Escuro álico, (LEa₃) em Ponta Grossa, no período 1990/91 a 1994/95 foram estudadas respostas à adubação de níveis de K aplicados, a lanço e no sulco, anualmente. No início deste subprojeto, em 1994, foi dada a partida para a segunda e nova fase, quan-

do de 1995 a 1999 foi estudado o efeito residual das doses de K aplicadas anteriormente. Não foi observada, durante cinco anos, diferença entre os métodos de aplicar K, a lanço e no sulco de semeadura, na produtividade da sucessão soja-trigo. O maior efeito residual sobre a produtividade foi obtido com a dose de 200kg de K₂O ha⁻¹, com um total de 1000kg de K₂O ha⁻¹, aplicados nos primeiros cinco anos. Nos cinco anos seguintes de efeito residual, este tratamento manteve a maior produtividade, o maior peso de 100 sementes e a maior concentração de K nas folhas. Enquanto a produtividade devida ao efeito residual das doses 40 e 80kg de K₂O ha⁻¹, por ano, foi significativamente menor.

A disponibilidade de potássio nos três solos (LRe, LRa e LRd) foi exaurida tanto na camada arável (0-20cm) como abaixo (20-40cm) nos seis anos de efeito residual, baixando a disponibilidade a teores menores que 0,09cmol_cdm⁻³, abaixo do ponto crítico de 0,15cmol_cdm⁻³ nestes solos. Exceto para potássio, a fertilidade destes três solos, tem sido mantida em nível bom ao longo dos quatorze anos de experimentação, pela aplicação de calcário, quando necessário para corrigir a acidez, e aplicação anual de 100kg de P₂O₅/ha, mantendo, assim, os níveis de fósforo acima do suficiente para boas produtividades. Mesmo após seis anos de aplicação das doses de potássio de 1994 a 1999, nos dois primeiros anos do estudo de adubação de K em cobertura, a recuperação dos teores de K-trocável para valores próximos ao ponto crítico foi lenta na camada arável (0-20cm) e na

profundidade de 20-40cm, nos três solos estudados. Somente no Latossolo Roxo eutrófico nos tratamentos, com dois anos de adubação pesada de potássio, 160 e 200kg de K_2O ha^{-1} , os teores de K-trocável retornaram a valores superiores ao nível crítico, após terem sido esgotados a $0,09cmol_c dm^{-3}$ em 1994 (Tabelas 1, 2 e 3). Com o teor baixo de K-trocável nos três solos, foi observada resposta significativa e crescente da produtividade da soja às doses de potássio aplicadas. Porém, nos cinco anos e nos três solos, não foi observada diferença significativa na produtividade da soja pela aplicação de potássio em cobertura, comparada à aplicação de todo adubo na semeadura.

Os experimentos desse subprojeto nos próximos anos serão usados para avaliação de resposta do girassol do milho e do trigo à doses e épocas de aplicação de K.



2. Produtividade e Análise de Alternativas para a Nutrição de Soja em Latossolo Roxo Distrófico sob Semeadura Direta (04.2000.326-02)

Áureo Francisco Lantmann¹, Cesar de Castro¹, Gedi Jorge Sfredo¹ e Clovis Manuel Borkert¹

Um sistema de produção agrícola exige o uso de adubos em quantidades próprias, para atender a situações econômicas e ao mesmo tempo conservar a

fertilidade do solo para manter ou elevar a produtividade do sistema. Isso tudo pode ser conseguido quando se identificam claramente os fatores limitantes e se avalia a disponibilidade dos nutrientes existentes no solo, sendo possível, assim, ajustar as práticas de adubação a cada caso.

Ultimamente, tem sido freqüente a dispensa dos fertilizantes em latossolo roxo, por agricultores, sem que isso afete a produtividade da soja. Essa prática, sem um acompanhamento técnico, pode, com tempo, inviabilizar um sistema produtivo, como soja-trigo-milho, levando solos, originalmente férteis, à situação de exaustão.

Para se estudar os efeitos de ausência ou aplicação de adubação para soja e trigo em solo latossolo roxo distrófico, está sendo conduzido um experimento no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, com os seguintes objetivos:

- Avaliar o potencial de fertilidade do solo latossolo roxo distrófico;
- Avaliar a necessidade de adubação fosfatada e potássica para a soja nas situações de ausência e presença de adubações no cultivo de trigo, num sistema contínuo soja/trigo;
- Avaliar a capacidade de aproveitamento, pelas culturas da soja e trigo, de adubações efetuadas para ambas as culturas;

No presente relato serão apresentados os resultados relativos ao cultivo de trigo do ano 2000 e soja do ano 2000/2001, os teores de fósforo e potássio no solo após o cultivo do trigo e a análise

¹ Embrapa Soja

TABELA 1. Evolução do teor de potássio no solo, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, em duas profundidades de amostragem, em função das doses de potássio aplicadas anualmente, no Latossolo Roxo eutrófico em Londrina. Média de quatro repetições, de amostragem feitas após a colheita da soja

Dose ¹	Safr 1994/95		Safr 1995/96		Safr 1996/97		Safr 1997/98		Safr 1998/99	
	L Sem ²	L Sem + C ³	L Sem	L Sem + C	L Sem	L Sem + C	L Sem	L Sem + C	L Sem	L Sem + C
0	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,04	0,05
40	0,08	0,07	0,08	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,05	0,05
80	0,08	0,09	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,20	0,39
120	0,10	0,11	0,09	0,09	0,12	0,16	0,13	0,14	0,34	0,36
160	0,23	0,19	0,17	0,08	0,17	0,25	0,27	0,21	0,39	0,45
200	0,21	0,23	0,21	0,27	0,33	0,23	0,36	0,39	0,45	0,46
Profundidade: 00-20cm										
0	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
40	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,06	0,05
80	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,06
120	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,07	0,06
160	0,09	0,09	0,08	0,05	0,09	0,04	0,06	0,06	0,13	0,10
200	0,09	0,09	0,08	0,08	0,12	0,10	0,12	0,11	0,26	0,15
Profundidade: 20-40cm										
0	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
40	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,06	0,05
80	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,06
120	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,07	0,06
160	0,09	0,09	0,08	0,05	0,09	0,04	0,06	0,06	0,13	0,10
200	0,09	0,09	0,08	0,08	0,12	0,10	0,12	0,11	0,26	0,15

¹ Dose de K_2O em kg ha^{-1} , aplicada anualmente durante cinco anos.

² Dose total aplicada a lanço na semeadura.

³ Dose aplicada a lanço na semeadura + dose aplicada a lanço em cobertura = Dose total aplicada toda na semeadura.

TABELA 2. Evolução do teor de potássio no solo, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, em duas profundidades de amostragem, em função das doses de potássio aplicadas anualmente, no Latossolo Roxo álico em Campo Mourão. Média de quatro repetições, de amostragem feitas após a colheita da soja

Dose ¹	Safrá 1994/95		Safrá 1995/96		Safrá 1996/97		Safrá 1997/98		Safrá 1998/99	
	L	Sem + C ³	L	Sem + C	L	Sem + C	L	Sem + C	L	Sem + C
0	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
40	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05	0,44
80	0,06	0,06	0,08	0,09	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06
120	0,06	0,09	0,12	0,16	0,08	0,09	0,10	0,09	0,07	0,12
160	0,11	0,18	0,18	0,16	0,16	0,16	0,17	0,22	0,26	0,22
200	0,15	0,17	0,26	0,27	0,21	0,24	0,23	0,28	0,30	0,35
Profundidade: 00-20cm										
0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
80	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,05	0,03	0,02	0,03
120	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,04	0,05	0,04	0,04
160	0,05	0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,06	0,07
200	0,06	0,07	0,05	0,04	0,06	0,07	0,10	0,13	0,10	0,14
Profundidade: 20-40cm										
0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
80	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,05	0,03	0,02	0,03
120	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,04	0,05	0,04	0,04
160	0,05	0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,06	0,07
200	0,06	0,07	0,05	0,04	0,06	0,07	0,10	0,13	0,10	0,14

¹ Dose de K_2O em kg ha^{-1} , aplicada anualmente durante cinco anos.

² Dose total aplicada a lanço na semeadura.

³ Dose aplicada a lanço na semeadura + dose aplicada a lanço em cobertura = Dose total aplicada toda na semeadura.

TABELA 3. Evolução do teor de potássio no solo, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, em duas profundidades de amostragem, em função das doses de potássio aplicadas anualmente, no Latossolo Roxo distrófico em Mauá da Serra. Média de quatro repetições, de amostragem feitas após a colheita da soja

Dose ¹	Safr 1994/95		Safr 1995/96		Safr 1996/97		Safr 1997/98		Safr 1998/99	
	L	Sem + C ³	L	Sem + C	L	Sem + C	L	Sem + C	L	Sem + C
0	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,06	0,05	0,02	0,02
40	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,06	0,06	0,02	0,02
80	0,05	0,07	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,07	0,03	0,04
120	0,06	0,07	0,05	0,06	0,04	0,08	0,10	0,09	0,06	0,06
160	0,08	0,10	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,13	0,12	0,11
200	0,10	0,12	0,09	0,10	0,11	0,25	0,17	0,22	0,20	0,25
Profundidade: 00-20cm										
0	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,02	0,01
40	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	0,01	0,01
80	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,05	0,05	0,01	0,01
120	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,05	0,02	0,02
160	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,05	0,02	0,03
200	0,07	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04	0,08	0,06	0,03	0,06
Profundidade: 20-40cm										
0	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,02	0,01
40	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	0,01	0,01
80	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,05	0,05	0,01	0,01
120	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,05	0,02	0,02
160	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,05	0,02	0,03
200	0,07	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04	0,08	0,06	0,03	0,06

¹ Dose de K_2O em kg ha^{-1} , aplicada anualmente durante cinco anos.

² Dose total aplicada a lanço na semeadura.

³ Dose aplicada a lanço na semeadura + dose aplicada a lanço em cobertura = Dose total aplicada toda na semeadura.

nutricional da soja dos anos 1998/99 e 1999/00 com o índice DRIS.

As menores produtividades de trigo foram observadas nos tratamentos que não tiveram qualquer adubação com P e K ou adubação com esses nutrientes apenas para o trigo em sucessão com a soja, com produtividades entre 1.191kg ha⁻¹ a 2.071kg ha⁻¹. As maiores produtividades foram observadas nos tratamentos onde o trigo e a soja foram adubados com P e K. As maiores produtividades foram obtidas quando o teor de fósforo no solo foi maior que 7,4g dm⁻³ de P e o potássio maior que 0,30cmol_c dm⁻³.

As menores produtividades de soja foram observadas quando a soja não foi adubada com P e K (2497 kg ha⁻¹) e tam-

bém quando o trigo não foi adubado anteriormente com P e K (2793 e 2341kg ha⁻¹). As maiores produtividades de soja foram obtidas nos tratamentos onde o trigo foi adubado com P e K e a soja sem adubação (3138kg ha⁻¹) e nos tratamentos onde a soja também foi adubada com P e K com produtividade acima de 3317kg ha⁻¹. Produtividades acima de 3000kg ha⁻¹ foram obtidas quando o teor de fósforo e potássio no solo estavam acima de 7,4g dm⁻³ e 0,13cmol_c dm⁻³. (Tabela 4).

A concentração de nutrientes nas folhas de soja, relativas aos anos 98/99 e 99/00 são apresentadas nas Tabelas 5 e 7. Em função dos tratamentos com fósforo e potássio, é observado para as

TABELA 4. Rendimentos de grãos de trigo no 2000 e soja no ano 2000/01, e teores de fósforo e potássio no solo, em função de fertilizantes aplicados para a sucessão soja-trigo em solo Latossolo Roxo distrófico. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2001

Tratamentos				Produtividade		Teores no solo	
Soja		Trigo		Trigo	Soja	P	K
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg ha ⁻¹		g dm ⁻³	cmol dm ⁻³
0	0	0	0	1191 b	2497 c	4,0	0,16
0	0	50	30	2071ab	3138 bc	7,4	0,13
0	0	50	0	1642 b	2793 c	6,8	0,11
0	0	0	30	1141 b	2341 c	3,3	0,16
30	0	50	30	2107a	3137 bc	11,5	0,15
60	0	50	30	2141a	3186 b	15,9	0,10
0	50	50	30 ¹	2089ab	3348ab	7,2	0,31
0	100	50	30 ¹	2074ab	3229 b	7,1	0,31
30	50	50	30	2176a	3317ab	10,7	0,29
60	100	50	30	2170a	3543a	18,8	0,42
Média				1880	3052		
CV				6,42	9,43		
Teste F.				5,46	7,45		

TABELA 5. Produtividade da soja, ano/safra 98/99, concentração de nutrientes nas folhas em função de fertilizantes aplicados para a sucessão soja-trigo em solo Latossolo Roxo distrófico. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2001

Tratamentos				Produtividade	Concentração de nutrientes em folhas										
Soja		Trigo			N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Fe	Cu	B
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O													mg kg^{-1}
kg ha ⁻¹				g kg ⁻¹											
0	0	0	0	2884	49,3	2,75	20,1	9,13	4,10	2,63	49,6	138	127	10,3	75,9
0	0	50	30	3539	55,6	3,62	22,0	8,35	3,98	2,75	43,7	134	122	11,3	69,1
0	0	50	0	3344	54,1	3,70	20,1	10,0	4,67	2,69	49,3	149	149	10,6	69,2
0	0	0	30	2510	45,5	2,54	20,1	14,5	5,44	2,47	84,6	205	239	7,44	61,3
30	0	50	30	3373	54,1	4,13	22,1	12,7	5,32	2,51	60,6	179	204	8,25	57,6
60	0	50	30	3389	57,7	4,00	21,7	11,8	4,87	2,39	60,6	178	210	8,52	54,0
0	50	50	30	3451	54,8	3,62	21,2	10,9	4,42	2,10	52,3	166	181	7,80	52,8
0	100	50	30	3418	54,2	3,42	21,2	9,92	4,01	2,09	56,3	182	170	7,92	51,7
30	50	50	30	3542	57,6	3,82	22,2	9,51	4,09	2,13	48,2	160	172	8,26	50,7
60	100	50	30	3193	55,7	4,31	22,2	8,73	3,71	1,97	43,2	117	169	7,53	44,6

TABELA 6. Produtividade da soja, ano/safra 98/99, e índice DRIS para concentração de nutrientes nas folhas em função de fertilizantes aplicados para a sucessão soja-trigo em solo Latossolo Roxo distrófico. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2001

Tratamentos				Produtividade	Índice DRIS										
Soja		Trigo			N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Fe	Cu	B
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O													kg ha^{-1}
kg ha ⁻¹															
0	0	0	0	2884	-0,3	-9,9	-0,4	0,4	-2,5	-1,7	2,0	0,7	-12,0	3,3	22,2
0	0	50	30	3539	5,4	2,8	3,5	-4,5	-5,1	-1,3	-4,8	-0,3	-13,7	6,5	16,9
0	0	50	0	3344	-0,7	0,5	-4,5	0,6	-0,1	-4,3	-3,4	0,5	-8,2	1,2	14,0
0	0	0	30	2510	-12,4	-18,3	-5,6	17,1	5,2	-5,7	23,2	11,8	13,0	-14,7	6,8
30	0	50	30	3373	-6,0	2,0	3,7	8,2	-2,1	-7,4	1,1	4,2	3,1	-12,6	3,8
60	0	50	30	3389	-1,1	0,8	3,9	-3,9	-2,4	-9,2	2,1	5,0	6,1	-10,4	2,2
0	50	50	30	3451	1,2	0,0	0,4	5,4	-2,8	-10,7	-1,1	6,4	2,5	-9,9	4,3
0	100	50	30	3418	2,0	2,0	0,4	0,4	-7,1	-10,4	4,5	13,7	-0,3	-8,7	4,1
30	50	50	30	3542	5,6	3,8	2,7	-1,2	-5,8	-10,3	-3,7	6,4	1,4	-7,1	3,6
60	100	50	30	3193	8,2	16,5	6,8	-0,8	-7,0	-10,2	-4,3	-6,4	6,1	-8,3	2,4

TABELA 7. Produtividade da soja, ano/safra 99/00, concentração de nutrientes nas folhas em função de fertilizantes aplicados para a sucessão soja-trigo em solo Latossolo Roxo distrófico. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2001

Tratamentos				Produti- vidade	Concentração de nutrientes em folhas										
Soja		Trigo			N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Fe	Cu	B
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O												
.....	kg ha ⁻¹	.....	.....	.....	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
0	0	0	0	2245	52,2	2,90	19,0	8,95	5,10	3,80	60,3	146	182	11,6	38,3
0	0	50	30	3157	58,9	3,83	22,6	9,28	4,80	3,65	50,7	142	179	13,0	36,6
0	0	50	0	2724	57,9	3,93	17,4	9,03	5,73	3,58	47,5	125	151	11,9	29,9
0	0	0	30	1977	56,7	2,75	22,4	8,63	4,73	3,85	57,6	125	193	12,6	35,8
30	0	50	30	3228	58,6	3,80	17,8	9,95	5,08	3,55	46,3	142	165	12,0	24,0
60	0	50	30	3322	54,4	4,00	22,6	9,55	4,73	3,53	44,0	131	146	12,0	28,5
0	50	50	30	3164	55,0	3,78	28,1	9,68	4,68	3,65	48,9	133	153	13,1	33,3
0	100	50	30	3155	54,4	3,78	30,3	11,4	4,83	3,40	44,0	121	181	13,3	29,5
30	50	50	30	3161	59,9	4,03	23,5	8,70	4,98	3,75	61,4	179	200	13,3	43,8
60	100	50	30	3489	57,1	4,13	24,7	8,93	4,48	3,60	53,7	133	184	12,8	51,7

maiores produtividades de soja as maiores concentrações relativas para os dois anos, e P e K nas folhas.

Os índices DRIS determinados, em função das produtividades e concentra-

ção de nutrientes nas folhas, são apresentados nas Tabelas 6 e 8. Os índices mais importantes são os relativos ao fósforo e potássio, em função dos tratamentos constituídos. Os mais negativos, que

TABELA 8. Produtividade da soja, ano/safra 99/00 e índice DRIS para concentração de nutrientes nas folhas em função de fertilizantes aplicados para a sucessão soja-trigo em solo Latossolo Roxo distrófico. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2001.

Tratamentos				Produti- vidade	Índice DRIS										
Soja		Trigo			N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Fe	Cu	B
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O												
.....	kg ha ⁻¹	.....	.....	.....								
0	0	0	0	2245	-2,6	-11,3	-7,1	-6,5	4,6	12,2	8,2	-1,0	2,5	2,4	-5,0
0	0	50	30	3157	1,7	0,0	-0,7	-5,4	-1,3	6,8	-3,2	-3,1	0,6	6,7	-6,8
0	0	50	0	2724	5,2	5,7	-10,3	-2,8	15,1	9,6	-2,3	-5,7	-5,0	5,1	-9,4
0	0	0	30	1977	2,9	-13,8	1,4	-7,6	0,0	12,2	6,5	-8,4	7,3	6,4	-6,3
30	0	50	30	3228	5,9	3,5	-9,3	2,4	5,9	9,1	-4,5	1,2	-0,2	6,0	-13,3
60	0	50	30	3322	0,6	6,6	2,9	0,8	2,1	8,9	-6,2	-2,8	-6,5	6,0	-10,4
0	50	50	30	3164	-1,7	0,2	13,3	-1,4	-1,4	7,6	-3,3	-5,1	-6,9	8,3	-8,4
0	100	50	30	3155	-3,0	-0,2	18,0	8,8	-0,3	3,5	-9,4	-10,0	2,5	9,1	-10,7
30	50	50	30	3161	-1,5	-0,7	-2,2	-12,9	-3,1	5,0	2,9	5,4	2,5	4,7	-4,5
60	100	50	30	3489	-1,4	3,3	3,0	-8,3	-6,0	5,5	-0,7	-7,8	1,3	5,4	1,6

significa falta de nutriente, tanto para o fósforo como para o potássio, foram obtidos nos tratamentos com menor oferta destes elementos e os mais positivos, que significa excesso, foram obtidos para os tratamentos com maior oferta destes elementos.



3. Adubação e Nutrição da Soja em Solos Tropicais de Baixa Latitude, em Sistema de Semeadura Direta e Convencional (04.2000.326-03)

Dirceu Klepker¹, Kiyoko Hitsuda²,
Clovis Manuel Borkert¹, Gedi Jorge Sfredo¹ e
Tsuiooshi Yamada³

Na região Norte do Brasil tem aumentado a área cultivada com soja nos últimos anos. Na região sul do Estado do Maranhão e sudoeste do Estado do Piauí, muitas áreas novas estão sendo abertas para o cultivo da soja. Há pouca informação sobre a fertilidade e sobre o manejo de solo destas regiões. As tabelas de recomendação de adubação extrapoladas de outras regiões do cerrado precisam ser testadas e necessitam ser validadas nesta nova região, para poder recomendar as doses de corretivos e adubos adequadas e mais econômicas para alta produtividade de soja. Alguns experimentos de resposta a calcário, a fósforo e a potássio já foram conduzidos na região e outros ainda estão em execução, porém,

há muito pouca informação sobre o uso de micronutrientes.

Com o objetivo de estudar a resposta aos micronutrientes zinco, manganês, cobre e boro e calibrar o método de análise para a interpretação dos teores de disponibilidade destes micronutrientes no solo, com dois extratores diferentes (Mehlich 1 e DTPA), foram iniciados em 1997, experimentos de campo em duas fazendas da região.

3.1. Experimentos de calibração de micronutrientes, zinco, manganês, cobre e boro

Os experimentos foram conduzidos em dois locais, Fazenda Agroserra, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa (LVd₁), com 54% de argila e Fazenda Parnaíba, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média (LVd₂) com 28% de argila.

A análise inicial do solo para estimar a disponibilidade dos micronutrientes antes da instalação dos experimentos, feita com o extrator Mehlich 1 no LVd₁, foi de: 0,76mg de Zn dm⁻³ (baixa), 7,44mg de Mn dm⁻³ (alta), 0,32mg de Cu dm⁻³ (baixa); e com água quente de 0,17mg de B dm⁻³ (baixa). No LVd-2 foi de: 0,50mg de Zn dm⁻³ (baixa), 6,77mg de Mn dm⁻³ (alta), 0,05mg de Cu dm⁻³ (baixa) e com água quente de 0,13mg de B dm⁻³ (baixa).

Os experimentos foram planejados em um fatorial 6X6, em parcelas subdivididas, com 6 níveis de saturação de bases nas parcelas e 6 doses de micronutrientes (Zn, Mn, Cu e B em seus respectivos experimentos), com 4 blocos ao acaso.

¹ Pesquisador Embrapa Soja

² Pesquisador convênio Jircas/Embrapa Soja

³ Colaborador/Potafós

A aplicação de calcário para elevar a saturação de bases do solo para 30, 40, 50, 60, 70 e 80 % da saturação, foi realizada em outubro e novembro de 1997. Mas devido ao método de cálculo ter subestimado a quantidade de calcário necessária, as saturações de bases não chegaram aos valores desejados. Assim, no ano 2000 foi efetuada nova aplicação de calcário para tentar elevar a saturação de bases do solo para os valores programados.

3.2. Experimentos de Calibração de zinco

As doses de zinco aplicadas no início do experimento, antes da semeadura em 1997 foram de; 0; 1,25 ; 2,5 ; 5; 10 e 15kg de Zn/ha.

Nos dois primeiros anos, não foi observada resposta em rendimento de grãos à saturação de bases e aos níveis de zinco aplicados. Deve ser considerado que a quantidade de calcário foi insuficiente para aumentar a saturação de bases e que houveram longos períodos de estiagem durante o ciclo de crescimento da soja tanto na safra 1997/98 como na safra 1998/99, prejudicando a produtividade e a avaliação de resposta a aplicação de zinco. Na safra 1999/2000, com distribuição normal da precipitação pluviométrica, foi observada na Fazenda Agroserra (LVd₁), tendência de resposta a zinco na produtividade da soja, na amplitude de 3777 a 4051kg/ha (Figura 1A) e os teores de zinco no tecido de folhas de soja variou na faixa de 35 a 50 mg de Zn/kg. Embora o teor nas folhas tenha aumentado de forma diretamente propor-

cional aos níveis crescentes de zinco aplicado (Figura 1B), não foi observado efeito sobre a produtividade, pois na testemunha em média, o teor era de 35mg de Zn/ha. Na literatura o teor de Zn considerado suficiente para soja é de 21 a 50mg de Zn/kg. Para haver limitação de zinco ao crescimento da soja, o teor baixo deverá estar na faixa de 11 a 20mg de Zn/kg e para haver a probabilidade do aparecimento de sintomas de deficiência de zinco, o teor deverá estar abaixo de 11mg de Zn/kg.

Na Fazenda Parnaíba (LVd₂), também não foi observado o efeito de doses de zinco sobre o rendimento de grãos da

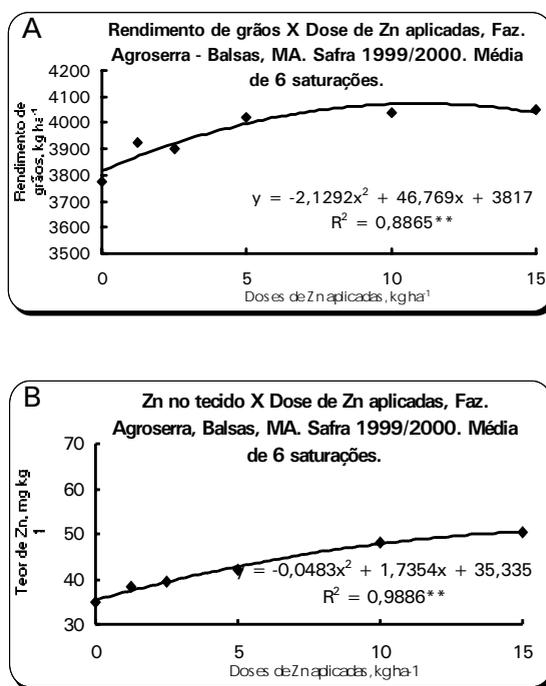


FIG. 1. Rendimento de grãos (A) e teor de zinco nas folhas de soja (B), em função de doses de zinco aplicadas. Fazenda Agroserra, Balsas, MA 1999/2000

soja, nos três primeiros anos de experimentação. Na safra 1999/2000 foi observada tendência de resposta em rendimento de grãos, Figura 2A, porém, não significativa. As doses de zinco aumentaram de forma linear o teor nas folhas (Figura 2B) de 31 a 48mg de Zn/ha, porém ainda dentro do limite de suficiência (21 a 50) para a cultura da soja. O teor inicial de disponibilidade era de 0,39mg de Zn dm^{-3} , considerado baixo. Porém, deve ter havido alguma forma de contaminação de zinco que está sendo investigada. Portanto, enquanto houver disponibilidade de Zn no solo, não será

possível obter resposta aos níveis aplicados, sem permitir a calibração com as análises de solo obtidas pelos dois extratores, como foi planejado.

3.3. Experimentos de calibração de manganês

As doses de manganês aplicadas em 1997 foram: 0, 5, 10, 15, 30, e 60kg de Mn/ha, os experimentos foram conduzidos nos mesmos dois solos já citados e seguindo o mesmo delineamento experimental do experimento de calibração de zinco.

Nos três primeiros anos de condução do experimento, não foram observadas respostas em rendimento de grãos, embora na safra 1999/2000 tenha sido observada uma tendência não significativa de aumento no rendimento de grãos e tenha sido observado alto teor de manganês nas folhas de soja, tanto na Fazenda Parnaíba (LVd₂, Figuras 3A e 3B), como na Fazenda Agroserra (LVa₁, Figura 4A). Isto pode ser explicado pela disponibilidade inicial de manganês nos dois solos ser alta (7,44 e 6,77mg de Mn dm^{-3}) e pelas doses crescentes aplicadas, eliminando qualquer probabilidade de haver resposta a este micronutriente (Figuras 3B e 4A).

3.4. Experimentos de calibração de cobre

As doses de cobre aplicadas em 1997 foram: 0; 1,25; 2,5; 5; 10 e 20kg de Cu/ha. Os experimentos foram conduzidos nos mesmos dois solos já citados e seguindo o mesmo delineamento experimental do experimento de calibração de zinco.

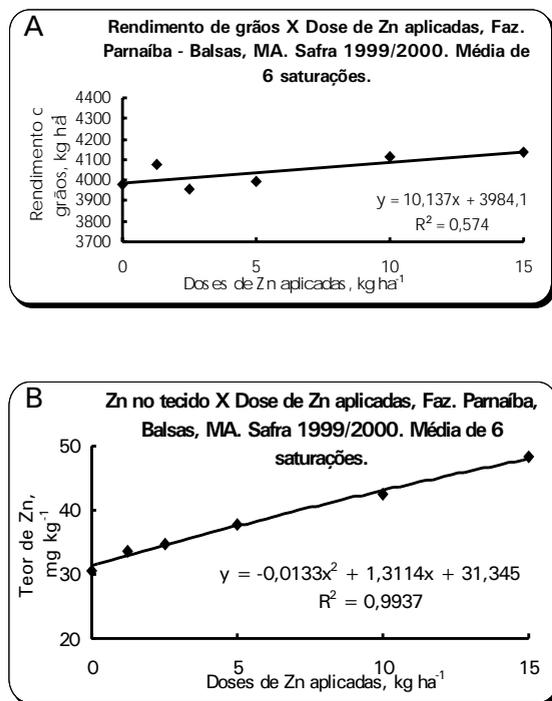


FIG. 2. Rendimento de grãos (A) e teor de zinco nas folhas de soja (B), em função de doses de zinco aplicadas. Fazenda Parnaíba, Balsas, MA 1999/2000

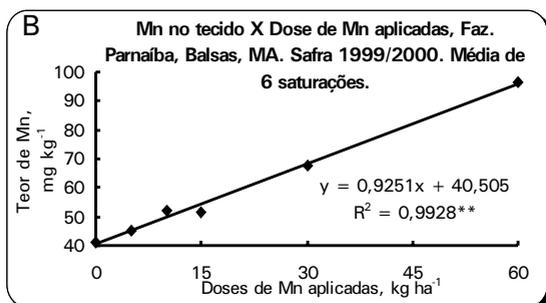
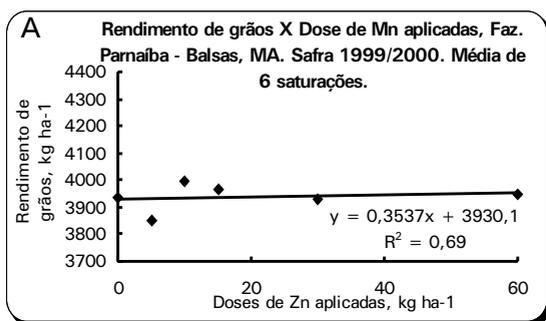


FIG. 3. Rendimento de grãos (A) e teor de manganês nas folhas de soja (B), em função de doses de manganês aplicadas. Fazenda Parnaíba, Balsas, MA 1999/2000

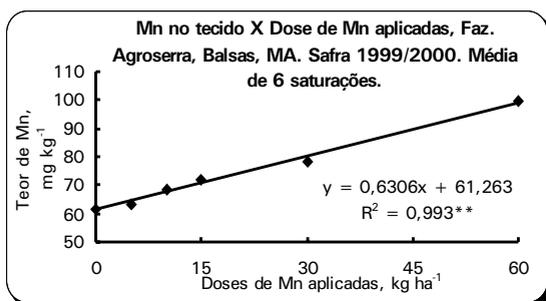


FIG. 4. Teor de manganês nas folhas de soja (A), como uma função de doses de manganês aplicadas. Fazenda Agroserra, Balsas, MA 1999/2000

Nos dois primeiros anos não foi observada resposta significativa a doses de cobre sobre a produtividade na Fazenda Agroserra, no LVD₂, porém, foi observada sempre a tendência em aumentar a produtividade da soja. Na safra 1999/2000 foi observada resposta significativa das doses de cobre em aumentar o rendimento de grãos de 3680 para 3904kg/ha, na Fazenda Agroserra no LVD₂ (Figura 5A). O teor de cobre nas folhas variou na amplitude de 4,55 a 9,64mg de Cu/kg, o que proporcionou bom ajustamento da função quadrática

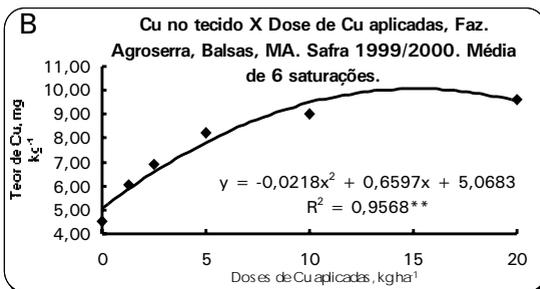
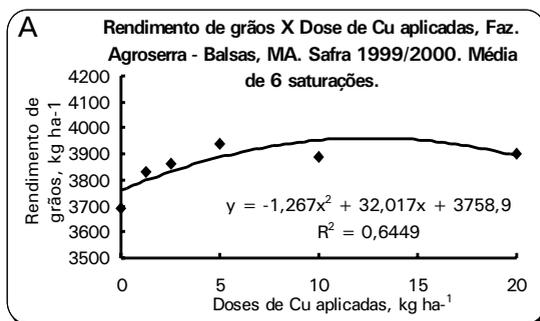


FIG. 5. Rendimento de grãos (A) e teor de cobre nas folhas de soja (B), em função de doses de cobre aplicadas. Fazenda Agroserra, Balsas, MA 1999/2000

entre o teor de cobre no tecido de folhas de soja, em função de doses de cobre aplicadas (Figura 5B). O teor de cobre considerado na literatura como deficiente é de $<5\text{mg/kg}$ e o teor considerado baixo está na faixa de 5 a 9mg/kg , enquanto o nível considerado suficiente está na faixa de 10 a 30mg de Cu/kg . Estes teores apresentados na literatura são de certa forma muito elevados, não tem sido encontrados nas folhas de soja nos experimentos conduzidos na Embrapa Soja e em outros projetos de pesquisa conduzidos no cerrado. Estes teores estão sendo objeto de um estudo que está sendo realizado na Embrapa Soja com todos os dados de teores de cobre no tecido de folhas de soja que há nos arquivos, de forma a ajustar e validar novos valores na tabela de interpretação dos níveis de suficiência de cobre em soja. Os teores que estão sendo sugeridos são: deficiente e/ou baixo $<6\text{mg}$ de Cu/kg , suficiente de 6 a 14mg de Cu/kg e alto $>14\text{mg}$ de Cu/kg .

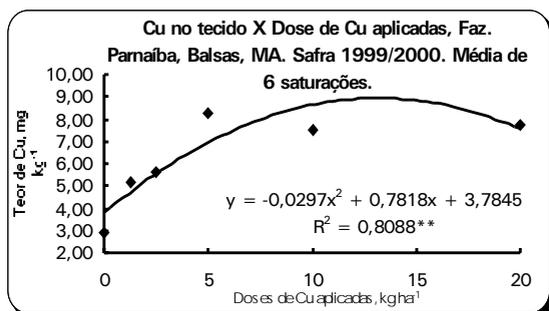


FIG. 6. Teor de cobre nas folhas de soja, em função de doses de cobre aplicadas. Fazenda Parnaíba, Balsas, MA 1999/2000

Na Fazenda Parnaíba no LVd_1 , também não foi observada resposta em produtividade da soja às doses de cobre, somente uma tendência não significativa de aumento de rendimento de grãos. Embora tenha sido observado bom ajustamento do teor de cobre no tecido em função das doses aplicadas, com amplitude da ordem de 2,9 a $7,8\text{mg}$ de Cu/kg (Figura 6). Estes resultados promissores de resposta a cobre, irão permitir calibrar as análises de solo com os dois extratores, Mehlich 1 e DTPA.

3.5. Experimentos de calibração de boro

As doses de boro aplicadas em 1997 no início dos experimentos foram de: 0; 0,5; 1,0; 1,5; 3,0 e $6,0\text{kg}$ de B/ha . Nos dois locais de condução dos experimentos, nos três primeiros anos, não foi observada resposta alguma a aplicação das doses de boro. O teor de boro nas folhas de soja variou pouco, de 56 a 73mg de B/kg , entre a parcela testemunha e a maior dose de boro aplicada, Figuras 5.7A e 5.7B. Na tabela de interpretação de níveis de suficiência de boro para a soja, o teor para o aparecimento de deficiência é $<10\text{mg}$ de B/kg , na faixa de 10 a 20mg de B/kg o teor é considerado baixo, suficiente de 21 a 55mg de B/kg , alto de 56 a 80mg de B/kg e muito alto $>80\text{mg}$ de B/kg . Nos dois experimentos, os teores nas folhas de soja estavam no intervalo de 56 a 73mg de B/kg , portanto, eliminando a probabilidade de resposta a este micronutriente. Como a disponibilidade inicial de boro no solo era $<0,2\text{mg dm}^{-3}$, teor considerado baixo na tabela de in-

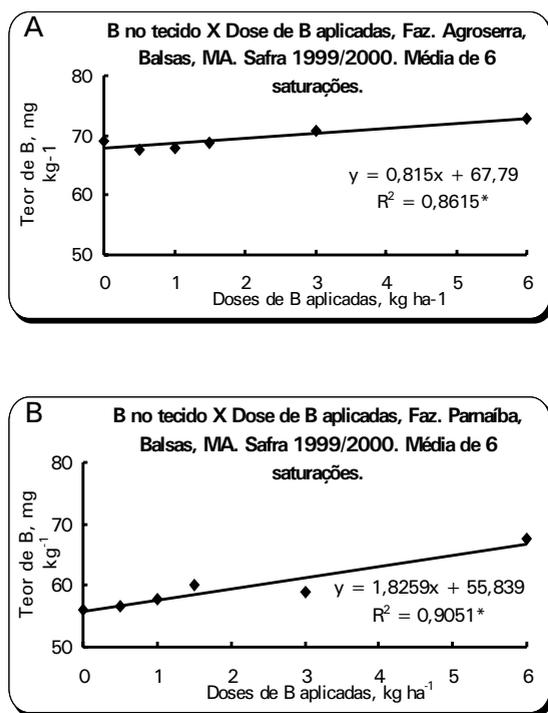


FIG. 7. Teor de boro nas folhas de soja, em função de doses de boro aplicadas. Fazenda Agroserra(A) e Fazenda Parnaíba(B), Balsas, MA 1999/2000

terpretação, é provável ter havido contaminação dos experimentos e a suspeita recai sobre os adubos fosfatados. O superfosfato simples e o superfosfato triplo utilizados na instalação dos experimentos, possuem de 0,02 a 0,04% de boro. Na abertura do cerrado como só havia traços de fósforo, foi aplicada a correção de P de 500kg de superfosfato simples por hectare por ano, adicionando de 0,3 a 0,6kg de B/ha em todas as parcelas.

3.6. Capacidade de suprimento de enxofre e micronutrientes em dois solos de cerrado do nordeste do Brasil

Nos últimos anos, o cultivo da soja está se expandindo rapidamente no nordeste do Brasil. No entanto, no momento, não há informações suficientes para cultivar soja nessas novas áreas. Sendo assim, são necessários estudos sobre o manejo da fertilidade desses solos. Neste estudo, foram enfocados o suprimento de enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e de cobre (Cu) com os seguintes objetivos: (a) confirmar a ocorrência de deficiência dos elementos testados; (b) ordenar o fator limitante para o crescimento da soja, entre os elementos testados nos solos típicos do cerrado; (c) estabelecer o nível crítico do elemento faltante na planta de soja e; (d) obter um indicador apropriado do elemento faltante, para prever a deficiência.

Todos os experimentos foram instalados na casa-de-vegetação, utilizando-se dois solos nativos (latossolo vermelho-amarelo distrófico-LVd) do cerrado do Sul do Maranhão: um argiloso, da Serra dos Gerais e, outro, franco-arenoso de Sambaíba, com pH(H₂O) 5,0-5,1.

Ordenação dos elementos limitantes

Quatro plantas de soja (c.v. Patí) foram cultivadas três vezes consecutivas em vasos com 4kg do solo com o pH(H₂O) corrigido para 5,5. Utilizou-se solução nutritiva pelo método do elemento faltante, cujos tratamentos foram: completo (C), menos enxofre (- S), menos manganês (- Mn), menos zinco (- Zn), menos boro (- B) e menos cobre (- Cu). Na floração, duas plantas foram coletadas para análise foliar e as demais foram cultivadas até o final do ciclo. A omissão de

S e B provocaram redução da produção de grãos desde o primeiro e no terceiro cultivo, respectivamente, em ambos os solos. Nos outros tratamentos as produções se mantiveram estáveis até o último cultivo. Assim, dentre os elementos testados, o fator limitante mais importante para o crescimento de soja foi o S, seguido de B.

Diagnose de enxofre

As plantas de soja foram cultivadas como anteriormente, adicionando-se solução nutritiva sem S, com diferentes doses de S. A distribuição das proteínas nos grãos foi determinada pelo método de eletroforese. O conteúdo limitante, para o sintoma visual de deficiência de S, foi de 1g/kg em qualquer posição da folha. O conteúdo de S, na folha e nos grãos, foi menor que 2g/kg quando o peso relativo de grãos ficou menor do que 80%. Quando as plantas ficaram com teores próximos ao crítico e ao normal, o crescimento das plantas na floração e a cor da 3ª folha não foram bons indicadores do estado nutricional em relação ao S. Com relação a qualidade dos grãos, ficou demonstrado pela eletroforese, ser necessário mais do que 2,3g/kg de S, para ter o composição de proteínas igual a dos grãos normais.

Diagnose de boro

O nível apropriado de B nas plantas é altamente limitado e sua toxicidade é muito grave. Sendo assim, é importante se conhecer um critério que indique a condição nutritiva de B nas plantas, para

manter o conteúdo apropriado. Além do primeiro ensaio, plantas de soja foram cultivadas com diferentes níveis de B, através da adição de solução nutritiva menos B. O conteúdo de B nos grãos foi melhor indicador da condição nutritiva da soja do que o conteúdo na 3ª folha na floração, devido a melhor correlação com a produção de grãos. Quando o conteúdo foi menor que 20 mg/kg, o peso dos grãos começou a diminuir e, quando foi menor de 10 mg/kg, a produção foi muito baixa. A produção satisfatória correspondeu ao conteúdo de 20 mg/kg até 27 mg/kg de B nos grãos.



4. Adubação da Soja com Macro e Micronutrientes e Manejo da Fertilidade do Solo em Rotação de Culturas em Solos do Brasil (04.2000.326-04)

Clovis Manuel Borkert¹, Kiyoko Hitsuda²,
César de Castro¹, Gedi Jorge Sfredo¹,
Aureo Francisco Lantmann¹,
José Erivaldo Pereira¹, Tsuioshi Yamada³

O Estado do Mato Grosso é o maior produtor de soja do Brasil, com produtividade média acima das obtidas nos outros estados da Federação. Porém, ainda existem muitos problemas na área de fertilidade do solo e nutrição de plantas que necessitam ser melhor estudados. Entre

¹ Pesquisador Embrapa Soja

² Pesquisador convênio Jircas/Embrapa Soja

³ Colaborador/Potafós

estes problemas estão o da definição de doses e épocas de aplicação de potássio, em função da probabilidade de lixiviação e percolação de K em solos de textura arenosa. Também existem problemas relacionados a aplicação e a resposta aos micronutrientes zinco, manganês, cobre e boro. Com o objetivo de estudar estes problemas e tentar obter soluções para aprimorar a tabela de recomendação de adubação do Estado do Mato Grosso, foram conduzidos desde 1997, um experimento de potássio na Fazenda Cascavel, Município de Guiratinga, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média (LVd), com 19% de argila e 73% de areia e quatro experimentos de micronutrientes (Zn, Mn, Cu e B) na Fazenda Bahia, Município de Pedra Preta, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura muito argilosa (LEd), com 68% de argila e 23% de areia.

4.1. Experimentos de calibração de micronutrientes

Na calibração de micronutrientes, a análise inicial do solo para estimar a disponibilidade destes antes da instalação dos experimentos, feita com o extrator Melich 1, no LEd, foi de: 1,3mg de Zn dm^{-3} (média), 14,1mg de Mn dm^{-3} (alta), 1,1mg de Cu dm^{-3} (alta); e com água quente de 0,12mg de B dm^{-3} (baixa).

Os experimentos de calibração de micronutrientes, zinco, manganês, cobre e boro, foram planejados em um fatorial 6X6, em parcelas subdivididas, com 6 níveis de saturação de bases nas

parcelas e 6 doses de micronutrientes (Zn, Mn, Cu e B em seus respectivos experimentos), com quatro blocos ao acaso.

A aplicação de calcário para elevar a saturação de bases do solo para 30, 40, 50, 60, 70 e 80 % da saturação, foi realizada em novembro de 1997. Mas devido ao método de cálculo ter subestimado a quantidade de calcário necessária, as saturações de bases não chegaram aos valores desejados.

4.2. Experimento de calibração de zinco

As doses de zinco aplicadas no início do experimento, antes da semeadura em 1997 foram de; 0; 1,25; 2,5; 5; 10 e 15kg de Zn/ha.

Nas três primeiras safras (1997/98, 1998/99 e 1999/00) não foi observada resposta em rendimento de grãos às doses de zinco aplicadas. O teor de zinco no tecido de folhas de soja, na safra 1999/00, foi na faixa de 30 a 46mg Zn/kg, dentro do limite de suficiência (21 a 50mg Zn/kg) para a cultura da soja, eliminando a probabilidade de resposta a este micronutriente. Embora, tenha havido bom ajustamento linear de 30 para 46mg de Zn/kg, do teor de zinco no tecido de folhas de soja em função de doses de zinco aplicadas (Figura 8), na parcela testemunha o teor de Zn (30mg/kg) nas folhas de soja, estava dentro do limite de suficiência (21 a 50mg/kg), considerando que a disponibilidade de zinco no solo (extraído pelo Mehlich 1) no início do experimento era média.

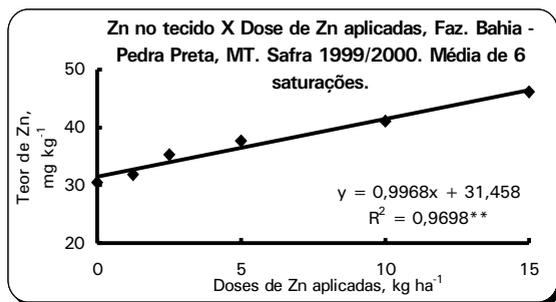


FIG. 8. Teor de zinco nas folhas de soja, em função de doses de zinco aplicadas. Fazenda Agroserra, Pedra Preta, MT, 1999/2000

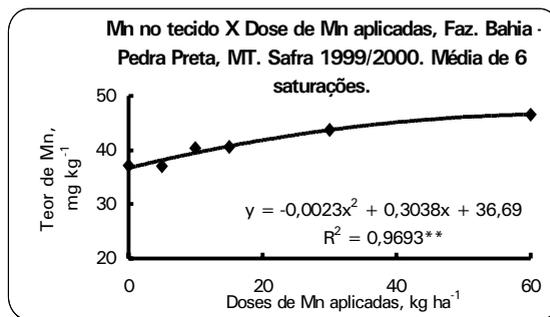


FIG. 9. Teor de manganês nas folhas de soja, em função de doses de manganês aplicadas. Fazenda Agroserra, Pedra Preta, MT, 1999/2000

4.3. Experimento de calibração de manganês

As doses de manganês aplicadas no início do experimento em 1997 foram de 0; 5; 10; 15; 30 e 60kg de Mn/ha e nos três anos de condução não foi observada resposta destas doses em rendimento de grãos. Os teores de Mn no tecido de folhas de soja variaram de 37 a 47mg de Mn/kg, dentro do limite de suficiência (21 a 100mg de Mn/kg), tirando qualquer probabilidade de resposta a manganês (Figura 9). Também, no caso deste micronutriente, a disponibilidade no solo era alta, no início do experimento.

5.4. Experimento de calibração de cobre

Na calibração de cobre as doses aplicadas foram: 0; 1,25; 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0kg de Cu/ha. Nos três anos de experimentação, não foram observadas resposta a doses de cobre aplicado. Na última safra 1999/00, foi observada uma

tendência de resposta, porém, não significativa, com baixo ajustamento da regressão (Figura 10A). A amplitude dos teores observados de cobre no tecido variou de 7,95 a 9,48mg de Cu/kg (Figura 10B), portanto, acima do valor de 6 sugerido como limite de suficiência em nosso trabalho.

4.5. Experimento de calibração de boro

As doses de boro aplicadas foram de: 0; 0,5; 1,0; 1,5; 3,0 e 6,0mg de B/ha e também nos três anos de experimentação não foram observadas resposta em rendimento de grãos ao boro aplicado. Os teores de B no tecido das folhas de soja variaram de 21 a 40mg de B/kg, ficando dentro do limite de suficiência (21 a 55), eliminando a possibilidade de resposta (Figura 11). Também, a disponibilidade inicial de boro no experimento era alta, além da contaminação de boro, pela aplicação de superfosfato simples, na instalação do experimento.

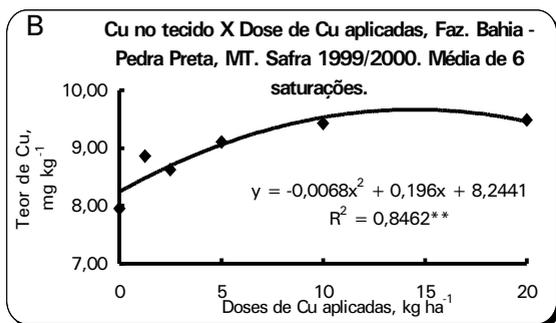
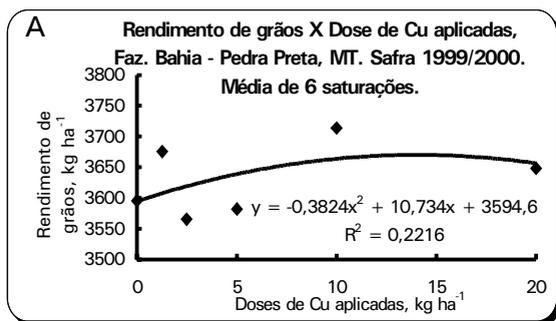


FIG. 10. Rendimento de grãos (A) e teor de cobre nas folhas de soja (B), como uma função de doses de cobre aplicadas. Fazenda Bahia, Pedra Preta, MT, 1999/2000

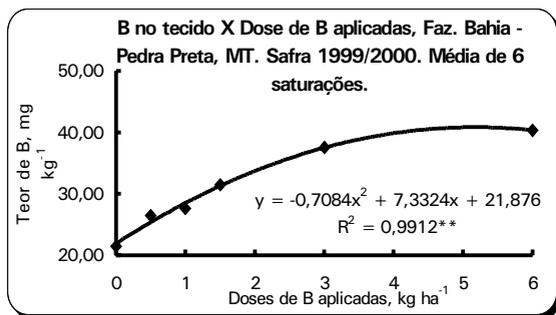


FIG. 11. Teor de boro nas folhas de soja, em função de doses de boro aplicadas. Fazenda Bahia, Pedra Preta, MT, 1999/2000

4.6. Experimento de épocas de aplicação de potássio x doses de K

No Estado do Mato Grosso, onde ocorrem as classes de solo Latossolo Vermelho-Escuro e Podzólico Vermelho-Amarelo, há grande variação de textura, abrangendo teores de argila de que variam de 16% a 85% no horizonte B, com grande disparidade quanto à infiltração, quanto a capacidade de retenção de água e, principalmente, quanto a retenção de nutrientes. Muitas áreas são cultivadas há mais de dez anos, porém muitas áreas novas serão abertas em futuro próximo, em função das novas facilidades de armazenamento, transporte e transbordo de grãos que estão sendo oferecidas com o funcionamento da hidrovía Madeira-Amazonas.

Nos solos de textura arenosa, onde, devido ao excesso de chuvas, principalmente, durante o crescimento vegetativo da soja, poderá ocorrer a lixiviação de potássio para horizontes mais profundos. Nesses solos arenosos de algumas regiões do Mato Grosso, onde a precipitação pluviométrica é elevada, poderá ocorrer deficiência de K, principalmente, quando as chuvas mais pesadas se concentram na fase de crescimento vegetativo. Uma medida tomada para prevenir a possível deficiência, tem sido aplicar cloreto de potássio em cobertura aos 30 a 40 dias após a semeadura, porém esta tecnologia nunca foi estudada em maior profundidade. Quando não há condições para ocorrer deficiência de potássio, tem sido utilizada a prática de aplicar o adubo potássico antes da semeadura, na época

de dessecação da cultura de cobertura, onde, uma das mais utilizadas é o milho. Além disso, a utilização dessa prática possibilita a redução de operações durante a semeadura da soja.

Com o objetivo de testar os efeitos da época de aplicação e de estudar os efeitos de níveis de adubo potássico, foi instalado um experimento em um solo arenoso (73% de areia, 20% de argila e 7% de silte).

O experimento foi conduzido no delineamento em parcelas subdivididas com quatro repetições, durante os anos agrícolas 1997/98, 1998/99 e 1999/2000, com a cultivar de soja Uirapuru, em semeadura direta e antecedendo a soja, o milho como cultura de cobertura. Foi aplicado anualmente na soja, 100kg de P_2O_5 ha^{-1} e antes da instalação do experimento, foi realizada a correção da acidez do solo, aplicando 1t ha^{-1} de calcário. Os tratamentos de doses e de épocas de aplicação de KCl estão na Tabela 9.

4.7. Discussão dos resultados de rendimento de grãos e peso de 100 sementes

Não foi observado efeito do tratamento "épocas de aplicação do K" (LR = Lanço na rolagem ou na dessecação do milho de 20 a 30 dias antes da semeadura da soja; L = Lanço na semeadura e LC = Lanço na semeadura + lanço em cobertura aproximadamente 20 a 30 dias após a semeadura da cultura), sobre o rendimento de grãos e o peso de 100 sementes, Tabelas 10, 11, 12, 13, 14 e 15 e Figuras 12, 13 e 14.

Nos três primeiros anos, só foi observado resposta para o efeito de doses sobre o rendimento de grãos e o peso de 100 sementes. Assim, foram calculadas as médias dos três primeiros anos (Figura 15), com tendência de resposta quadrática nas três épocas de aplicação do K. Com as médias dos três anos de cultivo e as médias das três épocas de aplicação, foi feito o ajustamento da função quadrática para estimar a produção de grãos, em função de doses de K (Figura 16). Através dessa equação, foi calculada a dose de K_2O ha^{-1} para a máxima eficiência técnica, MET = 146kg de K_2O ha^{-1} para a produção de grãos esti-

TABELA 9. Doses e épocas de aplicação do potássio testadas.

Aplicação antecipada a lanço (LR)	Épocas de aplicação				Total
	Aplicação na semeadura a lanço (L)	Semeadura a lanço	+ Cobertura a lanço (LC)	=	
Doses de K (kg K_2O ha^{-1})					
0	0	0	+	0	= 0
40	40	0	+	40	= 40
80	80	40	+	40	= 80
120	120	40	+	80	= 120
160	160	40	+	120	= 160
200	200	40	+	160	= 200

TABELA 10. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre o rendimento de grãos. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Safra 97/98

Doses aplicadas (kg K ₂ O ha ⁻¹)	Épocas de aplicação		
	LR	L	LC
	kg ha ⁻¹		
0	3526 b ¹ A ²	3847 aA	3653 b c A
40	4005 aA	3785 aAB	3601 c B
80	3858 ab A	3992 aA	3873 ab c A
120	4050 aA	3950 aA	4227 aA
160	4026 aA	3884 aA	4082 ab A
200	4187 aA	4044 aA	4056 ab c A

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

² Média seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 11. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre o peso de 100 sementes. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Safra 97/98

Doses aplicadas (kg K ₂ O ha ⁻¹)	Épocas de aplicação		
	LR	L	LC
	kg ha ⁻¹		
0	13,86 b ¹ A ²	14,12 c A	14,42 c A
40	14,85 aA	14,28 b c A	14,68 b c A
80	14,79 aA	15,03 ab c A	15,46 ab A
120	15,17 aA	15,26 ab A	15,40 ab A
160	15,66 aA	15,34 aA	15,64 aA
200	15,63 aA	14,98 ab c A	15,66 aA

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Média seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 12. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre o rendimento de grãos. Faz. Cascavel, Rondonópolis, MT. Safra 98/99

Doses aplicadas (kg K ₂ O ha ⁻¹)	Épocas de aplicação		
	LR	L	LC
	kg ha ⁻¹		
0	3199 b ¹ A ²	3070 b A	3437 b A
40	3755 a b A	3676 a A	3814 a b A
80	3925 a A	4069 a A	3932 a b A
120	3983 a A	3842 a A	4099 a A
160	4020 a A	3974 a A	3963 a b A
200	3843 a A	3887 a A	3998 a b A

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Média seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 13. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre o peso de 100 sementes. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Safra 98/99

Doses aplicadas (kg K ₂ O ha ⁻¹)	Épocas de aplicação		
	LR	L	LC
	kg ha ⁻¹		
0	11,97 c ¹ A ²	11,90 b A	12,39 a A
40	12,80 b A	13,00 a A	12,84 a A
80	12,80 b A	12,76 a A	12,65 a A
120	12,49 b c A	12,85 a AB	13,14 a A
160	13,08 a b A	12,70 a A	12,79 a A
200	13,57 a A	13,01 a A	13,08 a A

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

² Média seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 14. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre o rendimento de grãos. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Safra 99/00

Doses aplicadas (kg K ₂ O ha ⁻¹)	Épocas de aplicação		
	LR	L	LC
	kg ha ⁻¹		
0	2202 b ¹ A ²	2159 c A	2282 b A
40	2933aA	2749 b A	2913aA
80	2844aA	3013ab A	3172aA
120	3337aA	3122ab A	3067aA
160	3115aA	3066ab A	2990aA
200	3212aA	3282aA	2922aA

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Média seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 15. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre o peso de 100 sementes. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Safra 99/00

Doses aplicadas (kg K ₂ O ha ⁻¹)	Épocas de aplicação		
	LR	L	LC
	kg ha ⁻¹		
0	12,37 b ¹ A ²	12,97 b A	13,22 b A
40	15,08aA	15,26aA	15,55aA
80	15,53aA	15,79aA	16,16aA
120	16,32aA	15,83aA	16,16aA
160	15,94aA	16,88aA	16,27aA
200	15,55aA	16,31aA	15,97aA

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Média seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

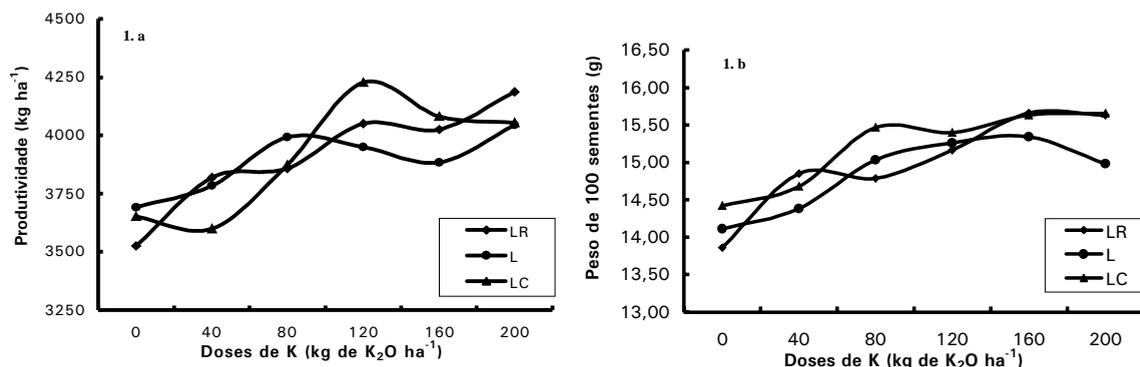


FIG. 12. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre a produção de grãos (a) e o peso de 100 sementes (b) na safra 1997/98. Fazenda Cascavel, Guiratinga, MT

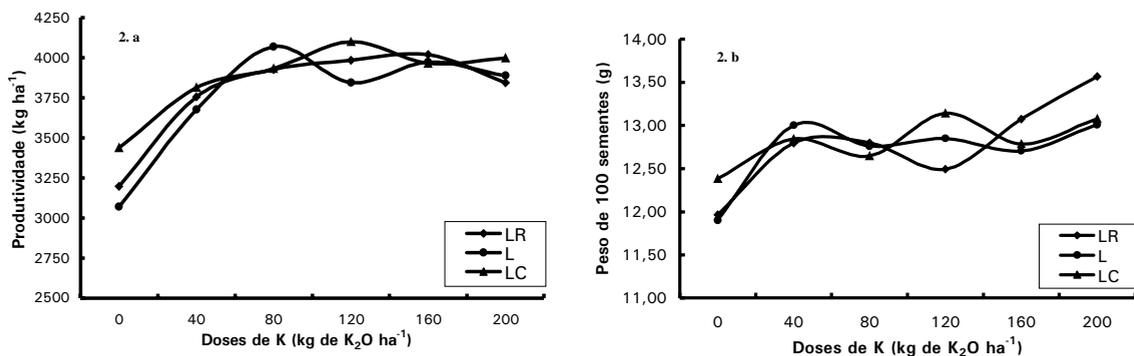


FIG. 13. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre a produção de grãos (a) e o peso de 100 sementes (b) na safra 1998/99. Fazenda Cascavel, Guiratinga, MT

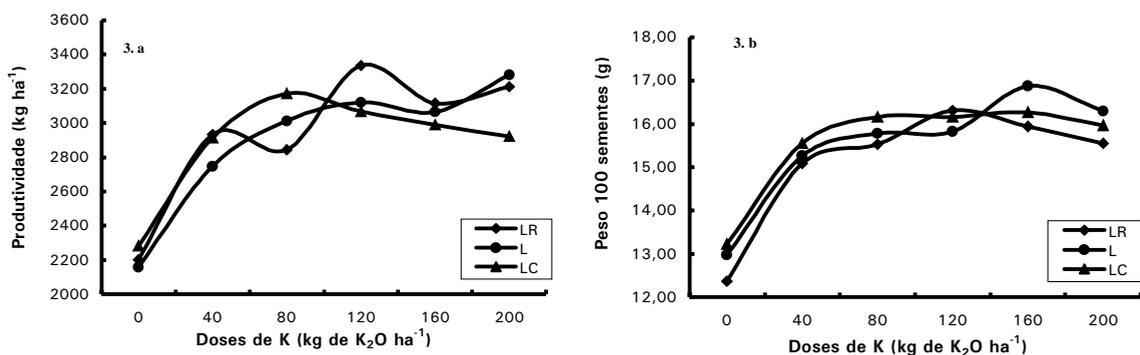


FIG. 14. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre a produção de grãos (a) e o peso de 100 sementes (b) na safra 1999/2000. Fazenda Cascavel, Guiratinga, MT

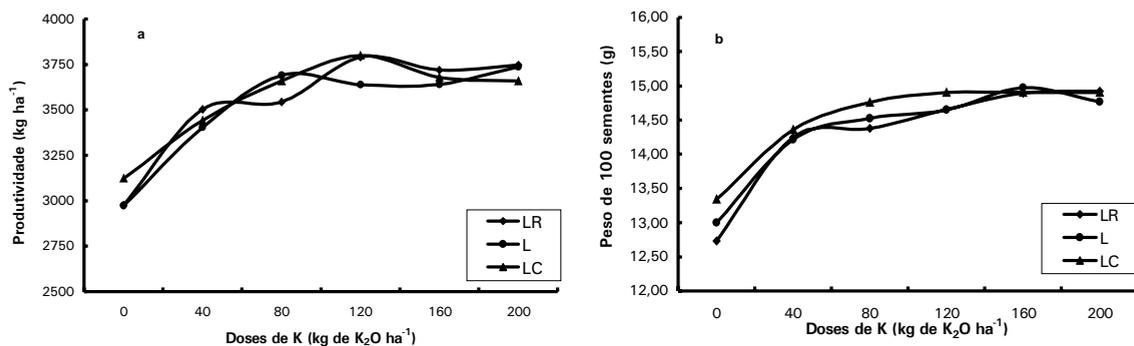


FIG. 15. Efeito das épocas de aplicação e das doses de K sobre a produção de grãos (a) e o peso de 100 sementes (b). Média de três safras, Fazenda Cascavel, Guiratinga, MT

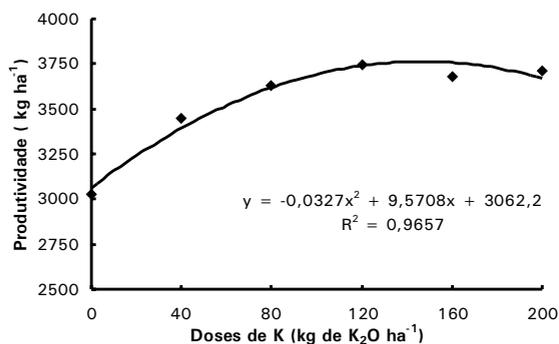


FIG. 16. Produção de grãos de soja, em função de doses de K aplicadas. Média de três safras e de três épocas de aplicação, Guiratinga, MT

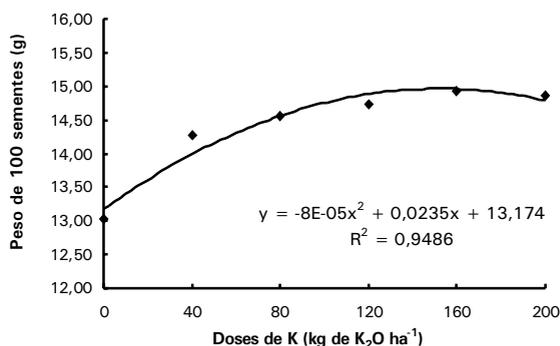


FIG. 17. Peso de 100 sementes de soja, em função de doses de K aplicadas. Média de três safras e de três épocas de aplicação, Guiratinga, MT

mada em 3762kg ha⁻¹. Considerando que a menor produtividade média observada foi de 2159kg ha⁻¹, na testemunha durante a safra 1999/2000 (Tabela 14) e maior produtividade média observada foi de 4187kg ha⁻¹, no tratamento 200kg de K₂O ha⁻¹, na safra 1997/98 (Tabela 10). Isto permite inferir que nesses solos arenosos (73% de areia), de baixa disponibilidade natural de K, para manter altas produtividades, a aplicação de adubo

potássico deva ser maior do que em solos argilosos, onde a disponibilidade natural de K é maior e a probabilidade de perdas do íon K⁺ por lixiviação ao longo do perfil do solo, abaixo da camada arável (0-20cm), praticamente, não ocorre.

4.8. Teores de potássio no solo

Nos solos arenosos do Mato Grosso, há baixa disponibilidade natural de K, no

solo da Fazenda Cascavel (73% de areia) no início do experimento em 1997, a disponibilidade de K-trocável era de $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 0 a 20cm de profundidade (considerada baixa disponibilidade para solos arenosos) e abaixo dos 20cm de profundidade, não há potássio (Tabela 16). Após três cultivos de soja e a reaplicação anual de K, o K-trocável praticamente esgotou nas camadas de 0 a 20, de 20 a 40 e de 40 a

60cm de profundidade, pela absorção e exportação do potássio pela cultura, nos tratamentos 0, 40, 80, 120 e 160kg de $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$. Somente a aplicação de 200kg de $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ conseguiu manter, após três anos de cultivo, o teor inicial de potássio trocável no solo (Tabelas 16, 17, 18 e 19).

Nas doses 0 e 40kg de $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$, não houve lixiviação, por que, todo K-trocável foi absorvido e exportado pela cultura da soja. Nas doses 80, 120, 160 e 200kg de $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$, observa-se a lixiviação lenta do potássio trocável para as camadas de 20 a 40 e de 40 a 60cm de profundidade (Tabelas 16, 17 e 18 e 19). Isto demonstra que em solos arenosos a aplicação de doses elevadas de potássio, pode induzir a lixiviação desse nutriente no perfil do solo independente da época de aplicação do adubo potássico, além disso, o processo de lixiviação também é extremamente dependente do regime pluviométrico no período que vai da semeadura

TABELA 16. Teores iniciais de fósforo e potássio no solo. Amostras coletadas em cinco profundidades. Média de quatro repetições

Profundidade (cm)	K no solo ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	P no solo (mg kg^{-1})
00 - 20	0,10	11,75
20 - 40	0,03	1,50
40 - 60	0,02	1,08
60 - 80	0,01	0,30
80 - 100	0,01	0,30

TABELA 17. Teor de K no solo. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Safra 97/98. Média das três épocas de aplicação para cada profundidade

Doses aplicadas ($\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$)	Profundidade de amostragem		
	00-20cm	20-40 cm	40-60 cm
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
0	0,04 c ¹	0,04 d	0,024ab
40	0,04 c	0,04 cd	0,020 b
80	0,05 c	0,05 cd	0,024ab
120	0,08 b	0,06 bc	0,025ab
160	0,09 b	0,07ab	0,032a
200	0,12a	0,08a	0,034a

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 18. Teor de K no solo. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Safra 98/99. Média das três épocas de aplicação para cada profundidade

Doses aplicadas (kg K ₂ O ha ⁻¹)	Profundidade de amostragem		
	00-20cm	20-40cm	40-60cm
	cmol _c dm ⁻³		
0	0,05 d ¹	0,03 d	0,03 b
40	0,06 d	0,04 d	0,03 b
80	0,07 cd	0,06 d	0,03 b
120	0,10 bc	0,11 c	0,04 b
160	0,12ab	0,15 b	0,06a
200	0,14a	0,19a	0,07a

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 19. Teor de K no solo. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Safra 1999/2000. Média das três épocas de aplicação para cada profundidade

Doses aplicadas (kg K ₂ O ha ⁻¹)	Profundidade de amostragem		
	00-20cm	20-40 cm	40-60 cm
	cmol _c dm ⁻³		
0	0,03 e ¹	0,01 e	0,03 c
40	0,04 de	0,03 e	0,03 c
80	0,05 d	0,04 d	0,03 c
120	0,06 c	0,07 c	0,05 b
160	0,08 b	0,09 b	0,04 b
200	0,10a	0,11a	0,07a

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

até a floração da cultura. Até a floração ocorre a quase totalidade do K absorvido pelas plantas. Porém, se até a floração, a absorção de potássio foi baixa, o mecanismo fisiológico da planta faz com que aumente o influxo máximo (I_{\max}) acelerando a absorção de K como um mecanismo de auto-defesa e preservação da

espécie. Embora, muitas vezes, os teores nas folhas na amostragem no início da floração indique deficiência de potássio (abaixo de 20g kg⁻¹ de K), esse processo de aumento do I_{\max} compensa a baixa absorção inicial de K e não há efeito sobre a produção final de grãos (Tabelas 10, 12, 14 e 19).

4.9. Teores de potássio nas folhas e nos grãos

O teor médio de potássio nas folhas na primeira safra, na parcela testemunha, nas duas últimas safras na parcela testemunha e nas parcelas que receberam 40, 80 e 120kg de K_2O ha^{-1} , o teor de K nas folhas manteve-se abaixo do teor de K considerado suficiente ou médio (20 a 25g kg^{-1}) para a soja (Tabela 20). Quando ocorre um ano agrícola com alta intensidade de chuvas durante o crescimento vegetativo da cultura (da germinação a floração), o teor de K-trocável no solo poderá ser lixiviado (Tabelas 16, 17, 18 e 19), reduzindo a disponibilidade de nutrientes nas plantas e consequentemente, o teor de K nas folhas poderá ficar abaixo do nível de suficiência (Tabela 20) e podendo afetar a produção de grãos (Tabelas 10, 12 e 14). Isto porque, algumas vezes dependendo do período de tempo, a planta pode aumentar o influxo máximo de absorção de K e superar a

deficiência anulando a influência do baixo teor de K nas folhas no início da floração, e consegue ainda uma produção de grãos satisfatória.

O teor de potássio nos grãos, manteve-se sempre acima de 12g kg^{-1} , (teor de suficiência nos grãos de soja), (Tabela 21). Por uma razão de sobrevivência das espécies, todo nutriente armazenado nas folhas é translocado para a formação e crescimento das sementes, portanto, para que o teor de K nas sementes seja menor que 12g kg^{-1} , a deficiência tem que ser muito severa.



5. Estudo da Disponibilidade de Enxofre para a Cultura da Soja em Solos do Brasil (04.2000.326-05)

Gedi Jorge Sfredo¹, Kiyoko Hitsuda² e Dirceu Klepker¹

TABELA 20. Efeito das doses de K aplicadas no teor de potássio nas folhas. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Média das três épocas de aplicação para cada safra

Doses aplicadas (kg K_2O ha^{-1})	Teor médio de K nas folhas, g kg^{-1}		
	Safra 97/98	Safra 98/99	Safra 99/2000
0	19,20a ¹	15,18 c	11,79 c
40	20,40a	16,85 bc	14,47 c
80	23,10a	19,88ab	17,84 b
120	24,40a	19,51 b	18,18 b
160	30,91a	23,01a	21,43a
200	31,81a	19,05 b	20,13ab

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ Pesquisador Embrapa Soja

¹ Pesquisador convênio Jircas/Embrapa Soja

TABELA 21. Efeito das doses de K aplicadas no teor de potássio nos grãos. Faz. Cascavel, Guiratinga, MT. Média das três épocas de aplicação para cada safra

Doses aplicadas (kg K ₂ O ha ⁻¹)	Teor médio de K nos grãos (g kg ⁻¹)	
	Safra 97/98	Safra 98/99
0	19,90 b ¹	15,18 b
40	19,83 b	17,49a
80	20,14 b	17,37a
120	21,03a	17,22a
160	21,30a	18,39a
200	21,59a	18,10a

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O uso de técnicas agrícolas modernas, tais como o aumento do potencial produtivo de variedades de soja e o uso de adubação mais adequada, tem incrementado progressivamente a produtividade da cultura da soja e, com isso, a retirada de enxofre dos solos tem crescido, pois 60% do enxofre (S) absorvido pela planta é exportado através dos grãos. Associado a esse fato, a correção de acidez dos solos próprios para a cultura da soja, o uso intensivo de fertilizantes concentrados, sem ou com baixos teores de

S, e o manejo inadequado dos solos, promovendo um decréscimo acentuado no teor de matéria orgânica, provavelmente, estariam alterando a disponibilidade do enxofre, pois sintomas visuais de deficiência deste nutriente em lavouras de soja já é uma realidade.

Na safra 1999/2000, foram montados dois experimentos no Estado do Paraná (em Ponta Grossa, num Latossolo Vermelho-Escuro e, em Londrina, num Latossolo Roxo eutró-

fico) e nos estados do Maranhão (LVd) e do Mato Grosso (LEd), com o objetivo de determinar os efeitos do S sobre a produtividade da soja, estabelecer curvas de resposta e os níveis críticos de S no solo e nas folhas.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com cinco (5) doses de S (0; 25; 50; 75 e 100kg/ha) e a fonte foi o S-elementar (flor de enxofre) com 98% de S.

Pelos resultados da Tabela 22, verificou-se que houve resposta a S, exceção

TABELA 22. Produção de grãos (kg/ha) - experimento com enxofre - 1999/2000

kg/ha	Londrina (PR)	Ponta Grossa (PR)	Sambaíba (MA)	Rondonópolis (MT)
	kg/ha			
0	2165 b	3465 c	3461a	2494 b
25	2537ab	3862a	3545a	2888ab
50	2709a	3736ab	3413a	2955ab
75	2617ab	3500 c	3493a	3396a
100	2456ab	3460 c	3566a	2885ab
Grap-520	2909a	3614 bc	3424a	3378a
CV (%)	11,94	3,96	5,76	10,81

Teste de Duncan a 5%.

a Sambaíba, MA, sobre a produção até a dose de 25kg/ha de S. Os teores de S foram sempre maiores quanto maiores a profundidade no perfil do solo e a dose aplicada (Tabelas 23, 24, 25 e 26). Nestas Tabelas, encontram-se, também, os teores de P disponível pelo Extrator Mehlich I e de P remanescente e, provavelmente, não haverá correlação entre esses valores e os de S no solo.



6. Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral da Soja para Sistemas Sustentáveis de Produção no Amapá (04.2000.326-06)

Nagib Jorge Melem Junior¹,
 Antônio Cláudio Almeida de Carvalho¹,
 Gilberto Ken Iti Yokomizo¹ e
 João Tomé de Farias Neto¹

6.1. Introdução

O cerrado amapaense ocupa uma região de aproximadamente 1.200.000 ha, situa-se desde a cidade de Macapá estendendo-se na direção norte do estado até a cidade de Calçoene, num percurso de 374 km. É servido por uma estrada de ferro com 200 km de extensão, os quais grande parte corta o cerrado, e a rodovia BR 156 com cerca de 900 km, dos quais,

TABELA 23. Experimento S - Sambaíba, MA - 1999/2000. Solo: coleta em 21/06/2000 à profundidade de 0 a 20 cm

S kg/ha	P		S
	Mehlich	Remanescente	
0	16,57	14,76	3,22
25	21,10	15,80	2,75
50	20,75	15,74	2,22
75	20,43	16,02	3,68
100	18,45	17,92	4,74
GRAP 520	20,97	18,81	4,32

apenas 150 são asfaltados, porém cortando toda a extensão da área.

Considerando todos esses aspectos de infra-estrutura e a proximidade da área de produção e exportação (Porto de Santana - 23 km de Macapá) o cerrado do Amapá desponta com grande potencial de produção de grãos. Além desse fatos é interessante ressaltar a localização geográfica estratégica do Amapá quanto a sua proximidade com os mercados importadores o qual permitirá uma redução dos custos de transporte e portanto tornando a soja produzida no Amapá mais competitiva no mercado internacional.

6.2. Objetivos

Esse subprojeto tem por objetivos definir as dosagens adequadas de fósforo e potássio para o cultivo da soja no cerrado do Amapá, avaliar dois sistemas de manejo de solo no cultivo da soja e avaliar as modificações dos atributos químicos e físicos do solo em função da adubação e do sistema de manejo (preparo de solo convencional e plantio direto).

¹ Pesquisador Embrapa Amapá

TABELA 24. Experimento S - Londrina, PR - 1999/2000. Solo: coleta em 18/03/2000 a 4 profundidades

S	P												S				
	Mehlich						Remanescente										
	Profundidade em cm																
kg/ha	0-10	10-20	20-30	30-40	0-10	10-20	20-30	30-40	0-10	10-20	20-30	30-40	0-10	10-20	20-30	30-40	
0	17,10	8,30	6,53	4,10	8,54	7,10	5,82	4,29	7,54	13,09	28,58	55,70					
25	13,49	7,91	7,17	5,10	8,21	7,11	4,97	4,10	9,12	15,08	31,10	87,15					
50	15,93	6,00	5,78	3,43	8,30	6,34	5,15	3,86	9,24	21,98	28,59	57,81					
75	16,40	7,78	6,74	4,18	9,40	6,93	5,07	4,02	10,87	21,86	38,17	83,12					
100	12,85	7,49	6,14	3,49	8,19	6,49	5,27	4,33	10,40	22,51	41,62	73,35					
GRAP 520	14,12	7,83	7,22	4,83	8,33	6,50	5,30	4,53	8,77	15,31	20,16	46,24					

TABELA 25. Experimento S - Ponta Grossa, PR - 1999/2000. Solo: coleta em 26/04/2000 a 4 profundidades

S	P												S				
	Mehlich						Remanescente										
	Profundidade em cm																
kg/ha	0-10	10-20	20-30	30-40	0-10	10-20	20-30	30-40	0-10	10-20	20-30	30-40	0-10	10-20	20-30	30-40	
0	11,05	8,83	8,75	4,53	7,29	5,88	5,37	3,97	5,38	5,15	5,09	28,23					
25	9,60	9,45	6,21	3,26	6,67	5,93	4,95	3,52	8,13	7,25	22,74	33,61					
50	12,60	10,84	6,80	4,11	7,39	5,45	5,10	3,92	10,58	12,45	28,41	39,92					
75	11,89	9,74	5,74	4,00	7,40	5,67	4,48	3,43	14,03	12,45	31,16	49,68					
100	10,35	10,43	6,21	4,62	7,28	5,63	5,03	3,67	10,81	7,78	22,21	39,10					
GRAP 520	7,54	9,33	6,84	2,52	5,69	5,40	5,21	3,25	7,31	7,54	13,62	39,34					

TABELA 26. Experimento S - Rondonópolis-MT - 1999/2000. Solo: coleta em 10/04/2000 a 4 profundidades

S	P											
	Mehlich						Remanescente					
kg/ha	0-10	10-20	20-30	30-40	0-10	10-20	20-30	30-40	0-10	10-20	20-30	30-40
0	9,28	4,88	1,95	1,55	17,73	16,03	14,78	12,28	3,27	7,01	5,26	5,61
25	11,15	3,80	2,20	1,00	17,13	14,55	14,55	11,95	4,44	8,94	9,65	3,45
50	5,73	2,28	2,10	0,93	16,93	16,78	14,80	12,93	3,62	9,18	10,46	6,96
75	6,10	2,95	2,60	0,98	18,18	15,75	13,68	12,88	7,25	9,35	13,97	8,47
100	6,43	2,48	2,35	1,20	17,93	17,95	13,78	14,48	2,03	6,95	13,79	5,26
GRAP 520	15,08	6,83	2,35	1,08	18,03	17,53	14,20	17,58	2,81	5,15	9,76	2,57

TABELA 27. Experimento S - teores de S nas folhas e nos grãos da soja, safra 1999/2000

S-kg/ha	Folhas						Grãos					
	Londrina (PR)	Ponta Grossa (PR)	Sambaíba (MA)	Rondonópolis (MT)	Londrina (PR)	Ponta Grossa (PR)	Sambaíba (MA)	Rondonópolis (MT)	Londrina (PR)	Ponta Grossa (PR)	Sambaíba (MA)	Rondonópolis (MT)
0	3,15	3,69	3,27	2,76	3,30	3,33	2,73	3,15	3,30	3,33	2,73	3,15
25	3,20	3,60	3,34	2,89	3,40	3,60	2,48	2,50	3,40	3,60	2,48	2,50
50	3,07	3,71	3,34	2,84	3,38	3,20	2,95	2,88	3,38	3,20	2,95	2,88
75	3,15	3,68	3,40	3,01	3,83	3,35	3,06	3,03	3,83	3,35	3,06	3,03
100	3,22	3,76	3,22	2,87	4,15	3,53	3,34	3,00	4,15	3,53	3,34	3,00
Grap-520	3,04	3,70	3,26	2,95	3,98	3,15	3,04	2,63	3,98	3,15	3,04	2,63

6.3. Material e métodos

O experimento foi instalado no Campo Experimental do Cerrado do Centro de Pesquisa Agroflorestal do Amapá, localizado na rodovia BR 156 km, nas coordenadas geográficas 00° 22'N e 51° 04'W. Foi testada a resposta da cultura da soja, cultivar Seridó RCH, a 4 doses de fósforo (10, 80, 150, 220kg/ha de P₂O₅) e 4 doses de potássio (10, 90, 170 e 250kg/ha de K₂O). Utilizou-se o delineamento blocos aleatorizados com arranjo de tratamentos fatorial 4² totalizando 16 tratamentos e 3 repetições.

Os experimentos serão repetidos durante 3 anos utilizando-se a mesma área. Antes de cada cultivo e após a colheita

serão coletadas amostras de solos em cada parcela experimental das camadas de 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm, 60-80cm, para determinação das variações ocorridas em função da aplicação dos insumos e do cultivo.

Os parâmetros avaliados nos experimentos são os seguintes: atributos relacionados com a fertilidade do solo e análise química de folhas; altura da planta na maturidade e altura da inserção de primeira vagem; peso de 100 grãos e produtividade de grãos.

6.4. Resultados

Na Tabela 28 são apresentados os resultados obtidos em 2000 (média de três blocos de cada tratamento) para os

TABELA 28. Resultados médios de altura de inserção da 1ª vagem, altura e planta, produtividade e peso de 100 grãos em relação as dosagens aplicadas de fertilizantes. Macapá, 2000

Dosagens (kg/ha)		Altura da vagem (cm)	Altura da planta (cm)	Produtividade (kg/ha)	Peso 100 grãos (g)
P ₂ O ₅	K ₂ O				
10	10	18,2	28,27	193,02	9,76
10	90	16,87	30,93	263,22	10,42
10	170	12,87	32,47	254,45	11,02
10	250	12,87	31,47	272,78	11,44
80	10	16,6	43,13	1129,34	10,10
80	90	14	41,13	1840,91	11,46
80	170	12,4	39,67	1794,42	11,94
80	250	13,87	47,07	1945,38	11,91
150	10	16,93	42,53	644,57	10,47
150	90	15,4	45,33	2200,86	12,67
150	170	14,47	45,6	2891,9	13,29
150	250	12,4	41,53	2866,23	13,61
220	10	15,4	41,27	812,28	11,09
220	90	14,27	42,8	2395,45	13,08
220	170	13,47	47,27	2955,45	13,55
220	250	13,2	51,8	2732,9	14,16

parâmetros altura da inserção da primeira vagem, altura da planta, produtividade e peso de 100 grãos. Na Tabela 29 são apresentados os resultados de análise foliar para os elementos N, P, K, Ca e Mg.

Todos os dados estão sendo submetidos a análises estatísticas para que se possa avaliar a influência dos tratamentos nos parâmetros estudados e se indicar os que possam proporcionar a adubação da cultura da soja no cerrado amapaense com eficiência e economia. A maior produção foi de 2955kg/ha, demonstrando que mesmo com abertura de cerrado no primeiro ano, podem ser obti-

das altas produtividades de soja (Tabela 28).



7. Níveis de Zn, Mn, Cu e B para Cultivo da Soja, em Latossolos de Textura Média, nos Cerrados de Roraima (04.2000.326.07)

Daniel Gianluppi¹, Alfredo do Nascimento Junior¹, José Alberto Martell Mattioni¹, José Oscar Lustosa de Oliveira Junior¹, Oscar José Smiderle¹, Vicente Gianluppi¹

Na região nordeste de Roraima encontra-se, aproximadamente, 1.500.000

TABELA 29. Resultados médios dos teores de N, P, K, Ca e Mg em folha de soja em relação as dosagens aplicadas de fertilizantes. Macapá, 2000

Dosagens (kg/ha)		N	P	K	Ca	Mg
P ₂ O ₅	K ₂ O	g/kg				
10	10	25,70	0,70	2,93	7,30	4,10
10	90	24,37	0,73	4,47	5,90	4,23
10	170	25,70	0,67	4,83	5,73	3,33
10	250	25,03	0,77	4,93	6,53	3,30
80	10	34,17	1,43	2,20	14,27	5,53
80	90	33,37	1,53	3,53	9,63	3,30
80	170	33,70	1,63	4,40	9,10	2,93
80	250	34,07	1,50	4,70	9,53	3,83
150	10	36,27	1,87	2,27	15,63	9,90
150	90	43,90	2,33	3,27	12,67	3,60
150	170	45,77	2,63	4,93	11,40	3,00
150	250	45,60	2,50	5,53	8,27	2,20
220	10	40,17	2,90	3,80	15,73	7,80
220	90	49,03	3,37	3,23	13,33	3,43
220	170	49,33	3,00	4,27	10,57	2,77
220	250	48,83	3,07	5,57	9,27	2,50

¹ Pesquisador Embrapa Roraima

ha de cerrados aptos para a produção de grãos. As condições climáticas são apropriadas a exploração das culturas, com uma precipitação anual de 1502,0mm e temperatura média de 27,0°C. Os solos, entretanto, são ácidos e de baixa fertilidade natural, com limitações na disponibilidade de nutrientes, tanto macro como micronutrientes. Muitos resultados de pesquisa já obtidos nos cerrados do Brasil Central, poderiam ser extrapolados para essa região, porém as condições edafoclimáticas dos cerrados de Roraima diferem daquelas do Brasil Central. Portanto, como em Roraima já se tem bons resultados de pesquisa com aplicação de calcário e macronutrientes e poucos dados sobre respostas das culturas a micronutrientes, há necessidade de pesquisa local, em busca de dados que possibilitem a correção do solo e a adubação da cultura da soja, com micronutrientes, de maneira que, se obtenha bons níveis de produtividade e sustentabilidade do sistema produtivo empregado. Para isto, deverão ser instalados quatro experimentos, cada um contendo cinco níveis: Zn (0; 2; 4; 8; 16 kg.ha⁻¹ de Zn); B (0; 0,8; 1,6; 3,2; e 6,4 kg.ha⁻¹ de B); Mn (0; 7; 14; 28; 56 kg.ha⁻¹ de Mn); e Cu (0; 1,5; 3; 6; 12 kg.ha⁻¹ de Cu).

Todos os níveis foram submetidos a quatro saturações de bases (30; 45; 60 e 75%) em delineamento de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas com as saturações de bases nas parcelas e os níveis de cada micronutriente nas subparcelas. O tamanho das subparcelas foi de 4m x 15m (60m²), com nove linhas

de semeadura, sendo a área útil constituída pelos cinco linhas centrais por nove metros de comprimento.

Os experimentos foram instalados no dia 6/6/2000, em latossolo amarelo com 18-20% de argila, no campo experimental da Embrapa Roraima, após previamente corrigido com macro e micronutrientes incorporados ao solo com grade aradora. A adubação de base foi 60kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 60kg.ha⁻¹ de K₂O.

Os objetivos dos experimentos desse subprojeto são de determinar os teores recomendáveis de Zn, Mn, Cu e B em solos de cerrados de Roraima; testar o efeito residual de cinco doses de micronutrientes (Zn, Mn, Cu e B) nos três primeiros anos de cultivo com soja; obter níveis ou faixas críticas ou relações de micronutrientes no solo e na planta, através de análises de tecido e de solo, que permitam futuramente dar embasamento a programas integrados de diagnose e recomendação.

Foram coletadas amostras de solo para diagnóstico da fertilidade natural, coleta de folhas, dados de produção com avaliação de componentes de produção (número de plantas; altura; número de vagens/planta; número de grãos/vagem; massa de 100 sementes; umidade) coleta de solo após colheita e de sementes para avaliação da qualidade fisiológica.

Embora tenha havido estiagem no período de enchimento de grãos, as melhores produtividades (Tabela 30) foram obtidas com a saturação de 45%. Aparentemente não houve resposta a níveis de Mn, Zn, e Cu para as variáveis aqui ex-

TABELA 30. Produtividade (t.ha⁻¹) e qualidade de sementes (EC, %) de dois cultivares de soja¹ submetidos a quatro níveis de saturação de bases (V%) e cinco níveis de micronutrientes, ano agrícola 2000

V(%) Níveis (kg.ha ⁻¹)	Produtividade (t.ha ⁻¹)				Emergência (%)			
	Zn	B	Mn	Cu	Zn	B	Mn	Cu
30%								
0	1,88	1,40	1,81	1,95	85	65	73	80
1	1,88	1,44	1,86	1,88	82	71	67	86
2	2,05	1,50	1,76	1,97	88	76	69	80
3	1,43	1,46	1,75	1,96	80	77	63	89
4	1,43	1,39	1,78	1,96	75	73	65	90
45%								
0	1,93	2,09	1,84	1,79	89	71	70	92
1	1,83	2,15	1,99	1,88	83	77	79	94
2	1,76	2,17	1,89	1,87	85	83	75	93
3	1,75	2,03	1,97	1,97	80	81	65	98
4	1,47	1,81	1,96	1,87	83	85	62	92
60%								
0	1,85	2,04	1,59	1,77	93	54	65	93
1	1,55	1,88	1,49	1,71	85	80	65	82
2	1,64	1,87	1,66	1,76	85	78	65	90
3	1,52	1,91	1,63	1,82	80	86	58	91
4	1,50	1,79	1,54	1,78	88	79	57	90
75%								
0	1,43	1,61	1,64	1,70	86	41	60	94
1	1,43	1,82	1,68	1,75	88	77	71	94
2	1,38	1,74	1,69	1,84	93	77	62	95
3	1,31	1,55	1,71	1,81	88	77	64	89
4	1,15	1,67	1,70	1,92	81	75	73	94

¹ Experimentos de B e Zn com soja Nova Fronteira e experimentos Mn e Cu com soja Mirador.

pressas. Mesmo com pequenas diferenças observa-se que houve acréscimos de produção, vigor e emergência de plantas, quando se adicionou boro, principalmente na saturação de bases de 45 a 60%.

Os teores de N, P, K e Cu na folha estiveram sempre abaixo do desejado e que os teores de Zn, Mn e B estiveram sempre em níveis altos ou muito altos (Tabela 31).

8. Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação de Adubação -DRIS - na Cultura da Soja em Rondônia (04.2000.326-08)

Vicente de Paulo Campos Godinho¹ e
Francisco das Chagas Leonidas¹

Devido ao fato do coordenador do subprojeto Eng.º Agr.º Antonio Neri Aze-

¹ Pesquisador Embrapa Rondônia

TABELA 31. Concentração de nutrientes nas folhas de soja colhidas em plena floração, período agrícola 2000

	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu	B	S
Zinco											
30%	43,75	2,86	10,02	10,70	4,51	172,0	164,0	95,0	6,68	136,0	3,01
45%	44,65	2,87	9,10	10,30	4,58	137,0	116,0	82,0	5,99	128,0	2,89
60%	46,67	2,91	9,27	9,820	4,50	90,8	78,7	73,0	6,39	119,0	2,85
75%	44,90	3,01	8,39	10,70	5,20	72,0	62,0	74,0	6,60	121,0	2,80
Boro											
30%	49,0	4,17	11,36	12,19	5,58	216,7	182,7	107,2	7,858	172,6	3,811
45%	46,7	4,25	13,14	12,53	5,77	134,1	126,3	110,8	7,081	181,9	4,218
60%	47,1	5,06	13,53	12,50	6,46	117,7	102,6	120,1	7,757	192,7	4,747
75%	47,0	4,10	10,50	11,40	5,80	75,9	73,4	101,4	7,400	152,0	3,630
Manganês											
30%	40,0	2,90	12,20	9,60	3,70	136,00	337	101,7	5,30	150,0	2,90
45%	41,2	2,88	12,06	9,93	4,35	86,27	196	89,13	5,70	134,9	2,80
60%	41,5	2,89	9,11	10,10	4,84	72,32	137	88,78	5,75	127,1	2,73
75%	43,0	3,00	9,42	10,00	5,00	64,30	116	89,54	5,70	134,0	2,80
Cobre											
30%	40,87	3,26	13,53	8,928	3,82	145,50	142,4	116,0	6,47	134,0	3,08
45%	41,04	3,24	11,11	9,674	4,65	101,50	93,28	108,3	6,48	143,0	3,42
60%	39,25	3,26	10,43	9,563	5,00	77,88	71,72	99,18	6,20	137,0	3,22
75%	37,4	3,20	11,60	10,30	5,07	60,10	54,80	93,90	5,87	140,0	2,90

vedo Rodrigues ter se demitido da Embrapa Rondônia, nenhum experimento desse subprojeto foi iniciado. A partir desse ano de 2001 assumiu a coordena-

ção do subprojeto o Eng.º Agr.º Vicente de Paulo Campos Godinho, que deverá iniciar os experimentos desse subprojeto na próxima safra (2002).

