SHIZUO MAEDA

EFEITOS DE QUANTIDADES DE CALCÁRIO, ESTIMADAS POR TRÊS MÉTODOS, NO COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE SOJA *Glycine max* (L.) Merrill

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

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1987

EFEITOS DE QUANTIDADES DE CALCÁRIO, ESTIMADAS POR TRÊS MÉTODOS, NO COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE SOJA

Glycine max (L.) Merrill

APROVADA: Lavras, 08 de junho de 1987

PROF. PEDRO MILANEZ DE REZENDE

Orientador

PROF. GERALDO APARECIDO DE AQUINO GUEDES

PROF. JOÃO BOSCO DOS SANTOS

1987

Ao Senhor meu Deus

À Maria José, minha esposa

A meus pais: Takeshi (in memorian)

e Yoshiko

Aos meus irmãos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pelo apoio financeiro e oportunidade de realizar este curso.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras, - ESAL, pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão pela ajuda financeira concedida para impressão da dissertação.

Ao professor Pedro Milanez de Rezende, pela orientação, amizade e valiosos ensinamentos.

Aos professores Geraldo Aparecido de Aquino Guedes e João Bosco dos Santos pela participação e sugestões.

Ao professor Tocio Sediyama pelas críticas e sugestões apresentadas.

Aos professores da ESAL pelos ensinamentos e consideração recebidos.

À Maria José Botelho Maeda pelo amor, carinho, dedicação e pelo auxílio no trabalho de datilografia.

Aos colegas Osvaldo Rihoyei Kato e Antonio Pedro da Silva

Souza Filho pela amizade, convivência e colaboração na colheita do experimento.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura Moacir de Souza Arantes, Mário José de Oliveira e João Batista de Paula, pelo apoio na implantação e condução do experimento.

Aos Laboratórios de Análise Foliar do Departamento de Ciência do Solo e de Química da Escola Superior de Agricultura de Lavras, em especial aos funcionários Delanne Ribeiro, João Gualberto Penha, Jairo Lima Jr., AnaMaria Alvarenga Pereira, Elaíse Barbosa Santos pelas análises realizadas.

À minha mãe Sra. Yoshiko Namizaki Maeda e a todos os meus familiares, pelo incentivo e apoio no decorrer do curso.

Aos colegas pelo convívio e amizade.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuiram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

SHIZUO MAEDA , filho de Takeshi Maeda e Yoshiko Namizaki Maeda, nasceu em Mandaguari, Estado do Paraná, aos 30 dias do mês de março de 1955. Realizou seus estudos iniciais em sua terra natal.

Em 1974 ingressou na Universidade Federal do Paraná, matriculando-se no curso de Engenharia Agronômica, graduando-se Engenheiro Agrônomo em janeiro de 1978.

Iniciou sua atividade profissional em fevereiro de 1979 no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, em Rondônia, onde permaneceu até setembro do mesmo ano. Em seguida foi adimitido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, na UEPAE-Porto Velho, atuando na área de pesquisa, sendo responsável pelos trabalhos com a cultura da soja.

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

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS

APÊNDICE

1. INTRODUÇÃO

Os solos sob vegetação de cerrados brasileiros caracterizam-se por apresentar condições topográficas e físicas favoráveis à mecanização. Aliado a isto, a sua proximidade de regiões desenvolvidas, com maiores demandas de produção agrícola e com a infraestrutura existente, tornam estas áreas potencialmente aproveitáveis para uso agrícola. A sua ocupação tem-se acelerado nos últimos anos, basicamente devido ao esgotamento das áreas de solos de melhor fertilidade nas regiões leste e sul, e pela demanda crescente por alimentos.

O principal entrave para seu aproveitamento agrícola é a baixa fertilidade natural de seus solo, que apresentam elevada acidez, baixos teores de cálcio e magnésio e elevada capacidade de fixação de fósforo, LOPES & COX (31) e MENDES (44). Torna-se imprescindível para incorporação destas áreas ao processo agrícola, a elevação de sua fertilidade. Destaca-se como prática de manejo para este fim, a aplicação de calcário, sem o qual as produtividades são reduzidas.

O efeito da calagem se verifica principalmente na eliminação ou redução da solubilidade de elementos tóxicos, como manganês e alumínio; no aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio trocáveis; melhoria e aumento da vida microbiana e na disponibilidade de fósforo (9, 17, 72).

Para a cultura da soja Glycine max (L.) Merrill, os resultados experimentais têm demonstrado resposta significativa a aplicação de calcário, com efeitos positivos sobre a produção, tanto de grãos como de matéria seca e no funcionamento do processo simbiótico, aumentando o peso e o número de nódulos (5, 14, 63). Têm-se encontrado ainda diferenças nas respostas das cultivares de soja estudadas, demonstrando variabilidade genética em sua capacidade de adaptar-se a solos com diferentes graus de acidez (2, 5, 13, 48, 61, 67), estabelecidos pela aplicação de calcário. Para as condições de solo de cerrado de Rondônia, não existem estudos sobre a variabilidade entre cultivares a níveis de calagem.

O conhecimento da dose exata de calcário é importante para evitar tanto a subcalagem como a supercalagem, sendo que esta além de dispendiosa, ocasiona distúrbios no solo, como a redução na disponibilidade de macro e micronutrientes, BUCKMAN & BRADY (6) e JACKSON (27).

No Brasil, existem diferentes critérios de recomendação de calcário, sendo três os métodos que mais têm sido utilizados: método baseado no teor de alumínio e cálcio + magnésio trocáveis; método baseado na elevação da saturação de bases e, método baseado em solução tampão. Estes indicam quantidades diferentes de cal

cário para o mesmo solo, e sua eficiência varia para cada grupo de solo.

Assim sendo, face à ausência de estudos sobre métodos de recomendação de calcário para a cultura da soja em Rondônia, o presente trabalho tem como objetivo, identificar critério (s) de recomendação de calcário que melhor se adapte a cada cultivar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Devido a alta intemperização, os solos sob vegetação de cerrado caracterizam-se por apresentar acidez elevada, alta capacidade de fixação de fósforo e carência generalizada de nutrientes. Estas condições fazem com que a aplicação de calcário, condicionada pelas exigências das plantas e pelas propriedades dos solos relacionadas à acidez, torne-se prática necessária, sem a qual as produtividades são reduzidas. A determinação da real necessidade de calcário é importante para evitar os efeitos negativos tanto da sua aplicação em excesso como em falta. Diversos são os métodos utilizados para estimar as doses de calcário a serem aplicados.

2.1. Métodos de recomendação de calcário

2.1.1. Método baseado no decréscimo do pH de solução tampão

A determinação da necessidade de calagem baseada no uso de soluções tampão é bastante difundida, sendo estes métodos, em geral, de grande precisão e praticidade.

O princípio de uso do método é bastante simples, baseando-se no decréscimo do pH de uma solução tampão de composição conhecida e ajustada a um pH também conhecido. A acidez a neutralizar é obtida através do pH de equilíbrio de suspensão de solo-água-tampão. No Brasil o método mais conhecido é aquele idealizado por SHOEMAKER et alii (65), mais conhecido como tampão SMP, ajustada a pH 7,5. A partir de valores do pH de equilíbrio de suspensões de solo-água-tampão em uma relação 5-5-10 , de amostras de diferentes solos, correlacionaram-se os valores de pH da solução solo-água-tampão com a necessidade de calcário para elevar o pH do solo ao valor 6,8, obtido pelo método da incubação com carbonato de cálcio. Isto permitiu a obtenção de uma curva de calibração do método, que posteriormente foi convertido em tabela para recomendação de calcário.

O método tampão SMP é mais difundido nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. MIELNICZUK et alii (46) propuseram modificações ao método, que consistiram basicamente no valor do pH a ser atingido, com valor em torno de 6,0, e na relação solo-água-tampão de 6-6-6 ou seja, a solução tampão é quase metade daquela originalmente proposta por SHOEMAKER et alii (65). Esse método é bastante eficaz para indicar com precisão a necessidade de calcário. Contudo, foi constatado que o método perde sua eficiência para necessidade de calagem abaixo de 4 t/ha, o que seria um obstáculo para seu uso em solos de baixo poder tampão, conforme relata MELICH et alii (41).

MARTINI et alii (35) estudando o efeito de três doses de calcário (0, 6 e 12 t/ha), indicado pelo método tampão SMP, sobre o desenvolvimento da soja, concluíram que houve aumento até a dose intermediária, seguido de uma redução na produção de matéria seca da parte aérea. Resultados similares foram obtidos por outros autores (5, 14, 71), utilizando o mesmo critério para cálculo das doses de calcário. BORKERT (5) observou ainda efeito positivo da calagem sobre o crescimento da planta de soja constatando um aumento na altura das plantas como resultado da aplicação de calcário.

A calagem afeta ainda o desenvolvimento do sistema simbiótico entre a soja e o Rhizobium. COUTINHO et alii (14), testando o efeito do calcário, correspondendo a 0 e 1/4 da dose calculada pelo método SMP, verificaram aumentos no peso de matéria seca dos nódulos com a aplicação de calcário. Por outro lado, BORKERT (5), estudando o efeito de três doses de calcário (0, 6 e 12 t/ha), observou um aumento na nodulação pelo efeito da aplicação de calcário e que a melhor nodulação foi obtida com a aplicação de 6 t/ha de calcário. Na maior dose de calcário houve uma redução na nodulação. Resultados similares foram encontrados por MARTINI et alii (35) e VIDOR & FREIRE (70, 71).

A absorção de nutrientes pelas plantas é também influenciada pela calagem. VIDOR & FREIRE (70) analisando a composição química de plantas de soja cultivadas em vários níveis de calagem, determinadas pelo método tampão SMP, verificaram um aumento na concentração de cálcio e fósforo na parte aérea. COUTINHO et

alii (14) e MARTINI et alii (35) obtiveram resultados semelhantes para o teor de cálcio.

MARTINI et alii (35) estudando o efeito de três doses de calcário calculado pelo método SMP, na composição química da parte aérea de plantas de soja, observaram uma redução na concentração de manganês como resultado da aplicação do corretivo o que concorda com VIDOR & FREIRE (71) e COUTINHO et alii (14).

As propriedades químicas do solo são afetadas pela aplicação de calcário. A calagem eleva o pH do solo, diminui a saturação de alumínio, aumenta a disponibilidade de fósforo e diminui a disponibilidade de manganês (35, 70, 71). Todos os trabalhos utilizaram o método tampão SMP para cálculo da dose de calagem.

O método tampão SMP apresenta boa base teórica e é bastante simples em sua execução, dispensando determinações dos cátions trocáveis, exigindo apenas o pH da solução tampão. De forma semelhante ao método do alumínio trocável, este método nivela as culturas como igualmente exigentes. Os ajustes indicados para as culturas mais ou menos exigentes são empíricos e não possibilitam elevar o pH do solo a valores pré-estabelecidos.

2.1.2. Método baseado no teor de alumínio trocável

A idéia de ser o alumínio trocável o principal componente negativo relacionado à acidez dos solos, levaram COLEMAN et

alii (10) e KAMPRATH (28) a desenvolverem um critério de determinação de calagem baseado na neutralização desse elemento. Através deste critério, os valores de alumínio trocável, obtidos pela extração com sais neutros não tamponados, são multiplicados por um fator, que varia de 1 a 3, dando a indicação da quantidade de calcário a ser aplicada, SOUZA et alii (67).

A difusão do método no Brasil ocorreu com o Programa Internacional de Análise de Solo, CATE (8), que indicava a dose de calcário através da fórmula Al x 1,5 = t/ha de $CaCO_3$.

Existem solos que apresentam teores baixos de alumínio, sendo também baixos os teores de cálcio e magnésio. Nestes casos, um critério complementar foi introduzido, procurando garantir teores de cálcio mais magnésio ao valor de 2 me /100 cm^3 de terra, caso o conteúdo de matéria orgânica seja inferior a 2%, e ao valor de 3 me /100 cm^3 de terra nos casos em que a matéria orgânica seja superior a 2%. Para o Estado de São Paulo tem-se adotado o critério de escolher a alternativa que indicar a maior quantidade do corretivo. Em Minas Gerais optou-se pela soma das duas alternativas na recomendação de calagem pelo uso da fórmula Al x 2 + 2 - (Ca + Mg) = t/ha de $CaCO_3$ PRNT 100%, COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS (11).

Em trabalho objetivando estudar o efeito da calagem sobre o desenvolvimento da soja, SARTAIN & KAMPRATH (63) testaram três doses de calcário equivalentes a 0; 0,75 e 1,5 o alumínio trocável. Os resultados obtidos mostraram um efeito positivo da calagem aumentando o peso da matéria seca da parte aérea, com a re-

dução na saturação, respectivamente para 28% e 4%. Os resultados não mostraram efeito da calagem sobre o peso da matéria seca das raízes. Resultado semelhante foi obtido por FERREIRA et alii (18), que aplicaram calcário em níveis equivalentes a 0; 0,75 e 1,5 vezes o alumínio trocável. Os autores observaram uma elevação na produção da matéria seca como resultado da menor presença de alumínio. BAUNGARTNER et alii (3), baseando-se no teor de alumínio trocável multiplicado por zero, 1, 2 e 3 vezes, para cálculo da necessidade de calagem, também observaram aumentos na produção de matéria seca da parte aérea como resultado da aplicação do calcário, sendo que com a dose calculada multiplicando-se por 1 o teor do alumínio trocável foi suficiente para boas produções de matéria seca.

Para nodulação SARTAIN & KAMPRATH (63) observaram aumento tanto no número como no peso da matéria seca dos nódulos com a redução do teor de alumínio pela calagem. Resultados semelhantes foram obtidos por REZENDE (57), que observou ainda aumento no desenvolvimento das plantas de soja, medido pela sua altura. A dose de calcário foi estimada pelo método do alumínio e cálcio mais magnésio de acordo com a fórmula Al x 2 + 2 - (Ca + Mg), COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS (11). SANTOS et alii (60) obtiveram resultados semelhantes, para altura de planta, com calagem calculada de acordo com a mesma fórmula.

A composição química das plantas é afetada pela calagem. SARTAIN & KAMPRATH (64) estudando o efeito de três doses de $CaCO_3$ equivalentes a 0; 0,75 e 1,5 o alumínio trocável, não observaram

efeito dos níveis de calcário sobre a concentração de fósforo na parte aérea. Os autores observaram ainda redução no teor de magnésio.

A calagem afeta ainda as características químicas do solo. FERREIRA et alii (18) analisando o efeito da calagem, usando como fonte o calcário dolomítico, sobre a composição química do solo, observaram uma redução no teor de alumínio trocável e um aumento na concentração de cálcio e magnésio trocáveis. Os autores não observaram efeito da calagem sobre o nível de fósforo disponível.

Este método apresenta limitações no seu uso pela impossibilidade de calcular a calagem para valores de pH acima de 5,4 a 5,6 necessários para diversas culturas, levando a um nivelamento de todas as culturas como pouco exigentes com relação à correção da acidez, com prejuízos daquelas mais exigentes.

2.1.3. Método baseado na saturação de bases

Um dos primeiros métodos de recomendação de calagem no país foi desenvolvido por CATANI & GALLO (7) e baseia-se na relação entre pH e a saturação de bases do solo, através da equação $pH = 0,03176\ V\% + 4,288$, com $r = 0,947$, sendo possível determinar o valor de V% apenas pela leitura do pH em água da amostra. Conhecendo-se a acidez potencial (H +Al) extraída com acetato de cálcio 1N a pH 7,0, é possível determinar a quantidade de calcário a ser aplicada a partir da equação seguinte:

$$NC = H \frac{i_2 - i_1}{1 - i_1} = t\ CaCO_3/ha, \text{ onde:}$$

NC = necessidade de $CaCO_3$ em t/ha

H = teor de H + Al, em me/100 g de terra, obtido por extração com acetato de cálcio a pH 7,0

i_2 = saturação de bases requerida pela cultura

i_1 = saturação de bases atual do solo, obtida através do pH empregando-se a equação:

$$pH = 0{,}03176\ V\% + 4{,}288\ (r = 0{,}947)$$

Em razão da determinação da acidez potencial pela titulação com acetato de cálcio a pH 7,0, necessário para o cálculo da dose de calcário e da determinação do pH em água utilizado no cálculo da saturação de bases, o método torna-se trabalhoso o que desestimula a sua utilização. No entanto, observações de RAIJ et alii (54), que encontraram estreita correlação entre os valores de H + Al obtidos pelo método do acetato de cálcio, com os valores do pH da suspensão solo-água-tampão SMP na relação 10-20-10, possibilitaram que se utilizasse o valor do pH obtido na suspensão solo e solução SMP para encontrar o valor de H + Al, utilizando-se para isso a equação de regressão $y = 28{,}8 - 4{,}18x$ ($r = -0{,}975$). O cálculo desta equação foi baseado numa população de solos, que apresentavam baixa CTC, não permitindo portanto, cálculos de H + Al em valores acima de 8 me/100 cm^3 de terra.

Deste modo a necessidades de calcário pode ser obtida pela equação, RAIJ (48):

$$NC = \frac{T\ (V_2 - V_1)}{100}$$, onde:

NC = necessidade de calcário em t $CaCO_3$/ha

T = capacidade de troca de cátions, obtida pela soma de bases trocáveis, acrescida do teor de H + Al obtidos pela leitura do pH SMP

V_1 = saturação de bases atual do solo, obtido de $\frac{S \times 100}{T}$

V_2 = saturação de bases requerida pela cultura

S = soma de bases

Este método é adaptado às condições de laboratório que realiza um grande número de análises diariamente e é bastante flexível na adaptação às diferentes culturas por considerar as suas exigências nutricionais no cálculo das doses de calcário.

2.2. Comportamento diferencial de genótipos de soja em relação a acidez do solo e toxidez de alumínio

As espécies diferem largamente em sua tolerância às condições adversas do solo, especialmente em relação à toxidez do alumínio e outros elementos tóxicos do solo, (19, 20, 21).

Em solos ácidos KAMPRATH (27) observou que o milho apresentou bom desenvolvimento com saturação de alumínio superior a 44%, enquanto que a soja não tolerou saturação superior a 20%. De acordo com EVANS & KAMPRATH (16), o milho respondeu à calagem quando o solo continha alumínio acima de 0,4 me/100 g, enquanto que a soja apresentou resposta com teores de Al de 0,2 me/100 g, corres

pondendo a 3,6 e 1,8 ppm de alumínio na solução do solo respectivamente.

As cultivares dentro das espécies também diferem em sua tolerância ao alumínio. ARMIGER et alii (2) conduziram um dos primeiros trabalhos estudando a tolerância da cultura da soja a níveis tóxicos de alumínio. O estudo foi realizado em casa de vegetação em dois experimentos, sendo que no primeiro, 48 cultivares foram avaliadas por um período de 63 dias, em subsolo ácido (pH 4,8). Os autores verificaram que os genótipos diferiram largamente nos crescimentos absolutos da parte aérea e raízes. No segundo ensaio foram testadas 15 cultivares crescidas durante 43 dias em solo ácido e quatro níveis de $CaCO_3$(750, 1500, 3000 e 6000ppm) e obtiveram comportamento diferenciado nos quatro níveis de alumínio.

BORKERT (5) estudando diferentes doses de calcário em dois solos e duas cultivares, encontrou que a máxima eficiência técnica seria obtida com a aplicação de 15,9 t/ha de calcário para a cultivar Bienville e a aplicação de 20,6 t/ha para Santa Rosa. MUZILLI et alii (48) conduziram um trabalho visando quantificar a tolerância de cultivares de soja a acidez em três níveis de calagem (0; para Al = 0 e para pH = 6,0). Os resultados evidenciaram diferenças nas respostas aos níveis de calcário aplicados. Enquanto as cultivares Andrews, Cobb e Hutton apresentaram reação significativa até o nível de calagem visando atingir pH 6,0, outras cultivares como Sant'Ana, Viçoja e UFV-1 apresentaram reação progressiva aos níveis de calagem testados, sem evi

denciaram grandes diferenças de produção entre os tratamentos . Santa Rosa, Bragg e Bossier reagiram significativamente apenas a calagem para neutralização da acidez trocável, sendo que Bossier apresentou redução no rendimento ao se promover calagem para elevação do pH ao redor de 6,0, evidenciando sensibilidade a doses elevadas de calcário, o que está de acordo com os resultados obtidos por outros autores (2, 13, 61, 66).

Em trabalho mais recente MELLO (42), estudando o comportamento de 50 genótipos de soja em três níveis de saturação de alumínio (3,5; 12,5 e 63,0%), encontrou que os genótipos avaliados apresentaram diferenças no comportamento em relação aos níveis de saturação de alumínio, destacando-se como mais tolerantes a alta saturação de alumínio as cultivares TK-5, Majos e Biloxi, enquanto PI 157413 e PI 180445 foram as mais sensíveis. As evidências encontradas, indicam que a característica que mostrou-se mais eficiente na avaliação do comportamento dos genótipos foi a matéria seca total (raízes + parte aérea). O autor concluiu ainda que as diferenças no comportamento dos genótipos nos níveis 3,5 e 12,5% de saturação de alumínio praticamente não diferiu, o que leva a indicar que para o solo utilizado (latossolo vermelho amarelo distrófico, fase cerrado) não há necessidade de reduzir a saturação de alumínio a níveis tão baixos como 3,5% para o cultivo da soja.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coleta e preparo das amostras de solo

O solo foi coletado no Campo Experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/UEPAE/Porto Velho) em Vilhena-RO, representativo do cerrado da região, ainda não cultivado, pertencente a unidade Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura argilosa e relevo suave ondulado. O solo foi coletado da camada de 0 a 20 cm, em seguida seco ao ar e passado em peneira 4 mm. Amostras foram retiradas para análises químicas e físicas.

3.2. Determinações analíticas

As análises químicas e físicas do solo foram feitas no Instituto de Química "John Wheelock" do Departamento de Ciência dos Solos da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL).

3.2.1. pH

A determinação do pH foi feita potenciometricamente, utilizando-se um pH-metro.

O pH em água foi determinado na relação 1:2,5 e pH após adição da solução SMP de SHOEMAKER et alii (65), modificado por QUAGGIO (50), na relação solo:água:tampão SMP de 1:2,5:0,5. Para que fosse atingido o equilíbrio entre o solo e tampão foi necessário um período de repouso de 60 minutos.

3.2.2. Cátions trocáveis

A extração do cálcio, magnésio e alumínio foi feita com solução de KCl 1N, na relação 1:10. A determinação de cálcio e magnésio foi feita por espectrofotometria de absorção atômica, do alumínio trocável, mediante titulação do extrato com NaOH 0,005N, utilizando-se como indicador o azul de bromotimol a 1%.

O potássio foi extraído com uma solução contendo HCl 0,05N $+H_2SO_4$ 0,025N, na relação 1:10 e posterior determinação pelo método de fotometria de chama.

A metodologia utilizada na determinação dos cátions trocáveis encontram-se descritas no trabalho de RAIJ & ZULLO (56).

3.2.3. Hidrogênio mais alumínio

O hidrogênio mais alumínio foram extraídos com solução de acetato de cálcio 1N a pH 7,0 e titulação com NaOH 0,025N usando-se como indicador a fenolftaleína a 1%, de acordo com metodologia sugerida por CATANI & GALLO (7).

3.2.4. Fósforo, manganês e zinco

A extração destes elementos foi feita com HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N, na relação 1:10, sendo o fósforo determinado por fotocolorimetria, enquanto o manganês e o zinco foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

3.2.5. Análise granulométrica

A análise textural foi feita pelo método do densímetro, descrito por VETTORI & PIERANTONI (69). A dispersão da argila foi feita com NaOH 1N.

3.2.6. Matéria orgânica

O teor de matéria orgânica foi obtido por via úmida, determinando-se o teor de carbono orgânico, pela sua oxidação com solução de $K_2Cr_2O_7$ 0,1N em meio ácido, dosando-se o excesso de $K_2Cr_2O_7$ por titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1N, utilizando-se como indicador a difenilamina, de acordo com metodologia seguida por VETTORI (68). O teor de matéria orgânica foi calculado multiplicando-se a % de carbono orgânico pelo fator 1,724.

3.2.7. Cálculo da capacidade de troca de cátions, soma de bases e saturação de bases do solo

A soma de bases (S) foi considerada como sendo a soma dos teores de Ca^{+2}, Mg^{+2} e K^{+1} trocáveis, não considerando o teor de Na^{+1}, por ser o teor deste íon bem menor que o teor de K^{+1}, podendo ser desprezado.

O valor da capacidade de troca de cátions (T) foi obtida pela soma do valor S com o valor de H + Al, tendo portanto, o pH 7,0 como pH de referência.

A saturação de bases do solo (V%) foi calculada pelo quociente entre a soma de bases (S) e a CTC do solo, multiplicado por 100 para expressar o valor obtido em percentagem (V% = S x 100/T).

No Quadro 1 encontram-se os dados iniciais de análises química e física do solo e os valores do pH_{SMP}, H + Al, CTC, S e V%.

3.3. Análise química da planta

A análise química da parte aérea foi feita no laboratório do Departamento de Química da ESAL, determinando-se os teores na matéria seca da parte aérea dos seguintes elementos: fósforo, cálcio, magnésio, potássio, manganês e zinco.

O material seco foi triturado em moinho tipo Wiley e passado em peneira de 20 mesh, sendo uma parte mineralizada via úmida empregando-se a digestão nitroperclórica, segundo SARRUGE & HAAG (62). No extrato, determinaram-se os teores de cálcio, magnésio, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica; potássio por fotometria de chama e fósforo por colorimetria .

QUADRO 1 - Resultados iniciais das análises químicas e físicas de amostras do solo utilizado no estudo[1/].

Características	Teores
pH em água	5,40
pH SMP	5,70
Al^{+3} (me/100 cm^3)	0,40
P (ppm)	1,00
Ca + Mg (me/100 cm^3)	0,40
K (ppm)	11,00
Matéria orgânica (%)	3,17
H + Al (me/100 cm^3)	7,09
S (me/100 cm^3)	0,33
CTC (me/100 cm^3)	7,42
V (%)	4,45
m (%)	55,00
Areia (%)	18,30
Limo (%)	12,50
Argila (%)	69,20
Classe textural	muito argiloso

1/Análises realizadas no Laboratório de Solos da ESAL

3.4. Métodos para recomendação de calcário

3.4.1. Método do alumínio trocável

A dose de calcário foi calculada utilizando a fórmula recomendada pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS (11):

$$NC = Al \times 2 + [2 - (Ca + Mg)], \text{ onde:}$$

NC = necessidade de calcário em t $CaCO_3$/ha

Al = teor de alumínio trocável em me/100 cm^3 de terra

Ca + Mg = teor de cálcio + magnésio trocáveis em me/100cm^3 de terra

3.4.2. Método SMP

No presente estudo utilizou-se a solução tampão com uma concentração dobrada em relação à original, proposta por SHOEMAKER et alii (65), numa relação solo:água:tampão de 1:2,5:0,5 conforme metodologia utilizada por QUAGGIO (50).

A tabela para determinação de calagem de solos com base no pH_{SMP} utilizada neste trabalho foi aquela proposta por RAIJ et alii (54), para pH 6,5.

3.4.3. Método da saturação de bases

A necessidade de calcário foi calculada através da fórmula proposta por RAIJ (52):

$$NC = \frac{T\ (V_2 - V_1)}{100}, \text{ onde:}$$

NC = necessidade de calcário em t $CaCO_3$/ha

T = capacidade de troca de cátions, obtida pela soma das bases trocáveis, acrescida do teor de H + Al obtidos pela leitura do pH_{SMP}

V_1 = saturação de base atual do solo, obtido de $\frac{S \times 100}{T}$

V_2 = saturação de bases desejada, sendo 70% o valor de saturação de bases a ser atingida, ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ (49)

3.5. Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Biologia da ESAL. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 3, correspondendo a seis cultivares de crescimento determinado (Doko , IAC-8, Teresina, Timbira, Tropical e Savana), recomendadas para o Estado de Rondônia, com exceção de Savana, EMBRATER & EMBRAPA (15) e três métodos de recomendação de corretivo (alumínio trocável, saturação de bases e SMP) com quatro repetições. As doses dos corretivos determinadas em função dos métodos foram respectivamente: 2,5; 4,8 e 6,9 t/ha.

O solo coletado foi dividido em amostras de 2,5 Kg, aos quais foram aplicados os corretivos de acordo com cada tratamento. Para efeito de cálculo, foi considerada a massa de um hectare co-

mo sendo de 2000 toneladas, sendo as doses correspondentes em t/ha, corrigidas para PRNT 100%, aplicadas nas amostras de 2,5 kg. Para favorecer a reação, cada amostra recebeu umidade correspondente a 60% da capacidade máxima de retenção, permanecendo 20 dias incubadas, tempo este considerado suficiente para reação do corretivo aplicado que apresentava as seguintes características : CaO 40%, MgO 15% e PRNT 108%.

Após incubação, o solo foi novamente misturado e seco. Posteriormente nova divisão foi feita em amostras de 2,5 kg, aos quais foi incorporado KH_2PO_4 por agitação manual em sacos de polietileno. O KH_2PO_4 foi aplicado visando fornecer 80 ppm de P e 100 ppm de K,modificado de MALAVOLTA & MURAOKA (34), de acordo com sugestão apresentada pelo Departamento de Ciências do Solo da ESAL. Os solos foram colocados em vasos de 4 litros, recebendo água desmineralizada até atingir 50% do volume total de poros, mantido neste nível de umidade durante o crescimento das plantas, através de pesagens diárias, conforme GROHMAN (24).

A semeadura foi feita em 9 de dezembro de 1985, após inoculação das sementes com R. japonicum, utilizando-se oito sementes por vaso. Cinco dias após a emergência fez-se o primeiro desbaste, deixando-se quatro plantas por vaso. Quinze dias após a emergência, foi realizado outro desbaste deixando-se 2 plantas mais uniformes, constituindo a parcela experimental.

Além da aplicação de fósforo e potássio foi feita adubação utilizando-se a solução nutritiva cuja composição química encontra-se no Quadro 2. Após a diluição de 0,5 ml da solução es-

[redacted]

toque em 1000 ml de água desmineralizada, 100 ml da nova solução foram aplicadas por vaso, em quatro vezes, sendo aplicadas 25 ml em cada vez, em intervalo semanal com início 15 dias após a emergência das plântulas.

A colheita do experimento foi feita em 17 de fevereiro de 1986, 66 dias após a emergência das plântulas. A parte aérea foi separada das raízes seccionando-se a planta na superfície do solo. Após a separação, a parte aérea foi colocada em estufa com circulação forçada, a temperatura de 65° C, até peso constante, após o que foi determinado o peso da matéria seca. As raízes foram separadas manualmente do solo, em seguida lavadas em água corrente. Posteriormente os nódulos foram separados das raízes, contados e juntamente com as raízes foram colocados em estufa, a 65° C até atingir peso constante, e determinado o peso da matéria seca.

Foi efetuada análise de variância de todas as características avaliadas, aplicando-se o teste de de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias. Foram determinadas as correlações entre as características de análise de solo, de plantas e rendimento de matéria seca as quais foram testadas, pelo teste t.

QUADRO 2 - Composição química da solução nutritiva utilizada no experimento. Lavras-MG, 1985/86[1/].

Sal	g/litro
H_3BO_3	0,286
$MnCl_2$	0,181
$ZnSO_4$	0,022
$CuSO_4$	0,008
$H_2MoO_4\ H_2O$	0,002

1/Modificado de HOAGLAND & ARNON (25).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para maior facilidade na apresentação e discussão dos resultados, as características avaliadas foram agrupadas em três sub-itens de acordo com as similaridades apresentadas. Estes sub-itens são: características químicas do solo; quantidade total de nutrientes acumulada pela parte aérea das plantas e rendimentos de matéria seca total, parte aérea, raiz e nódulos.

As interações significativas foram estudadas para se conhecer, em cada método, a melhor cultivar e para cada cultivar o melhor método. O desdobramento das interações foi feito em dois sentidos de modo a permitir comparar as médias visando atender aos interesses do estudo.

4.1. Características químicas do solo

De acordo com a análise de variância das características químicas do solo, verificou-se efeito significativo dos métodos de recomendação de calagem para todas as características analisadas, das cultivares para pH, potássio, manganês e zinco e, da interação método x cultivares para pH, cálcio, potássio, manganês e zinco (Quadro 3).

QUADRO 3 - Resumo da análise de variância de algumas características químicas do solo: pH, alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, manganês e zinco no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios das características químicas do solo							
		pH	Al	Ca	Mg	P	K	Mn	Zn
Cultivar (C)	5	0,0418 *	0,0019 ns	0,0110 ns	0,0086 ns	1,0030 ns	133,5518 **	0,0598 ns	0,2056 **
Método (M)	2	4,3418 **	0,0129 **	13,6681 **	4,6083 **	2,8812 *	10651,7275 **	1,6101 **	3,4551 **
C x M	10	0,0369 **	0,0030 ns	0,0190 *	0,0093 ns	0,7970 ns	48,6351 **	0,1776 **	0,4289 **
Erro	54	0,0134	0,0021	0,0091	0,0050	0,4493	17,8008	0,0527	0,0548
CV (%)		1,81	29,61	4,67	6,31	16,42	12,40	9,72	21,44

**Significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

*Significativo ao nível de 5% pelo teste de F.

4.1.1. pH do solo

O aumento da quantidade de calcário aplicada elevou o pH do solo, sendo que o pH mais alto ocorreu no método SMP, que indicou a maior dose de calcário, (Quadro 4). Este resultado era esperado, uma vez que o calcário eleva o pH do solo, com aumentos proporcionais à quantidade de corretivo aplicado, MALAVOLTA (33). BAUMGARTNER et alii (3) e MASCARENHAS et alii (39), também observaram aumentos no pH com a aplicação de calcário.

O efeito dos métodos foi semelhante para todas as cultivares, observando-se um aumento no valor do pH com o aumento na dose de calcário.

Com exceção observada no método do alumínio,verificou-se que nos métodos de saturação de bases e SMP houve variação nos valores de pH para as diferentes cultivares testadas, com destaque para Tropical no método de saturação de bases e IAC-8 e Teresina no método SMP, onde se verificaram o maiores valores de pH. Este fato provavelmente esta relacionado com diferenças na capacidade das cultivares em modificar os valores do pH do solo, conforme foi verificado por FOY et alii (22, 23) com trigo e cevada e por ADAMS & PEARSON (1) com algodão.

4.1.2. Alumínio trocável e saturação de alumínio.

O aumento da quantidade de calcário aplicada reduziu o teor de alumínio no solo (Quadro 5) e, consequentemente a saturação de alumínio. A aplicação de calcário reduz ou elimina a presença de alumínio trocável do solo pela sua preciptação como hi

QUADRO 4 - Resultados médios de valores de pH do solo no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	5,97 c	5,95 c	5,97 c	5,95 c	5,93 c	6,03 c	5,97 c
Sat. base	6,28 b	6,57 b	6,35 b	6,32 b	6,55 b	6,45 b	6,42 b
SMP	6,75 a	6,80 a	6,65 a	6,95 a	6,82 a	6,93 a	6,82 a
Al	5,97 A	5,95 A	5,97 A	5,95 A	5,93 A	6,03 A	
Sat. base	6,28 C	6,57 A	6,35 ABC	6,32 BC	6,55 AB	6,45 ABC	
SMP	6,75 AB	6,80 AB	6,65 B	6,95 A	6,82 AB	6,93 A	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

QUADRO 5 - Resultados médios de alumínio trocável no solo, em me/100 cm^3, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Cultivares	Alumínio trocável	Método	Alumínio trocável
Savana	0,15		
Tropical	0,17	Al	0,18 a
Doko	0,15		
IAC-8	0,16	Sat. base	0,15 ab
Timbira	0,17		
Teresina	0,13	SMP	0,13 b

1/As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

dróxidos. Esses resultados foram observados por MALAVOLTA (33) e RAIJ & QUAGGIO (55) que verificaram ser esta a forma para minimizar os prejuízos decorrentes de sua presença em níveis toxícos. Outros pesquisadores (18, 38, 63, 70) também observaram redução do alumínio trocável com a aplicação de calcário.

Embora a quantidade mais elevada de alumínio no solo tenha se verificado no método do alumínio, o teor observado situou-se em nível considerado baixo pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (11) e por CORDEIRO et alii (12),

sendo oportuno ressaltar que o teor deste elemento no solo original era baixo (Quadro 1).

As cultivares não influenciaram significativamente o teor de alumínio no solo, não se verificando diferenças entre estas na capacidade de alterar a concentração deste elemento.

4.1.3. Cálcio trocável

O aumento da quantidade de calcário elevou o teor de cálcio no solo, o que era esperado, uma vez que a fonte de corretivo empregada foi o calcário dolomítico que continha 40% de CaO. Desta forma, e de modo similar para todas as cultivares, o maior teor de cálcio se verificou no método SMP que indicou a maior dose de calcário, (Quadro 6). Resultados semelhantes foram obtidos por outros pesquisadores (40, 51, 63) que verificaram aumentos no teor de cálcio por efeito da aplicação de calcário.

As cultivares estudadas não influenciaram no teor de cálcio no solo.

4.1.4. Magnésio trocável

De forma semelhante ao cálcio, o aumento na quantidade de calcário elevou o teor de magnésio no solo, tendo-se verificado maior teor de magnésio quando utilizou-se o método SMP, que indicou a maior dose de calcário, (Quadro 7). Este fato era esperado uma vez que a fonte de corretivo empregada foi o calcário dolomítico que continha 15% de MgO. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por outros pesquisadores (38, 51, 53).

QUADRO 6 - Resultados médios de cálcio trocável no solo, em me/100 cm^3, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras-MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	1,16 c	1,29 c	1,30 c	1,25 c	1,27 c	1,24 c	1,25 c
Sat. base	2,27 b	2,14 b	2,10 b	2,11 b	2,04 b	2,10 b	2,13 b
SMP	2,87 a	2,70 a	2,73 a	2,77 a	2,76 a	2,70 a	2,76 a
Médias	2,10	2,05	2,05	2,04	2,03	2,01	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

QUADRO 7 - Resultados médios de magnésio trocável no solo, em me/100 cm^3, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras-MG[1/].

Cultivares	Teor de magnésio	Método	Teor de magnésio
Savana	1,14		
Tropical	1,13	Al	0,65 c
Doko	1,15		
IAC-8	1,08	Sat.base	1,18 b
Timbira	1,11		
Teresina	1,11	SMP	1,52 a

1/As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Não se verificou diferenças significativas no teor de magnésio no solo por efeito das cultivares.

4.1.5. Fósforo disponível

O aumento da quantidade de calcário aplicada reduziu a solubilidade do fósforo no solo. O menor teor de fósforo observado ocorreu no método SMP que indicou a maior dose de calcário (Quadro 8). A elevação do pH a valores próximo a neutralidade pode levar a uma diminuição da disponibilidade de fósforo para as plantas pela sua preciptação como fosfatos de cálcio de baixa solubilidade, BUCKMAN & BRADY (6) e MALAVOLTA (33). A medida que o pH se aproxima de 6,0, inicia-se a preciptação do fósforo, como fosfatos de cálcio insolúveis, com pH 6,5 a formação de fosfatos de cálcio insolúvel é um fator que contribui para tornar o fósforo indisponível, BUCKMAN & BRADY (6).

O efeito da elevação do valor do pH sobre o teor de fósforo disponível no solo pode ser observado pelo coeficiente de correlação (r = -0,46*) determinado entre o teor de fósforo e o pH do solo (Quadro 9), confirmando desta forma os efeitos negativos dos altos valores de pH sobre a disponibilidade de fósforo para as plantas.

De forma semelhante aos teores de alumínio, cálcio e mágnésio, o teor de fósforo no solo não variou significativamente por efeito das cultivares.

QUADRO 8 - Resultados médios de fósforo disponível no solo, em ppm, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Cultivares	Fósforo disponível	Métodos	Fósforo disponível
Savana	3,7		
Tropical	4,5	Al	4,3 a
Doko	3,9		
IAC - 8	4,0	Sat.base	4,2 a
Timbira	4,1		
Teresina	4,0	SMP	3,6 b

1/As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.1.6. Potássio disponível

O aumento na quantidade de calcário elevou o teor de potássio disponível no solo, verificando-se que o maior teor desse elemento ocorreu no método SMP que indicou a maior dose de calcário (Quadro 10). Este resultado provavelmente é reflexo de uma menor acumulação de potássio na parte aérea das plantas (Quadro 17). A elevação na quantidade de calcário aplicada provavelmente provocou a alteração na relação entre o potássio e o cálcio mais magnésio, levando a redução na absorção de potássio, re

QUADRO 9 - Correlações entre as características de análise do solo, análise química da parte aérea e rendimentos de matéria seca total, da parte aérea, da raiz e nódulos no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG.

	Matéria seca			pH	Al	P	P	Ca	Ca	Mg	Mg	Ca+Mg	K	K	Mn	Mn	Zn	Zn
	raiz	parte aérea	nódulo			solo	planta	solo	planta	solo	planta	solo	solo	planta	solo	planta	solo	planta
MS total	0,99**	0,94**	0,93**	-0,93**	0,58**	0,49*	0,96**	-0,90**	0,92**	-0,90**	0,73**	-0,90**	-0,95**	0,98**	-0,70**	0,91**	-0,75**	0,93**
MS raiz		0,90**	0,92**	-0,89**	0,50*	0,36ns	0,93**	-0,82**	0,95**	-0,83**	0,81**	-0,83**	-0,94**	0,88**	-0,61**	0,88*	-0,65**	0,87**
MS p.aer.			0,92**	-0,93**	0,59**	0,51*	0,95**	-0,91**	0,91**	-0,91**	0,69**	-0,91**	-0,93**	0,99**	-0,71**	0,90**	-0,75**	0,93**
MS nódulo				-0,95**	0,51*	0,51*	0,93**	-0,91**	0,88**	-0,93**	0,74**	-0,93**	-0,88**	0,92**	-0,57*	0,95**	-0,70**	0,96**
pH					-0,61**	-0,46*	-0,87**	0,95**	-0,86**	0,95**	-0,64**	0,95**	0,87**	-0,93**	0,59*	-0,96**	0,68**	-0,97**
Alumínio						0,20ns	0,52*	-0,65**	0,43*	-0,63**	0,26ns	-0,64**	-0,52*	0,60**	-0,43*	0,56**	-0,32ns	0,57**
P solo							0,56**	-0,46*	0,34ns	-0,44*	0,16ns	-0,46*	-0,50*	0,54*	-0,65**	0,48*	-0,36ns	0,46*
P planta								-0,87**	0,91**	-0,87**	0,72**	-0,87**	-0,94**	0,94**	-0,71**	0,90**	-0,69**	0,89**
Ca solo									-0,76**	0,99**	-0,51*	0,99**	0,81**	-0,91**	0,59**	-0,97**	0,71**	-0,97**
Ca planta										-0,77**	0,85**	-0,77**	-0,95**	0,89**	-0,61**	0,82**	-0,63**	0,83**
Mg solo											-0,54**	0,99**	0,80**	-0,91**	-0,55**	-0,97**	0,72**	-0,97**
Mg planta												-0,52*	-0,77**	0,69**	-0,42*	0,61**	-0,41*	0,62**
Ca+Mg solo													0,81**	-0,91**	0,58**	-0,97**	0,72**	-0,97**
K solo														-0,91**	0,73**	-0,84**	0,62**	-0,83**
K planta															-0,71**	0,90**	-0,72**	0,93**
Mn solo																-0,61**	0,59**	-0,57**
Mn planta																	-0,74**	0,97**
Zn solo																		-0,71**

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

QUADRO 10 - Resultados médios de potássio disponível em ppm, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	20,28 b	21,06 b	18,33 b	20,28 b	20,67 b	23,98 b	20,77 b
Sat. base	20,67 b	26,52 b	19,89 b	19,11 b	26,13 b	25,74 b	23,01 b
SMP	59,28 a	58,69 a	46,73 a	62,42 a	56,92 a	65,91 a	58,33 a
Al	20,28 A	21,06 A	18,33 A	20,28 A	20,67 A	23,98 A	
Sat. base	20,67 A	26,52 A	19,89 A	19,11 A	26,13 A	25,74 A	
SMP	59,28 AB	58,69 AB	46,73 C	62,42 AB	56,92 B	65,91 A	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

fletindo desta forma em um aumento no teor do mesmo no solo, o que concorda com ROSOLEM (58). Este efeito pode ser verificado pelo coeficiente de correlação (r = -0,91**), determinado entre o teor de cálcio mais magnésio e a quantidade total de potássio acumulada pela parte aérea das plantas (Quadro 9), comprovando-se assim o efeito negativo do aumento do teor de cálcio e magnésio no solo sobre a absorção de potássio.

Observou-se que apenas no método SMP as cultivares apresentaram diferenças significativas no teor de potássio no solo, com destaque para a cultivar Teresina.

4.1.7. Mangananês solúvel

O aumento da quantidade de calcário elevou o teor de manganês no solo, ocorrendo o maior teor deste elemento no método SMP, que indicou a maior quantidade de calcário, (Quadro 11). Este resultado, provavelmente deve-se a uma redução na quantidade de manganês acumulada na parte aérea, conforme se observa no Quadro 18, provocado pelo aumento da quantidade de calcário, fazendo com que o teor no solo se elevasse, quando avaliado utilizando-se o extrator de Melich.

A elevação do pH diminui a disponibilidade de manganês para as plantas. De acordo com MALAVOLTA (32), o aumento de uma unidade do pH diminui em 100 vezes a concentração de manganês na solução do solo. Em valores de pH abaixo de 5,5, há predominância de manganês solúvel na forma Mn^{+2}, que se oxidam para a forma Mn^{+3} e Mn^{+4} com o aumento do pH, e tornam-se menos solúveis, MALAVOLTA (32) e MELLO et alii (43). De acordo com LOPES (30) a maior dispo

QUADRO 11 - Resultados médios de teores solúveis de manganês no solo, em ppm, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	2,47 a	2,13 b	2,15 b	2,13 b	2,13 b	2,38 b	2,23 b
Sat. base	2,33 a	2,10 b	2,55 a	2,15 b	1,95 b	2,13 b	2,20 b
SMP	2,40 a	2,85 a	2,65 a	2,90 a	2,65 a	2,53 a	2,66 a
Médias	2,40 A	2,36 A	2,45 A	2,39 A	2,24 A	2,34 A	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

nibilidade de manganês para as plantas ocorre na faixa de pH entre 5,0 a 6,5. Conforme se observa no Quadro 4, no método de saturação de bases o pH (6,42), situou-se próximo ao limite superior do intervalo de maior disponibilidade, enquanto no método SMP o pH (6, 82), situou-se em nível superior ao intervalo de maior disponibilidade, implicando em uma menor absorção de manganês e resultando portanto, numa maior concentração do mesmo no solo. Isto pode ser verificado pelos coeficientes de correlação determinados para pH (r = +0,59*) e quantidade total de manganês acumulada pela parte aérea das plantas (r = -0,61**), quando correlacionaram-se estas características com o teor de manganês no solo (Quadro 9), comprovando-se assim o efeito negativo da elevação do pH do solo sobre a disponibilidade de manganês para as plantas.

O efeito dos métodos não foi o mesmo para todas as cultivares. Com exceção da cultivar Savana, o maior teor de manganês verificou-se no método SMP, que indicou a maior dose de calcário. As cultivares não influenciaram significativamente o teor de manganês no solo, com base na média dos métodos, embora entre as cultivares, a Savana é provavelmente a menos eficiente para absorver o elemento.

4.1.8. Zinco solúvel

O aumento da quantidade de calcário, elevou o teor de zinco no solo (Quadro 12). De modo geral, o maior teor de zinco ocorreu no método SMP que indicou a maior quantidade de calcário. Isto provavelmente deve-se a redução na absorção de zinco, conforme se observa no Quadro 19, provocado pelo aumento da quantidade

de calcário, fazendo com que o teor no solo se elevasse, quando avaliado utilizando-se o extrator de Melich.

Com a elevação do pH, há uma redução na disponibilidade de zinco para as plantas. A elevação de um unidade do pH diminui em 100 vezes a concentração de zinco na solução do solo, MALAVOLTA (32). Esta redução na concentração, provavelmente deve-se a uma transformação do zinco de uma forma iônica solúvel para uma forma insolúvel como zincato de cálcio, MALAVOLTA (33) e MELLO et alii (43). De acordo com LOPES (31) a maior disponibilidade de zinco ocorre na faixa de pH entre 5,0 e 6,5. Conforme se verifica no Quadro 4, enquanto no método de saturação de fases o pH situou se próximo ao limite superior do intervalo de maior disponibilidade, de acordo com LOPES (31), no método SMP o pH superou o intervalo de maior disponibilidade, implicando em uma menor absorção de zinco, resultando portanto em um maior teor do mesmo no solo . Isto pode ser verificado pelos coeficientes de correlação determinados para pH (r = 0,69**) e quantidade total de zinco acumulada pela parte aérea das plantas (r = -0,71**) quando correlacionaram se estas características com o teor de zinco no solo (Quadro 9) comprovando-se assim os efeitos negativos da elevação do pH sobre a disponibilidade de zinco.

O efeito dos métodos não foi o mesmo para todas as cultivares, observando-se que de um modo geral, o maior teor de zinco ocorreu no método SMP, que indicou a maior quantidade de calcário.

QUADRO 12 - Resultados médios de teores solúveis de zinco no solo, em ppm, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de cacário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras-MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	1,36 a	0,43 b	0,71 b	0,49 b	0,64 b	0,81 ab	0,74 c
Sat. base	0,91 b	1,44 a	0,90 b	1,23 a	1,01 ab	0,77 b	1,04 b
SMP	1,49 a	1,49 a	2,08 a	1,40 a	1,30 a	1,21 a	1,49 a
Al	1,36 A	0,43 B	0,71 B	0,49 B	0,64 B	0,81 B	
Sat. base	0,91 B	1,44 A	0,90 B	1,23 AB	1,01 AB	0,77 B	
SMP	1,49 B	1,49 B	2,08 A	1,40 B	1,30 B	1,21 B	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O comportamento das cultivares variou nos métodos de recomendação de calcário. Verifica-se que no método do alumínio o maior teor de zinco ocorreu na cultivar Savana, enquanto que as demais cultivares não apresentaram diferenças no teor deste elemento.

4.2. Quantidade de nutrientes acumulada pela parte aérea de plantas de soja

De acordo com as análises de variância das quantidades de nutrientes acumuladas pela parte aérea, verificou-se efeito significativo dos métodos para todas as características analisadas, das cultivares para cálcio, magnésio, potássio e manganês e para a interação cultivar x método para cálcio, potássio, manganês e zinco (Quadro 13).

4.2.1. Cálcio

O aumento da quantidade de calcário aplicada diminuiu a quantidade de cálcio acumulada (Quadro 14). De modo geral a maior quantidade de cálcio acumulada ocorreu nos métodos do alumínio e saturação de bases. Esses resultados concordam com as observações de BORGES (4), pois segundo esse, a elevação do pH pode alterar a absorção de nutrientes, entre esses o cálcio, embora COUTINHO et alii (14), não tenham chegado à mesma conclusão, utilizando pequena quantidade de calcário aplicada (2 t/ha). MARTINI & MUTTERS (37) também observaram redução na quantidade de cálcio acumulada com o aumento da dose de calcário, atribuindo este efeito a danos observados no sistema radicular, reduzindo a produção de matéria seca, como resultado da calagem excessiva.

QUADRO 13 - Resumo da análise de variância para quantidade de nutrientes acumulada pela parte aérea de plantas de soja: teores de cálcio, magnésio, fósforo, potássio, manganês e zinco, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios de quantidades de nutriente acumulada pela parte aérea					
		Ca	Mg	P	K	Mn	Zn
Cultivar (C)	2	596,4916 **	184,0276 **	0,9400 ns	1028,0986 **	1991,2275 **	637,9801 ns
Método (M)	5	12349,0293 **	717,1759 **	169,8846 **	63099,4023 **	237290,4219 **	202571,0156 **
C x M	10	169,2393 **	23,4137 ns	1,2756 ns	399,5495 *	989,8469 **	835,2189 **
Erro	54	61,0881	12,3458	0,6552	159,1631	309,2121	279,1784
CV (%)		10,62	11,13	12,25	10,14	11,00	11,57

**Significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

*Significativo ao nível de 5% pelo teste de F.

QUADRO 14 - Resultados médios da quantidade de cálcio acumulada pela parte áerea de plantas de soja, em mg/vaso, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcá - rio, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	87,55 b	82,42 a	94,82 a	88,32 a	96,69 a	80,85 a	88,44 a
Sat. base	100,94 a	71,75 a	95,93 a	90,67 a	77,51 b	72,51 b	84,88 a
SMP	46,48 c	45,54 b	55,63 b	49,18 b	50,18 c	37,95 c	47,49 b
Al	87,55 A	82,42 A	94,82 A	88,32 A	96,69 A	80,85 A	
Sat. base	100,94 A	71,75 C	95,93 A	90,67 AB	77,51 BC	72,51 C	
SMP	46,48 A	45,54 A	55,63 A	49,18 A	50,18 A	37,95 A	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O efeito da elevação da dose de calcário sobre a quantidade de cálcio acumulada pode ser observada pelos coeficientes de correlação determinado para pH (r = -0,86**) em relação à quantidade total de cálcio acumulada pela parte aérea das plantas, comprovando-se assim o efeito negativo de altos valores de pH sobre a absorção de cálcio, (Quadro 9).

O efeito dos métodos não foi o mesmo para todas as cultivares. O método do alumínio destacou-se como o melhor método para todas as cultivares, à exceção de Savana, não só por propiciar a maior acumulação de cálcio, como também por indicar a menor dose de calcário, implicando em menores dispêndios com este insumo.

A quantidade total de cálcio acumulada variou entre as cultivares no método de saturação de bases, o mesmo não ocorrendo nos métodos do alumínio e SMP.

4.2.2. Magnésio

O aumento da quantidade de calcário aplicada reduziu a quantidade de magnésio acumulada, sendo que a maior quantidade de magnésio acumulada ocorreu nos métodos do alumínio e saturação de bases (Quadro 15). Estes resultados concordam com aqueles obtidos por BORGES (4) e MARTINI & MUTTERS (36), que observaram redução na quantidade de magnésio acumulada com o aumento na quantidade de calcário aplicada, embora MENGEL & KAMPRATH (45) não tenham chegado a esta mesma conclusão, provavelmente devido ao alto poder tampão dos solos e as doses de calcário utilizadas, que não provocaram desequilíbrios nas relações entre os nutrientes no solo.

QUADRO 15 - Resultados médios da quantidade de magnésio acumulada pela parte aérea de plantas de soja, em mg/vaso, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Cultivares	Magnésio acumulado	Métodos	Magnésio acumulado
Savana	36,51 a		
Tropical	29,50 cd	Al	34,07 a
Doko	31,82 bc		
IAC-8	35,92 ab	Sat.base	35,35 a
Timbira	28,52 cd		
Teresina	27,09 d	SMP	23,51 b

1/As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A redução na absorção de magnésio, provavelmente deve-se a alterações nas relações entre os nutrientes no solo pelo excesso de calcário, que se refletiu negativamente na disponibilidade dos nutrientes. Aqueles nutrientes cuja maior disponibilidade ocorre em pH ácido, tem sua disponibilidade reduzida com a elevação do pH, reduzindo sua absorção com reflexo negativos no crescimento das plantas, que por sua vez, refletem na absorção daqueles nutrientes que têm sua disponibilidade aumentada como o aumento do pH, MALAVOLTA (32).

O efeito da elevação da quantidade de calcário sobre a redução na quantidade de magnésio acumulada pode ser observado pelo coeficiente de correlação determinado para pH (r = -0,64**) em relação à quantidade total de magnésio acumulada pela parte aérea das plantas, comprovando-se assim o efeito negativo de altos valores de pH sobre a absorção de magnésio, (Quadro 9).

As cultivares apresentaram variação na quantidade de magnésio acumulada, sendo que Savana e IAC-8, foram as que apresentaram maior quantidade acumulada desse elemento.

4.2.3. Fósforo

O aumento da quantidade de calcário diminuiu a quantidade de fósforo acumulada pela parte aérea (Quadro 16). A maior quantidade de fósforo acumulada ocorreu no método do alumínio. Este fato era esperado uma vez que a elevação do pH a valores próximos da neutralidade provocado pela calagem (Quadro 4) reduz a disponibilidade de fósforo no solo pela sua precipitação como fosfatos de cálcio de baixa solubilidade, BUCKMAN & BRADY (6) e MALAVOLTA (33). Resultados similares a estes foram obtidos por BORGES (4) e MARTINI & MUTTERS (37), que também constataram redução na quantidade de fósforo acumulada por efeito da aplicação de doses elevadas de calcário, embora MENGEL & KAMPRATH (45) não tenham chegado a esta mesma conclusão, o que provavelmente deve se ao alto poder tampão dos solos e as doses de calcário utilizadas, que não afetaram as relações entre os nutrientes. O calcário quando aplicado em quantidades adequadas, torna o fósforo mais disponível para as plantas, devido principalmente à neutralização do alumínio trocável, BUCKMAN & BRADY (6).

QUADRO 16 - Resultados médios da quantidade de fósforo acumulada pela parte aérea de plantas de soja, em mg/vaso, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Cultivares	Fósforo acumulado	Método	Fósforo acumulado
Savana	6,57		
Tropical	6,40	Al	8,59 a
Doko	6,29		
IAC-8	6,84	Sat. base	7,65 b
Timbira	7,04		
Teresina	6,52	SMP	3,59 c

1/As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A redução na quantidade de fósforo acumulada por efeito do aumento da quantidade de calcário pode ser observado pelos coeficientes de correlação para pH (r = -0,87**) e teor de cálcio no solo (r = -0,87**) determinados em relação à quantidade total de fósforo acumulada pela parte aérea das plantas comprovando-se assim o efeito negativo do aumento da quantidade de calcário sobre a absorção de fósforo, (Quadro 9).

O comportamento das cultivares foi semelhante, não se constatando diferenças na quantidade de fósforo acumulada.

4.2.4. Potássio

Com o aumento da quantidade de calcário, houve diminuição na quantidade de potássio acumulada pela parte aérea (Quadro 17). Resultados similares a estes foram observados por BORGES (4), embora MENGEL & KAMPRATH (45) não tenham chegado a esta mesma conclusão, o que de forma semelhante às quantidades acumuladas de magnésio e fósforo, provavelmente deve-se ao alto poder tampão dos solos e as doses de calcário utilizadas, que não provocaram desequilíbrios nas relações entre os nutrientes. De modo geral, a maior acumulação de potássio se verificou no método do alumínio que indicou a menor dose de calcário. O aumento na concentração de cálcio e magnésio, proporcionado pela calagem, afeta a absorção de potássio pela alteração na relação entre o potássio e o cálcio mais magnésio, que é muito importante para as culturas, MALAVOLTA (32), devido ao efeito negativo na absorção de potássio quando se tem excesso de cálcio e magnésio, ROSOLEM (58).

A redução na quantidade de potássio, acumulada por efeito da elevação da quantidade de calcário pode ser observada pelos coeficientes de correlação para os teores de cálcio no solo ($r = -0,91^{**}$), teor de magnésio ($r = -0,91^{**}$) e cálcio mais magnésio ($r = -0,91^{**}$), determinados em relação a quantidade total de potássio acumulada pela parte aérea das plantas (Quadro 9).

Para todas as cultivares, o método do alumínio mostrou se como mais adequado, não só por indicar menor quantidade de cal

QUADRO 17 - Resultados médios da quantidade de potássio acumulada pela parte aérea de plantas de soja, em mg/vaso, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	157,98 a	190,95 a	170,40 a	156,73 a	185,87 a	157,95 a	169,98 a
Sat. base	147,26 a	137,02 b	131,73 b	132,42 a	142,37 b	116,39 b	134,53 b
SMP	73,70 b	62,86 c	77,39 c	73,18 b	76,25 c	50,13 c	68,92 c
Al	157,98 B	190,95 A	170,40 AB	156,73 B	185,87 A	157,95 B	
Sat. base	147,26 A	137,02 AB	131,73 AB	132,42 AB	142,37 AB	116,39 B	
SMP	73,70 AB	62,86 AB	77,39 A	73,18 AB	76,25 AB	50,13 B	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

cário, como também propiciar maior acumulação de potássio, embora para as cultivares Savana e IAC-8, o método de saturação de bases também tenha propiciado acumulação de potássio em nível semelhante àquele verificado no método do alumínio.

Houve variação entre as cultivares na quantidade de potássio acumulada dentro dos métodos estudados. No método do alumínio as cultivares Tropical e Timbira acumularam a maior quantidade de potássio seguidas por Doko e por último por Savana, IAC 8 e Teresina.

4.2.5. Manganês

O aumento na quantidade de calcário diminuiu a quantidade de manganês acumulada. De modo geral a maior quantidade de manganês acumulada se verificou no método do alumínio (Quadro 18). Resultados semelhantes a esses foram obtidos por COUTINHO et alli (14) e MARTINI et alii (35), que também observaram diminuição na acumulação de manganês, por efeito do aumento da quantidade de calcário.

De acordo com LOPES (30), a maior disponibilidade de manganês ocorre no intervalo de pH entre 5,0 a 6,5, o que explica a redução na sua absorção, pois conforme se verifica no Quadro 4, os valores de pH no método de saturação de bases (6,42) situou-se próximo do limite superior do intervalo de maior disponibilidade, enquanto no método SMP (6,82), o pH foi superior ao intervalo de maior disponibilidade. Por outro lado, MALAVOLTA (32) afirma ainda que altas concentrações de cálcio, magnésio,

QUADRO 18 - Resultados médios da quantidade de manganês acumulada pela parte aérea de plantas de soja, em µg/vaso, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Médias
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	245,68 a	231,89 a	258,06 a	300,69 a	261,20 a	271,98 a	261,58 a
Sat. base	168,96 b	140,72 b	152,21 b	188,20 b	132,04 b	150,20 b	155,39 b
SMP	53,76 c	63,78 c	67,39 c	61,69 c	66,60 c	64,01 c	62,87 c
Al	245,68 BC	231,89 C	258,06 BC	300,69 A	261,20 BC	271,98 AB	
Sat. base	168,96 AB	140,72 BC	152,21 ABC	188,20 A	132,04 C	150,20 BC	
SMP	53,76 A	63,78 A	67,39 A	61,69 A	66,60 A	64,01 A	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

potássio e zinco no meio diminui a absorção de manganês, o que pode ser observado pelos coeficientes de correlação obtidos para pH do solo (r = -0,96**), teores no solo de cálcio (r = -0,97**), magnésio (r = -0,97**), potássio (r = -0,84**) e zinco (r = -0,74**), determinados em relação à quantidade total de manganês acumulada na parte aérea, (Quadro 9).

O efeito dos métodos foi semelhante em todas as cultivares, verificando-se que o método do alumínio propiciou a maior acumulação de manganês, seguido pelo método da saturação de bases e por último pelo método SMP.

À exceção do método SMP, as cultivares diferiram em sua quantidade de manganês acumulada. No método do alumínio a cultivar IAC-8 acumulou a maior quantidade de manganês, seguida por Teresina e Timbira e por último por Doko, Savana e Tropical.

4.2.6. Zinco

O aumento na quantidade de calcário reduziu a quantidade de zinco acumulada, verificando-se que a maior quantidade acumulada deste elemento ocorreu no método do alumínio, que indicou a menor quantidade de calcário, (Quadro 19). Resultados similares a estes foram obtidos por IGUE & GALLO (26) trabalhando com milho e KHAN (29) com milho e arroz. Resultados discordantes foram obtidos por MARTINI & MUTTERS (36) que não observaram efeito do aumento da dose de calcário sobre a acumulação de zinco, o que provavelmente esta relacionado com os menores valores de pH obtidos no estudo.

De acordo com LOPES (30), a maior disponibilidade de zin

QUADRO 19 - Resultados médios da quantidade de zinco acumulada pela parte aérea de plantas de soja, em µg/vaso, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	236,79 a	226,48 a	245,57 a	231,34 a	255,83 a	244,65 a	240,11 a
Sat. base	172,48 b	124,12 b	131,04 b	148,27 b	119,82 b	121,46 b	136,20 b
SMP	56,12 c	53,80 c	61,98 c	59,87 c	63,29 c	46,46 c	56,92 c
Médias	155,13	134,80	146,20	146,49	146,31	137,52	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

co ocorre no intervalo de pH entre 5,0 a 6,5, o que explica a redução na absorção de zinco, pois conforme se verifica no Quadro 4, os valores de pH no método de saturação de bases se situou próximo ao limite superior do intervalo de maior disponibilidade, enquanto no método SMP, o pH foi superior ao intervalo de maior disponibilidade.

Altas concentrações de cálcio e magnésio no meio e pH elevado diminuem a absorção de zinco, MALAVOLTA (32). Isto pode ser observado pelos coeficientes de correlação obtidos para pH do solo (r = -0,97**), teores no solo de: cálcio (r = -0,97**) e magnésio (r = -0,97**), determinados em relação à quantidade total de zinco acumulada na parte aérea das plantas (Quadro 9).

De forma semelhante para todas as cultivares, a maior quantidade de zinco acumulada se verificou no método do alumínio, seguido pelo método de saturação de bases e por último pelo método do SMP. As cultivares não influenciaram na quantidade de zinco acumulada, não se verificando diferenças na capacidade de acumulação de zinco.

4.3. Rendimento de matéria seca

Os rendimentos de matéria seca da planta, analisadas na forma de matéria seca total, da parte aérea, raiz e dos nódulos foram influenciados significativamente por todos os fatores estudados, (Quadro 20).

QUADRO 20 - Resumo da análise de variância para rendimento da matéria seca total (parte aérea + raiz), da parte aérea, da raiz e de nódulos, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras-MG.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios dos rendimentos de matéria seca			
		Total	Parte aérea	Raiz	Nódulos
Cultivar (C)	5	2,9336 *	2,5278 **	0,8496 **	1,0540 **
Método (M)	2	411,8406 **	253,3662 **	20,1979 **	93,8214 **
C x M	10	3,1074 **	1,8371 **	0,3125 **	1,5298 **
Erro	54	1,1218	0,6581	0,1008	0,2896
CV (%)		10,55	11,32	11,04	23,73

**Significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

*Significativo ao nível de 5% pelo teste de F.

4.3.1. Matéria seca total, da raiz e da parte aérea

O aumento da quantidade de calcário aplicada diminuiu o rendimento de matéria seca total, da parte aérea, e da raiz. Em geral, verifica-se que o rendimento das três características foi maior no método do alumínio trocável, seguido pelo método de saturação de bases e por último pelo método SMP, onde ocorreu o menor rendimento, (Quadros 21, 22 e 23).

A diminuição no rendimento de matéria seca, provavelmente deve-se a problemas ocasionados pelo excesso de cálcio, que provoca desequilíbrios nas relações entre os nutrientes no solo refletindo negativamente na absorção dos mesmos pelas plantas, conforme salienta ROSOLEM (58). O efeito da absorção de nutrientes sobre os rendimentos de matéria seca pode ser verificado pelos coeficientes de correlação entre as quantidades totais de cálcio, magnésio, fósforo, potássio, manganês e zinco acumuladas pela parte aérea das plantas (Quadro 9), estabelecidos em relação aos rendimentos de matéria seca total, da raiz e da parte aérea, comprovando-se assim o efeito negativo da redução na absorção de nutrientes sobre os rendimentos de matéria seca.

Redução no rendimento de matéria seca total, por efeito da aplicação de calcário, foi também observado por BORGES (4) e MARTINI et alii (35), embora BORKERT (5) e MENGEL & KAMPRATH (45) não tenham chegado à mesma conclusão.

O rendimento de matéria seca total (Quadro 21) foi maior no método do alumínio para todas as cultivares, com exceção de Savana e IAC-8, que apresentaram rendimentos no método de satura

QUADRO 21 - Resultados médios de produção de matéria seca total (parte aérea + raiz), em g/vaso, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	12,48 a	14,34 a	13,56 a	12,79 a	14,95 a	12,83 a	13,49 a
Sat. base	12,57 a	9,85 b	11,40 b	11,33 a	11,30 b	10,63 b	11,18 b
SMP	5,20 b	5,25 c	6,35 c	5,88 b	5,72 c	4,28 c	5,45 c
Al	12,48 B	14,34 AB	13,56 AB	12,79 AB	14,95 A	12,83 AB	
Sat. base	12,57 A	9,85 B	11,40 AB	11,33 AB	11,30 AB	10,63 AB	
SMP	5,20 A	5,25 A	6,35 A	5,88 A	5,72 A	4,28 A	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ção de bases com valores estatisticamente idênticos ao observado no método do alumínio. Os métodos de saturação de bases e SMP mostraram-se inadequados, pois além de indicar doses mais elevadas de calcário, provocaram menores rendimentos de matéria seca das cultivares.

A cultivar Tropical mostrou grande sensibilidade ao aumento na quantidade de calcário, produzindo apenas 68% do rendimento obtido no método do alumínio, quando utilizou-se o método de saturação de bases.

Com exceção observada no método SMP, o comportamento das cultivares (determinado pela matéria seca), variou nos métodos testados, mostrando diferenças na capacidade de adaptação desses aos níveis de saturação de alumínio estabelecidos pela calagem, o que esta em concordância com resultados obtidos por outros autores (16, 21, 42, 48). No método do alumínio as cultivares mais produtivas foram Timbira e Tropical, seguidas por Doko e por último Teresina, IAC-8 e Savana que apresentaram os menores rendimentos. No método de saturação de bases a cultivar Savana apresentou a maior produção, seguidas por Doko, IAC-8 e Teresina, e por último Tropical que foi a menos produtiva.

De forma semelhante ao rendimento de matéria seca total, o método do alumínio, para rendimento de matéria seca de raiz, foi o melhor método para todas as cultivares (Quadro 22), pois além de propiciar os rendimentos mais elevados, foi o método que indicou a menor dose de calcário, (Quadro 22). O método de saturação de bases não se mostrou adequado para nenhuma das cultivares,

pois além de não propiciar aumento no rendimento de matéria seca, reduziu o rendimento das cultivares Tropical e Timbira.

À exceção observada no método do alumínio, as cultivares diferiram no rendimento de matéria seca de raiz nos métodos de recomendação de calcário, mostrando variabilidade na capacidade de adaptação aos ambientes desenvolvidos pela aplicação de calcário.

De forma semelhante ao rendimento de matéria seca total e de raiz, o maior rendimento de matéria seca da parte aérea, para todas as cultivares, foi obtido no método do alumínio (Quadro 23). O método de saturação de bases, mostrou-se inadequado, pois além de indicar maior dose de calcário, não propiciou aumentos de rendimento e em algumas cultivares reduziu o rendimento.

O rendimento das cultivares foi semelhante nos métodos de saturação de bases e SMP. No método do alumínio, as cultivares mais produtivas foram Tropical e Timbira, seguido por Doko e por último as cultivares Teresina, Savana e IAC-8.

Considerando as três características de produção de matéria seca da planta, destacou-se a cultivar com a maior produção, e entre as características o peso de matéria seca da raiz foi o menos eficiente para discriminar as cultivares. Consequentemente, o peso da matéria seca da parte aérea foi o mais efetivo para esta discriminação.

QUADRO 22 - Resultados médios de produção de matéria seca de raiz, em g/vaso, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	3,50 a	3,17 a	3,50 a	3,80 a	3,78 a	3,63 a	3,56 a
Sat. base	3,65 a	2,42 b	3,42 a	3,65 a	3,03 b	3,20 a	3,23 b
SMP	1,67 b	1,67 c	2,33 b	2,08 b	1,80 c	1,45 b	1,83 c
Al	3,50 A	3,17 A	3,50 A	3,80 A	3,78 A	3,63 A	
Sat. base	3,65 A	2,42 B	3,42 A	3,65 A	3,03 AB	3,20 A	
SMP	1,67 AB	1,67 AB	2,33 A	2,08 AB	1,80 AB	1,45 B	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

QUADRO 23 - Resultados médios de produção de matéria seca da parte aérea, em g/vaso, do ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	9,15 a	11,18 a	10,04 a	8,98 a	11,19 a	9,24 a	9,96 a
Sat. base	8,91 a	7,43 b	7,99 b	7,68 a	8,24 b	7,41 b	7,94 b
SMP	3,52 b	3,62 c	4,03 c	3,79 b	3,88 c	2,80 c	3,60 c
Al	9,15 B	11,18 A	10,04 AB	8,98 B	11,19 A	9,24 B	
Sat. base	8,91 A	7,43 A	7,99 A	7,68 A	8,24 A	7,41 A	
SMP	3,52 A	3,62 A	4,03 A	3,79 A	3,88 A	2,80 A	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.3.2. Matéria seca de nódulos

De forma semelhante aos rendimentos de matéria seca total, da parte aérea e raiz, o rendimento de matéria seca dos nódulos diminuiu com o aumento da dose de calcário. De modo geral, o maior peso de matéria seca de nódulos verificou-se no método do alumínio, seguido pelo método de saturação de bases e por último pelo método SMP (Quadro 24). Reduções no peso de matéria seca de nódulos foram também observados por outros autores (35,45,59,70,71) como resultado da aplicação de doses mais elevadas de calcário.

Provavelmente a redução observada no peso de matéria seca dos nódulos, deve-se a distúrbios provocados pelo excesso de cálcio. De acordo com MALAVOLTA (32) e ROSOLEM (58), o excesso de cálcio provoca alterações nas relações entre os nutrientes no solo que se refletem negativamente na disponibilidade dos mesmos para as plantas.

A redução na disponibilidade de fósforo (Quadro 8), pode ser uma das prováveis causas da redução observada no rendimento de matéria seca de nódulos com o aumento da quantidade de calcário. MOOY & PESEK (47), constataram a importância do fósforo na nodulação. Este efeito pode ser verificado pelo coeficiente de correlação para o teor de P no solo ($r = +0,51$), determinados em relação ao rendimento de matéria seca de nódulos (Quadro 9). É possível, portanto, que um dos efeitos negativos da calagem em excesso sobre a nodulação seja devido ao decréscimo na disponibilidade de fósforo.

O efeito do método foi semelhante para todas as cultivares, à exceção de Savana. O método do alumínio trocável proporcionou o maior peso de matéria seca de nódulos para todas as cultivares, com destaque para IAC-8 e Teresina, que proporcionaram maior peso de matéria seca de nódulos.

A nodulação variou de acordo com as cultivares nos métodos do alumínio e saturação de bases, o mesmo não ocorrendo no método SMP. A menor nodulação nos maiores níveis de calagem, provavelmente ocasionou menor disponibilidade de nitrogênio para as plantas, o que deve ter contribuído também para a redução do seu peso de matéria seca total, (Quadro 9), o que sugere a necessidade de incluir a análise de nitrogênio em estudos semelhantes.

QUADRO 24 - Resultados médios de rendimento de matéria seca de nódulos, em mg/vaso, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG[1/].

Método	Cultivares						Média
	Savana	Tropical	Doko	IAC-8	Timbira	Teresina	
Al	3,97 a	3,97 a	3,72 a	4,19 a	3,88 a	5,05 a	4,13 a
Sat. base	3,75 a	1,75 b	2,51 b	3,34 a	1,89 b	1,64 b	2,48 b
SMP	0,15 b	0,22 c	0,34 c	0,33 b	0,09 c	0,03 c	0,19 c
Al	3,97 AB	3,97 AB	3,72 B	4,19 AB	3,88 B	5,05 A	
Sat. base	3,75 A	1,75 C	2,51 BC	3,34 AB	1,89 C	1,64 C	
SMP	0,15 A	0,22 A	0,34 A	0,33 A	0,09 A	0,03 A	

1/As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

[redacted]

5. CONCLUSÕES

a) Com o aumento da quantidade de calcário, estimadas pelos diferentes métodos, observou-se em geral redução na quantidade de nutrientes acumulada pela parte aérea das plantas, bem como na quantidade de matéria seca produzida.

b) De modo geral, as cultivares apresentaran diferenças em sua capacidade de produção de matéria seca em função das quantidades de calcário recomendadas pelos métodos utilizados. No método do alumínio verificou-se os maiores rendimentos de matéria seca, com destaque para as cultivares Tropical e Timbira. Doko apresentou comportamento intermediário, enquanto Teresina, Savana e IAC-8 apresentaran os menores rendimentos.

c) O tratamento que recebeu a quantidade de calcário indicada pelo método do alumínio apresentou-se como mais indicado, não só por propiciar maior acumulação de nutrientes e os rendimentos de matéria seca superiores aos demais métodos, como também por estimar a menor quantidade de calcário.

[redacted]

6. RESUMO

Estudou-se o comportamento de seis cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], e métodos de recomendação de calcário, em um experimento em casa de vegetação, no Departamento de Biologia, da Escola Superior de Agricultura de Lavras, com início em dezembro de 1985 e término em fevereiro de 1986. O solo utilizado foi um latossolo sob vegetação de cerrado, classificado como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, coletado no município de Vilhena em Rondônia.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (6 x 3), com quatro repetições, sendo seis cultivares e três métodos de recomendação de calcário. Utilizou-se as cultivares Doko, IAC-8, Teresina, Timbira, Tropical e Savana. Os métodos testados foram: do alumínio e cálcio + magnésio, saturação de bases e SMP.

Foram estudadas características químicas do solo (pH, alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, manganês e zinco) e quantidade total de nutrientes acumulada pela parte aérea (cálcio, magnésio, fósforo, potássio, manganês e zinco), rendimento de matéria seca total (parte aérea + raiz), da raiz, da parte

aérea e rendimento de matéria seca de nódulos.

Em geral observou-se redução na quantidade de nutrientes acumulada pela parte aérea e na produção de matéria seca com a elevação da quantidade de calcário, estimada pelos diferentes métodos.

A capacidade de produção de matéria seca variou entre as cultivares, em função das quantidades de calcário recomendadas pelos diferentes métodos utilizados, verificando-se os maiores rendimentos no método do alumínio, com destaque para as cultivares Tropical e Timbira. Doko apresentou comportamento intermediário, enquanto Teresina, Savana e IAC-8 apresentaram os menores rendimentos.

O método do alumínio apresentou-se como mais adequado, pois além de propiciar maior acumulação de nutrientes e rendimentos superiores aos demais métodos, indicou a menor dose de calcário.

6. SUMMARY

EFFECTS OF AMOUNTS OF LIMESTONE, ESTIMATED BY DIFFERENTS METHODS, IN THE BEHAVIOUR OF SOYBEAN |Glycine max (L.) Merrill|.

The behaviour of cultivars of soybean Glycine max (L.) Merrill, under three recommended liming methods was studied in a glasshouse experiment in the Department of Biology of the Escola Superior de Agricultura de Lavras. The duration of the experiment was from December 1985 to February 1986. The soil used was collected from municipal of Vilhena in Rondonia and was a Latossol from cerrado vegetation, classified as a red-yellow distrophic Latossol.

A completely randomised experimental design in a 6 x 3 factorial scheme with four replicates was used. The treatments were six cultivars and three recommended liming methods. The cultivars used were: Doko, Teresina, Timbira, Tropical, IAC-8 and Savana. The methods tested were: aluminium and calcium + magnesium, saturation of base end SMP.

In general, it was observed the decrease of the amounts of nutrients accumulated by the aerial portion and the yield of

dry matter with the rise of the amount of limestone,calculated by different methods.

The capacity of production of dry matter varied among the cultivars, in function of the amounts of limestone advise by the different methods employed, verifying the greatest yields on the aluminium method, stressing the cultivars Tropical and Timbira. Doko showed an intermediate behaviour, whereas Teresina, Savana and IAC-8 showed the smallest yields.

The aluminium method proved to be the most adequate because, as well as resulting in higher accumulation of nutrients and higher productions of dry matter compared to the other methods, it also indicated the lowest dosage of limestone.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, F. & PEARSON, R.W. Differencial response of cotton and peanuts to subsoil acidity. Agronomy Journal, Madison, 62(1):9-12, Jan./Feb. 1970.

2. ARMIGER, W.H.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & CALDWELL, B.E. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agronomy Journal, Madison, 60(1):67-70, Jan./Feb. 1968.

3. BAUMGARTNER, J.G.; LOPES, E.S.; DEMATTE, J.D.; MIYASAKA, S. ; IGUE, T. & GUIMARÃES, G. Calagem e adubação mineral da soja (Glycine max (L.) Merrill) variedade Santa Maria, em solo de várzea. Bragantia, Campinas, 33(1):1-10, jan. 1974.

4. BORGES, A.L. Métodos de análise de solo para recomendação de calcário e obtenção do fator calagem em casa-de-vegetação, na cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill). Viçosa, UFV, 1982. 58p. (Tese MS).

5. BORKERT, C.M. Efeito de calcário e do cloreto de potássio sobre as concentrações de manganês e alumínio nos oxisolos - Santo Angelo e Psso Fundo e suas relações com a nodulação e rendimentos de duas cultivares de soja. Porto Alegre, UFRGS, 1973. 97p. (Tese MS).

6. BUCKMAN, H.O. & BRADY, N. Natureza e propriedade do solo. 6 ed. Rio de Janeiro, USAID, 1967. 594p.

7. CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante correlação entre pH e saturação de bases. Revista de Agricultura, Piracicaba, 30:49-60, jan./mar. 1955.

8. CATE, R. Sugestões para adubação com base na análise de solo. Raleigh, North Carolina State University, 1965. 16p.

9. COELHO, F.S. & VARLENGIA, F. Fertilidade do solo. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.

10. COLEMAN, N.T.; WEED, S.B. & McCRACKEN, R.J. Liming. Advance in Agronomy, New York, 10:475-522, 1958.

11. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais; 2ª tentativa. Belo Horizonte, PIPAEMG, 1972. 88 p.

12. CORDEIRO, D.S.; SFREDO, G.L.; BORKERT, C.M.; SARRUGE, J.R.; PALHANO, J.B. & CAMPO, R.J. Calagem, adubação e nutrição mineral. In: EMBRAPA-DNPSo. Ecologia, manejo e adubação da soja. Londrina, 1979. p.19-62. (Circular Técnica, 2).

13. COSTA, A. & BRAGA, J.M. Resposta de variedades de soja a diferentes níveis de fósforo e saturação de alumínio. Revista Ceres, Viçosa, 31(178):434-43, nov./dez. 1984.

14. COUTINHO, C.; FREIRE, J.R.L. & VIDOR, C. Comportamento de variedades de soja em relação à toxidez de Al e Mn de solo ácido do Rio Grande do Sul. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 7(2):133-41, 1971.

15. EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL & EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de produção para soja. Vilhena, 1984, 58p. (Série Sistema de Produção. Boletim 394).

16. EVANS, C.E. & KAMPRATH, E.J. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34(6):893-96, Nov./Dec. 1970.

17. FAGUNDES, A.B.; MENEZES, W.C. de & KALCKMANN, R.E. Adubação e calagem de terras de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA

DE CIÊNCIA DO SOLO, 2, Campinas, 1949. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1953, p.295-304.

18. FERREIRA, M.E.; LIMA, L.N.S. & SOUZA, E.A. Efeitos do fósforo e do calcário na produção de matéria seca de soja (Glycine max (L.) Merrill) cv "IAC-2" cultivada num solo sob vegetação de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1, Londrina, 1978. Anais... Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1979. v.1, p.219-28.

19. FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soil. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2):150-55, fev. 1976.

20. _____; ARMIGER, W.H.; FLEMING, A.L. & ZAUMEYER, W.J. Differential tolerance of drybean, snapbean, and lima bean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agronomy Journal, Madison, 59(6):561-63, Nov./Dec. 1967.

21. _____; & BROWN, J.C. Toxic factors in acid soil: I. Characterization of aluminum toxicity in cotton. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 27(4):403-7, July/Aug. 1963.

22. _____; BURNS, G.R.; BROWN, J.C. & FLEMING, A.L. Differential aluminum tolerance of two wheat varieties associated with plant induced pH changes around their roots. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 29(1):64-7, Jan./Feb. 1965.

23. FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; BURNS, G.R. & ARMIGER, W.H. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. Agronomy Journal, Madison, 31(4):513-21, July/Aug. 1967.

24. GROHMAN, F. Porsosidade. In: MONIZ, A.C., coord. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. cap.6, p.77-84.

25. HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. Berkeley, Universidade da California, 1939. 39 p. (Circular, 347).

26. IGUE, K. & GALLO, J.R. Zinc deficiency of corn in São Paulo. IBEC Research Institut, New York, 1960. 19p. (Boletim, 20).

27. JACKSON, W.A. Physiological effects of soil acidity. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.43-124.

28. KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34(1):252-54, Mar./Apr. 1970.

29. KHAN, D.H. Response of sweet corn and rice to phosphorus, zinc and calcium carbonate on acid glenview soil of California. Soil Science, Baltimore, 108(6):424-28, Dec. 1969.

30. LOPES, A.S. Uso eficiente de fertilizantes com micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais... Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.347-82.

31. _____ & COX, F.R. A survey of fertility status of surface soil under "Cerrado" vegetation in Brazil. Soil Science Society of America Journal, Madison, 41(4):742-6, July/Aug. 1977.

32. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.

33. _____ Manual de química agrícola. São Paulo, Agronômica Ceres, 1967. 606p.

34. _____ & MURAOKA, T. Métodos de vegetação - diagnose por subtração em vasos. Piracicaba, CENA-USP, 1985. 7p.

35. MARTINI, J.A.; KOCHHANN, R.A.; SIQUEIRA, O.J. & BORKERT, C.M. Response of soybeans to liming as related to soil acidity, Al and Mn toxicities, and P in some oxisols of Brazil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 38 (4):616-20, July/Aug. 1974.

36. _____ & MUTTERS, R.G. Effect of liming rates on nutrient availability, mobility, and uptake during the soybean gro

wing season: 2. calcium, magnesium, potassium, iron, cooper and zinc. Soil Science, Baltiomore, 139(4):333-43, Apr. 1985.

37. MARTINI, J.A. & MUTTERS, R.G. Effects of lime rates on nutrient availability, mobility and uptake during soybean-growing season: 1. Aluminum, manganese and phosphorus. Soil Science, Baltimore, 139(3):219-26, Mar. 1985.

38. MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; BUSILANI, E.A.; FEITOSA, C. T.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Efeito do corretivo sobre soja cultivada em solo de cerrado contendo Al e Mn. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA. 2, Brasília, 1981. Anais... Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1982. v.2, p.567-73.

39. _____; MIYASAKA, S.; IGUE, T. & FREIRE, E.S. Adubação da soja. VII. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado. Bragantia, Campinas, 27(25):279-89, ago. 1968.

40. _____; QUAGGIO, J.A. HIROCE, R.; BRAGA, N.R., MIRANDA, M.A. C. de & TEIXEIRA, J.P.F. Respostas da soja (Glycine max (L.) Merrill) à aplicação de doses de calcário em solo Latos solo Roxo Distrófico de cerrado. I. Efeito imediato. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, Brasília, 1981. Anais... Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1982. v.2, p.742-51.

41. MELICH, A.; BOWLINGS, S.S. & HATFIELD, A.L. Buffer pH acidity in relation to nature of soil acidity and expression of lime requirement. Communications Soil Science Plant Analysis, New York, 7(3):253-63, 1976.

42. MELLO, B. de. Tolerância da soja (Glycine max (L.) Merrill) à saturação de alumínio, em condições de casa-de-vegetação para solo sob cerrado. Lavras, ESAL, 1980. 56p. (Tese MS).

43. MELLO, F. de A.F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do; ARZOLLA, S., SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A. & KIEHL, J. de C. Os micronutrientes do solo. In: ____. Fertilidade do solo. São Paulo, Nobel, 1983. Cap.14, p.337-73.

44. MENDES, J.F. Características químicas e físicas de alguns solos sob vegetação cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2, Sete Lagoas, 1967. Anais... Sete Lagoas, IPEACO 1972. p.51-2.

45. MENGEL, D.B. & KAMPRATH, E.J. Effect of soil pH and liming on growth and nodulation of soybeans in Histosols. Agronomy Journal, Madison, 70(6):959-63, Nov./Dec. 1978.

46. MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. & BOHNEN, H. Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 1971. 38p. (Boletim Técnico, 2).

47. MOOY, C.J. de & PESEK, J. Nodulation responses of soybeans to added phosphorus, potassium and calcium salts. Agronomy Journal, Madison, 58(3):275-80, May/June 1966.

48. MUZILLI, O.; SANTOS, D.; PALHANO, J.B.; MANETTI FILHO, J.;LANTMANN, A.F.; GARCIA, A. & CATANEO,A. Tolerância de cultivares de soja e de trigo a acidez do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2(1):34-40, jan./ abr. 1978.

49. ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná; 1985/86. Cascavel, OCEPAR/EMBRAPA-CNPSo, 1985. 86p. (OCEPAR. Boletim Técnico, 17; EMBRAPA - CNPSo. Documentos, 12).

50. QUAGGIO, J.A. Crítérios para calagem em solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ, 1983. 76p. (Tese MS).

51. _____ ; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latosolo Roxo distrófico de cerrado. II - Efeito residual. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6(2):113-18, maio/ago. 1982.

52. RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1983. 142p.

53. RAIJ, B. van; CAMARGO, A.P. de; MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; FEITOSA, C.T.; NERY, C.; & LAUN, C.R.P. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1(1):28-31, jan./abr. 1977.

54. _____; CANTARELLA, H. & ZULLO, M.A.T. O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 38(7):57-69, abr. 1979.

55. _____ & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente do calcário e gesso na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais... Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.323-46.

56. _____ & ZULLO, M.A.T. Métodos de análise de solo. Campinas, Institulo Agronômico, 1977. 16p. (Circular, 63).

57. REZENDE, P.M. Efeito de inoculantes, molibdênio, calcário e nitrogênio sobre a nodulação, produção de grãos e outras características da soja (Glycine max (L.) Merrill), em dois solos sob cerrado. Lavras, ESAL, 1977, 76p. (Tese MS).

58. ROSOLEM, C.A. Nutrição mineral e adubação da soja. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1980. 80p. (Boletim Técnico, 6).

59. SAMARÃO, S.S.; DIDONET, A.D.; NEIVA, L.C.S.; GOI, S.R.; JACOB NETO, J.; MONTEIRO, P.M.F.O. & ROLIM, R.B. Influência da calagem e micronutrientes na nodulação da soja por Rhizobium japonicum em solos ácidos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 21(3):237-44, mar. 1986.

60. SANTOS, P.R.R.S.; NOVAIS, R.F. de; FRANÇA, G.E.; FREIRE, F.M. & SANTOS, H.L. Efeitos da calagem e de adubação fosfatada e potássica sobre a produção da soja no Triângulo e no Alto Paranaíba, Minas Gerais. Revista Ceres, Viçosa, 29 (165):459-70, set./out. 1982.

61. SAPRA, V.T.; MEBRAHTU, T. & MUGWIRA, L.M. Soybean germplasm and cultivar aluminum tolerance in nutrient solution and Bladen Clay Loam soil. Agronomy Journal, Madison, 74(4): 687-90, July/Aug. 1982.

62. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas de plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.

63. SARTAIN, J.B. & KAMPRATH, E.J. Effect of liming a highly Al - saturated soil on the top and root growth and soybean nodulation. Agronomy Journal, Madison, 67(4):507-10, July/Aug. 1975.

64. _____ & _____. Effect of soil Al saturation on nutrient concentration of soybean tops, roots and nodules. Agronomy Journal, Madison, 69(5):843-45, Sept./Oct. 1977.

65. SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amouts of extractable aluminum. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 25(4):274-7, July/Aug. 1961.

66. SOUZA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de; LOBATO, E. & KLIEMAN, H. J. Avaliação de métodos para determinar as necessidades de calcário em solos de cerrado de Goiás e do Distrito Federal. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4 (3):144-48, set./dez. 1980.

67. SPEHAR, C.R.; URBEN FILHO, G.; MIRANDA, L.N. & VILELA, L. Resposta de oito cultivares de soja à elevada saturação de alumínio e níveis de fósforo em Latossol Vermelho Escuro, no Distrito Federal. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, Brasília, 1981. Anais... Londrina, EMBRAPA - CNPSo, 1981. v.2, 541-44.

68. VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 34p. (Boletim Técnico, 7).

69. _____ & PIERANTONI, H. Análise granulométrica; novo método para determinar a fração argila. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1968. 8p. (Boletim Técnico, 3).

70. VIDOR, C. & FREIRE, J.R.J. Controle da toxidez de alumínio e manganês em (Glycine max (L.) Merrill) pela calagem e adubação fosfatada. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 8(1):73-87, 1972.

71. _____ & _____. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a fixação simbiótica de nitrogênio pela soja. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 7(2):181-90, 1971.

72. WOLKWEIS, S.J. & LUDWICK, A.E. O melhoramento do solo pela calagem. Porto Alegre, UFRGS, 1971. 30p. (Boletim Técnico, 1).

APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Resultados médios do pH e teores no solo de alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, manganês e zinco, obtidos no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG.

Métodos	Cultivares	pH	Al	Ca	Mg	P	K	Mn	Zn
		me/100 cm^3 solo				ppm			
Al	Savana	5,97	0,20	1,16	0,62	3,70	20,28	2,47	1,36
	Tropical	5,95	0,20	1,29	0,65	4,90	21,06	2,13	0,43
	Doko	5,97	0,17	1,30	0,78	4,07	18,33	2,15	0,71
	IAC-8	5,95	0,17	1,25	0,61	4,43	20,28	2,13	0,49
	Timbira	5,93	0,17	1,27	0,62	4,38	20,67	2,13	0,64
	Teresina	6,03	0,15	1,24	0,64	4,63	23,98	2,38	0,81
Sat. base	Savana	6,28	0,12	2,27	1,18	3,66	20,67	2,33	0,91
	Tropical	6,57	0,12	2,14	1,25	5,26	26,52	2,10	1,44
	Doko	6,35	0,12	2,10	1,17	3,66	19,89	2,55	0,90
	IAC-8	6,32	0,17	2,11	1,14	4,53	19,11	2,15	1,23
	Timbira	6,55	0,20	2,04	1,18	4,14	26,13	1,95	1,01
	Teresina	6,45	0,15	2,10	1,17	3,99	25,74	2,13	0,77
SMP	Savana	6,75	0,12	2,87	1,61	3,86	59,28	2,40	1,49
	Tropical	6,80	0,17	2,70	1,50	3,61	58,69	2,85	1,49
	Doko	6,65	0,15	2,73	1,51	4,00	46,73	2,65	2,08
	IAC-8	6,95	0,12	2,77	1,48	3,26	62,42	2,90	1,40
	Timbira	6,82	0,12	2,76	1,53	4,01	56,92	2,65	1,30
	Teresina	6,93	0,10	2,70	1,51	3,42	65,91	2,53	1,21

APÊNDICE 2 - Resultados médios das quantidades totais de cálcio, magnésio, fósforo, potássio, manganês e zinco acumuladas pela parte aérea de plantas de soja, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG.

Métodos	Cultivares	Ca	Mg	P	K	Mn	Zn
		mg/vaso				µg/vaso	
Al	Savana	87,55	37,02	8,24	157,98	245,68	236,79
	Tropical	82,42	33,54	8,11	190,95	231,89	226,48
	Doko	94,82	33,09	8,03	170,40	258,06	245,57
	IAC-8	88,32	35,92	8,53	156,73	300,69	231,34
	Timbira	96,69	33,89	9,20	185,87	261,20	255,83
	Teresina	80,85	30,94	9,45	157,95	271,98	244,65
Sat. base	Savana	100,94	44,27	8,28	147,26	168,96	172,48
	Tropical	71,75	31,74	7,56	157,02	140,72	124,12
	Doko	95,93	36,27	7,00	131,73	152,21	131,04
	IAC-8	90,67	40,21	7,82	132,42	188,20	148,27
	Timbira	77,51	30,25	7,81	142,37	132,04	119,82
	Teresina	72,51	29,39	7,43	116,39	150,20	121,46
SMP	Savana	46,48	28,24	3,20	73,70	53,76	56,12
	Tropical	45,54	23,52	3,55	62,86	63,78	53,80
	Doko	55,63	26,10	3,83	77,39	67,39	61,98
	IAC-8	49,18	31,63	4,18	73,18	61,69	59,87
	Timbira	50,18	21,41	4,10	76,25	66,60	63,29
	Teresina	37,95	20,94	2,67	50,13	64,01	46,46

APÊNDICE 3 - Resultados médios dos rendimentos de matéria seca total (parte aérea + raiz), da parte aérea, da raiz e rendimento de matéria seca dos nódulos, no ensaio cultivares e métodos de recomendação de calcário, ano agrícola 1985/86, ESAL, Lavras - MG.

Métodos	Cultivares	Total	Parte aérea	Raiz	Nódulos
		g/vaso			mg/vaso
Al	Savana	12,48	9,15	3,50	3,97
	Tropical	14,34	11,18	3,17	3,97
	Doko	13,56	10,04	3,50	3,72
	IAC-8	12,79	8,98	3,80	4,19
	Timbira	14,95	11,19	3,78	3,88
	Teresina	12,83	9,24	3,63	5,05
Sat. base	Savana	12,57	8,91	3,65	3,75
	Tropical	9,85	7,43	2,42	1,75
	Doko	11,40	7,99	3,42	2,51
	IAC-8	11,33	7,68	3,65	3,34
	Timbira	11,30	8,24	3,03	1,89
	Teresina	10,63	7,41	3,20	1,64
SMP	Savana	5,20	3,52	1,67	0,15
	Tropical	5,25	3,63	1,67	0,22
	Doko	6,35	4,03	2,33	0,34
	IAC-8	5,88	3,79	2,08	0,33
	Timbira	5,72	3,88	1,80	0,09
	Teresina	4,28	2,80	1,45	0,03