

EURÍPEDES MAXIMIANO ARANTES

**EFEITOS DA RELAÇÃO Ca/Mg DO CORRETIVO E NÍVEIS DE POTÁSSIO
NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, CONCENTRAÇÕES DE K, Ca, Mg E
EQUILÍBRIO CATIONICO DO MILHO (*Zea mays*, L.).**

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

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1 9 8 3

DEPARTAMENTO

1958
1958
BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

EURÍPEDES MAXIMIANO ARANTES

EFEITOS DA RELAÇÃO C/Mg DO CORRETIVO E NÍVEIS DE POTÁSSIO NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, CONCENTRAÇÕES DE N, Ca, Mg E EQUILÍBRIO CATIONICO DO MILHO (*Zea mays*, L.)

Presentação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, de Lavras de Minas Gerais, em 1958. Trabalho de Conclusão de Curso, sob a orientação do Prof. Dr. Eurípedes Maximiano Arantes.



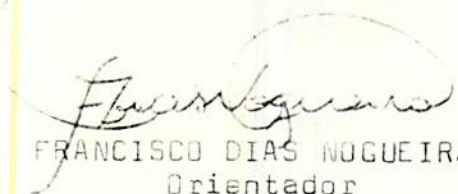
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS


LAVRAS




EFEITOS DA RELAÇÃO Ca/Mg DO CORRETIVO E NÍVEIS DE POTÁSSIO NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, CONCENTRAÇÕES DE K, Ca, Mg E EQUILÍBRIO CA-TIÔNICO DO MILHO (Zea mays, L.)

APROVADA:


Prof. FRANCISCO DIAS NOGUEIRA
Orientador


Prof. GERALDO APARECIDO DE AQUINO GUEDES


Prof. VALDEMAR FAQUIN

DEDICADO à minha mãe
e à memória de meu pai, que em
silêncio guiou o meu esforço.

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) e em especial ao Departamento de Ciência do Solo da ESAL, pela oportunidade concedida para realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao pesquisador da EMBRAPA/EPAMIG Dr. Francisco Dias Nogueira pela orientação, estímulo e amizade.

Aos professores Geraldo Aparecido de Aquino Guedes e Valdemar Faquin pelas valiosas críticas e sugestões.

Aos colegas do curso, professores e funcionários do Departamento de Ciência do Solo pela gratificante amizade.

BIOGRAFIA DO AUTOR

EURÍPEDES MAXIMIANO ARANTES, filho de Clarimundo Assis Arantes e Iraniza Maximiano Arantes, nasceu em Ituiutaba, Estado de Minas Gerais, aos 10 de outubro de 1951.

Concluiu o primeiro grau, no Colégio Estadual de Ituiutaba e o segundo grau no Colégio Técnico Agrícola de Franca, São Paulo. Em 1973, ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, graduando-se em Agronomia em 1976.

Em 1977, ingressou na Divisão Agropecuária da CIBA-GEIGY Química S/A onde trabalhou até julho de 1980.

Iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia na área de concentração "Solos e Nutrição de Plantas" na Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL em março de 1981.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Interação entre os cátions potássio e cálcio	06
2.2. Interação entre os cátions potássio e magnésio	07
2.3. Interação entre os cátions cálcio e magnésio	09
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Localização do experimento e solo utilizado	11
3.2. Fatores estudados e delineamento experimental	13
3.3. Instalação e condução do experimento	14
3.4. Análises químicas do material vegetal	15
3.5. Análise estatística	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1. Efeito dos tratamentos na produção de matéria seca, concentrações de potássio, cálcio e magnésio e, nas quantidades totais desses cátions (S) da parte aérea do milho	17
4.1.1. Produção de matéria seca	22
4.1.2. Concentrações de potássio	24
4.1.3. Concentrações de cálcio	25

	Página
4.1.4. Concentrações de magnésio	26
4.1.5. Soma de cátions (S)	27
4.2. Efeito dos tratamentos no equilíbrio catiônico na parte aérea do milho	29
4.2.1. Participação percentual do K, Ca e Mg na so ma de cátions (S) na parte aérea do milho ...	34
4.2.2. Relações (Ca + Mg)/K, Mg/K, Ca/K e Ca/Mg na parte aérea do milho	37
5. CONCLUSÕES	43
6. RESUMO	44
7. SUMMARY	46
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICE	59

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, fase cerrado, camada 0-20 cm. Lavras-MG., 1983	12
2	Resumo da análise de variância da produção de matéria seca, concentrações de K, Ca, Mg e soma de cátions (S) da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983	18
3	Efeito das relações Ca/Mg na produção de matéria seca (g/vaso), concentrações de K, Ca, Mg (meq./100 g de m.s.) e na soma desses cátions (S), da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983.....	19
4	Efeito dos níveis de potássio na produção de matéria seca (g/vaso), concentrações de K, Ca, Mg (meq./100g de m.s.) e soma desses cátions (S) da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983	20
5	Efeito dos níveis de corretivo na produção de matéria seca (g/vaso), concentrações de K, Ca, Mg (meq./100 g de m.s.) na soma desses cátions (S) da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983	21

Quadro	Página
6 Resumo da análise de variância dos equilíbrios catiônicos da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983....	30
7 Efeitos da relação Ca/Mg no equilíbrio catiônico da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983	31
8 Efeito dos níveis de potássio no equilíbrio catiônico da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983	32
9 Efeito dos níveis de corretivos no equilíbrio catiônico da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Efeito dos níveis de potássio na produção de matéria seca e participação percentual de K, Ca e Mg na soma de cátions da parte aérea nos dois níveis de corretivo aplicados	36
2 Efeito das relações $(Ca + Mg)/K$ e Ca/K na produção de matéria seca da parte aérea do milho, respectivamente, nos níveis 1 (A) e 2 (B) de corretivo aplicados	41

1. INTRODUÇÃO

O balanço nutricional que as plantas atingem em condições de campo, depende de vários fatores que influenciam a absorção de nutrientes, tais como: quantidade de nutrientes, interações iônicas, reação do solo, temperatura, regime de umidade, capacidade de adaptação das plantas e outros de natureza biológica. Contudo, alguns desses fatores, nem sempre podem ser previstos a tempo de ser tomada uma decisão quanto as quantidades de nutrientes a serem aplicadas.

Tendo em vista, as interações que envolvem os cátions potássio, cálcio e magnésio, admite-se, que a relação entre os mesmos deve ser ajustada para a cultura, uma vez que são absorvidos em determinadas proporções, que estão relacionadas aos rendimentos obtidos.

Como o suprimento de cálcio e magnésio está vinculado à aplicação de calcário, esta prática, além de determinar um meio mais favorável ao desenvolvimento radicular, reduzindo o efeito tóxico do alumínio e do manganês, afeta igualmente, as relações Ca/Mg/K no solo e as disponibilidade de micronutrientes e fósforo.

Outrossim, torna-se importante selecionar corretivos que forneçam proporções adequadas de cálcio e magnésio, levando em consideração as aplicações de potássio.

Admitindo que a produção do milho é também função da relação Ca/Mg/K, o presente trabalho tem por objetivos:

1. Avaliar os efeitos da relação Ca/Mg de diferentes níveis de corretivo, na produção de matéria seca, nas concentrações de K, Ca e Mg e no equilíbrio catiônico da parte aérea do milho.

2. Avaliar os efeitos de níveis de potássio em diferentes níveis de corretivo, na produção de matéria seca, nas concentrações de K, Ca e Mg e no equilíbrio catiônico da parte aérea do milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

As interações catiônicas e o efeito de proporções variáveis de potássio, cálcio e magnésio na nutrição e produção das culturas, tem sido objeto de várias pesquisas e revisões de literatura: GRAHAN (23), LOUE (34), MUNSON (47), ARNON (6), SOARES (56, 57), McLEAN (42) e USHERWOOD (63). Apesar da complexidade do problema, de modo geral, esses pesquisadores concordam que a quantidade absoluta de um cátion presente no solo, é tão importante para a nutrição das plantas, quanto a proporção do mesmo em relação à quantidade e natureza dos outros cátions do complexo.

Em um estudo sobre o "equilíbrio de troca de Ca/K e Ca/Mg na fração argila" com predominância de caulinita, BITTENCOURT et alii (8), concluíram que existe "adsorção preferencial" pelo cálcio, tanto em relação ao magnésio, quanto em relação ao potássio, sendo que o magnésio, mostrou-se mais eficiente que o potássio na substituição do cálcio adsorvido. Em adição, RAIJ & CAMARGO (50), avaliaram a influência de bases trocáveis na lixiviação de potássio, atribuíram às valências do cálcio e do magnésio, a maior ação de deslocamento que esses cátions exercem sobre o potássio.

Depreende-se portanto, que a interação entre os cátions se inicia na superfície de troca do solo, sendo o resultado de

uma competição iônica pelos sítios de adsorção.

Nas plantas, segundo HIATT & LEGGETT (26) e EPSTEIN (17) , as interações tipo cátion/cátion ocorrem em maior escala ao nível de membrana, ou seja, em processos que envolvem transporte através da membrana celular. Essas interações inibitórias, segundo os mesmos autores (17,26), são na maioria das vezes de natureza competitiva. Em adição, de acordo com OVERSTREET et alii (48), a competição se dá por um carregador produzido metabólicamente.

Todavia, HIATT (25) e ALBAREDA et alii (2), citam que a valência e o raio hidratado dos ions, têm uma importância seletiva no processo de absorção, favorecendo os monovalentes e retardando os polivalentes e divalentes. Assim, por ser monovalente e de menor raio hidratado, o potássio é preferencialmente absorvido.

Outras hipóteses tem sido formuladas para explicar as interações catiônicas. Para HANDLEY et alii (24), o efeito inibitório do cálcio na absorção de potássio é resultante da modificação na permeabilidade da membrana celular. Para ADDISCOTT (1), o efeito do potássio na absorção de cálcio e magnésio, pode ocorrer de 3 maneiras: a) uma baixa absorção de anions pode limitar a absorção de cátions. Como o potássio é preferencialmente absorvido, um aumento da sua quantidade na planta, implicará numa redução na absorção de cálcio e magnésio; b) elevando-se a concentração de potássio na solução externa, ocorrerá uma diminuição na diferença de potencial entre a solução do xilema e a solução externa, e dessa maneira haverá uma redução na fase passiva da absorção do cálcio e magnésio; c) o fornecimento de potássio pode alterar a composição do fluxo

de translocação do floema, influenciando as quantidades de ATP que chegam às raízes, e assim alterar a fase ativa do processo de absorção de cálcio e magnésio.

Por outro lado, sob certas condições o cálcio e/ou magnésio pode interagir positivamente com o potássio, aumentando a absorção do último pelas plantas, como foi comprovado por VIETS (65) e OVERSTREET et alii (48), os quais mostraram que o efeito estimulante do cálcio sobre a absorção de potássio, é observado quando o primeiro, está em baixas concentrações. Um aumento gradativo na concentração de cálcio diminui a intensidade desse efeito, em níveis mais altos de cálcio ocorre uma redução na absorção de potássio.

Trabalhando com raízes destacadas de soja, MALAVOLTA et alii (41), verificaram que o magnésio reduziu a absorção de cálcio. Por outro lado, uma ação de impedimento, bastante pronunciada, da absorção de magnésio pelo cálcio, foi observada por MOORE et alii (46). Estes autores, sugerem uma inibição tipo competitivo, dada a semelhança dos dois íons.

A inibição competitiva entre os cátions e suas respectivas quantidades nas plantas, de acordo com LEHMANN (32), estão relacionadas com o desbalanceamento iônico, tendo como consequência um decréscimo nas produções. Assim, as correlações negativas entre as concentrações de K e Ca, K e Mg e Ca e Mg encontradas no milho por BOSWELL & PARKS (9), DELONG et alii (14), LOUE (34), WALKER & PECK (67) e MASS (36), confirmam a inibição competitiva entre esses cátions.

Conforme demonstraram BEAR & PRINCE (7) e LUCAS & SCARSETH (35), de modo geral, o aumento do teor de um cátion na planta pode reduzir o teor de um ou mais cátions. Isto indica, que a ação inibitória entre os cátions não é bem definida, uma vez que, tanto o potássio pode deprimir a absorção de cálcio e/ou magnésio, como estes podem deprimir a absorção de potássio pelas plantas.

Embora as observações de MASS (36), SOARES (56) e WATANABE et alii (68), indiquem que o potássio inibe mais intensamente o cálcio que o magnésio, deve ser considerado, ainda, as quantidades desses cátions no meio. Assim, o baixo teor de magnésio nos solos sob vegetação de cerrado, sugere que seja inibido mais intensamente que o cálcio.

2.1. Interação entre os cátions potássio e cálcio

Frequentemente, as relações entre os cátions são calculadas para se identificar a melhor proporção entre os mesmos, embora, segundo USHERWOOD (63), nem sempre as relações calculadas para solos e culturas, se correlacionam bem com a produção.

Todavia, um efeito linear do potássio na produção do milho foi obtido por MIRANDA (45), quando a relação Ca/K no solo era igual a 34, o que é consistente com as observações de DE LONG et alii (14) de que em vez do K - trocável, a relação Ca/K permitia uma melhor avaliação dos níveis potássicos nas folhas do milho. Em adição, segundo WATANABE et alii (68), à medida que se aumenta o valor da relação K/Ca em plantas de cevada e sorgo maiores produções de matéria seca foram obtidas.

Para o algodoeiro, FUZATTO & FERRAZ (22), verificaram que a relação Ca/K explicou melhor os efeitos da adubação potássica. Quando esta relação era maior que 20, a cultura respondia à adubação potássica, mas se era inferior a 10, não havia respostas positivas. Da mesma forma, LACA BUENDIA & NEPTUNE (31), encontraram valores próximos de 10 para esta relação, e não obtiveram respostas significativas à adubação potássica.

BRADAWY & BUSSLER (11), observaram em diversas culturas que altos níveis de potássio no solo reduziram a absorção de cálcio e magnésio. Por outro lado, BOWER & PIERRE (10) e ANDERSON & MARTIN (5), observaram que a absorção de potássio por várias culturas, inclusive o milho foi severamente deprimida pelo aumento das concentrações de cálcio e/ou magnésio na solução do solo. Estas observações são consistentes com as de WADDINGTON et alii (66), embora os mesmos não tenham encontrado diferença alguma sobre a produção da gramínea (Agrostis palustris, Huds).

2.2. Interação entre os cátions potássio e magnésio

De acordo com ROBERTS & WEAVER (51), a interação K - Mg é de grande importância em solos onde o teor de magnésio é deficiente ou próximo ao nível crítico.

A relação Mg/K, calculada por USHERWOOD (63) com base nos dados de Lopes, para os solos sob vegetação de "campo limpo", "campo cerrado" e "cerrado", apresenta proporções de 0,8/1; 1,3/1 e 2/1, respectivamente. Segundo o mesmo autor, estes valores sugerem

que os solos sob vegetação nativa podem estar deficientes em magnésio, porque a mesma relação calculada com base nos níveis críticos, aceitos pelo serviço de análise do solo do Estado de Minas Gerais, apresenta uma proporção de 3,3/1.

De acordo com YORK et alii (70), BOSWELL & PARKS (9) e DIJKSHOORN et alii (15), adubações elevadas com potássio normalmente estão relacionadas com uma diminuição na absorção de magnésio pelas plantas. Por outro lado, SMITH et alii (61), FOY & BARBER (21) e EVANS (18), mencionam que adição de magnésio em níveis elevados pode provocar uma redução na absorção de potássio.

Em um estudo com sorgo, cultivado em casa de vegetação, HUGO VILLACHICA (27), observou que o potássio reduziu significativamente a absorção de magnésio, quando a relação K/Mg no solo era alta. Resultado semelhante foi observado por SOUZA et alii (59) com essa gramínea em Latossolo Roxo.

Devido a possibilidade de que a deficiência de magnésio nas plantas esteja mais correlacionada a alto quociente K/Mg do que às quantidades absolutas de magnésio no solo, há várias tentativas de uso do mencionado quociente para diagnosticar a deficiência em questão. Desta forma, Boyer citado por MALAVOLTA (39), menciona que o algodoeiro se desenvolve melhor quando a relação K/Mg no solo é menor que 1/3, enquanto que para o cafeeiro a relação deverá estar entre 1/2 e 1/4. Em adição, WELTE & WERNER (69) verificaram que a relação K/Mg na parte aérea de várias culturas, geralmente varia entre 7 e 10. Quando há deficiência de magnésio essa relação varia entre 15 e 20.

2.3. Interação entre os cátions cálcio e magnésio

Segundo MALAVOLTA (37), os calcários calcíticos contêm em média 45% de CaO, e os dolomíticos em média 20-40% CaO e 10 - 20% Mg. Devido a baixa quantidade de magnésio nos corretivos calcíticos, FASSBENDER (19) e MALAVOLTA (40), são de opinião que o uso de tais corretivos poderá resultar em relações desfavoráveis de Ca/Mg e Ca/K no solo, o que provocaria deficiência de potássio e magnésio. Embora COLLANDER (13), tenha verificado através de um estudo realizado em casa de vegetação com várias espécies, que o cálcio e o magnésio foram absorvidos em quantidades aproximadamente iguais, COELHO & VERLENGIA (12), mencionam que o excesso de cálcio em relação ao magnésio na solução do solo, prejudica a absorção do último, tal como o excesso de magnésio também prejudica a absorção de cálcio, o que é consistente com as observações de MALAVOLTA et alii (41) e MOORE et alii (46). Em adição, EVANS (18), menciona que de um modo geral, uma variação na relação Ca/Mg provoca alterações visíveis no crescimento da planta.

A importância de manter uma relação apropriada das principais bases no solo também é mencionada por MEHLICH & COLEMAN (43), os quais indicam que para os solos cauliniticos, como os que predominam no "cerrado", as percentagens de saturação ótima para o cálcio e o potássio, devem ser de 40 e 4%, respectivamente, com uma relação Ca/Mg de 4 a 6 para 1. Levando em consideração os baixos níveis de magnésio nos solos sob vegetação de cerrado LOPES (33), recomenda corretivos com uma relação CaO MgO de 5/1. Entretanto KEY et alii (29), verificaram que as produções de matéria

seca do milho geralmente não eram afetadas de modo significativo pelas relações Ca/Mg, quando estes elementos estavam presentes em quantidades suficientes no solo. Por outro lado, SANIK et alii (52), observaram que o máximo rendimento do sorgo ocorria quando a relação Ca/Mg era igual a 4. Para a mesma gramínea, SFREDO (54), observou grande influência do equilíbrio Ca/Mg do solo na produção de matéria seca, e indicou que para a produção não ser prejudicada, o equilíbrio entre estes dois cátions no material corretivo deve ser maior que 1/1, e no solo, deve ser superior a 0,5/1.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento e solo utilizado

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Agricultura de Lavras, tendo como planta indicadora, o milho híbrido Ag 162.

Utilizaram-se amostras de um solo do município de Lavras MG, retiradas a uma profundidade de 0 a 20 cm, que foram passadas por peneiras de 5 mm de malha.

O perfil descrito pertence a unidade taxonomica Latossolo Vermelho Escuro distrófico, fase cerrado, textura argilosa, segundo SOUZA (*).

As características físicas e químicas do Latossolo Vermelho Escuro, camada 0 a 20 cm, figuram no quadro 1.

A acidez potencial (H + Al) e os cátions trocáveis Al, Ca e Mg foram extraídos, segundo metodologia descrita por VETTORI (64), enquanto K, Na e P solúveis foram determinados de acordo com MEH-

* SOUZA, J.J. de. Professor titular do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

QUADRO 1. Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho Escuro distrófico, fase cerrado, camada 0-20 cm .
Lavras-MG., 1983.

Características químicas:

Al ³⁺ (meq./100 g)	0,6
Ca ²⁺ (meq./100 g)	0,4
Mg ²⁺ (meq./100 g)	0,2
K ⁺ (meq./100 g)	0,06
Na ⁺ (meq./100 g)	0,02
P (ppm)	1,0
pH em H ₂ O	5,0
H + Al (meq./100 g)	6,6
Valor T (meq./100 g)	7,2
Matéria orgânica (%)*	3,0

Características físicas

Densidade do solo (g/cm ³)	1,01
Densidade de partículas (g/cm ³)	2,70
Areia (%)	31,40
Limo (%)	2,12
Argila (%)	66,40
Classe textural**	argiloso

* Determinado pelo método de Walkley-Black, segundo ALLISON (4)

** Segundo a SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (58).

LICH (43). O valor T foi obtido pelo somatório de Ca, Mg e (H+Al), omitindo-se os valores de K e Na por estarem em baixas concentrações no solo.

3.2. Fatores estudados e delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, num esquema fatorial (2 x 4 x 4). 3, com 2 níveis de corretivo (C₁ e C₂), 4 relações Ca/Mg estabelecidas nos corretivos, 4 níveis de potássio (K₁, K₂, K₃ e K₄) e 3 repetições, totalizando 32 tratamentos aplicados em 96 parcelas.

O cálculo do corretivo, baseou-se na elevação da saturação em bases à 40 e 60%, conforme descrição feita por RAIJ (49), utilizando-se a fórmula:

$$\text{necessidade de calagem} = \frac{(V_2 - V_1) T}{100}$$

V₁ = % saturação de bases inicial

V₂ = % saturação de bases a ser atingida

T = C.T.C. a pH 7,0 obtida pelo método indireto

Quatro relações Ca/Mg (2/1, 5/1, 15/1 e 45/1), foram estabelecidas nos 2 níveis de corretivo, com base em equivalentes miligramas (Apêndice - quadro 11), usando-se CaCO₃ e MgCO₃ puros para análise (p.a.).

Os níveis de potássio, aplicados na forma de KCl foram 0, 55, 110 e 220 ppm.

3.3. Instalação e condução do experimento

Cada unidade experimental foi constituída por uma porção de 3,5 kg de solo seco colocada em vasos plásticos com capacidade de 4,0 kg, nos quais foi feita a incorporação do material corretivo com as diferentes relações Ca/Mg.

Após a incorporação do corretivo, seguiu-se um período de 30 dias para incubação, durante o qual a terra foi mantida úmida, por meio de irrigações diárias com água deionizada, em quantidade suficiente para manter o teor de umidade a 70% do volume total de poros (V.T.P.) ocupado pela água, conforme indicações de FREIRE et alii (20).

Terminado o período de incubação fez-se a aplicação dos níveis de potássio e a adubação básica, segundo as recomendações de ALLEN et alii (3), ou seja, 200 mg de P, 1,0 g de N, 160 mg de S, 12 mg de Zn, 4 mg de Cu e 1,4 mg de B por 3,0 kg de solo. Foram utilizados os seguintes fertilizantes: fosfato monoamônico, sulfato de amônio, sulfato de zinco, sulfato de cobre e bórax. A adubação nitrogenada, foi parcelada em 5 vezes, sendo, 1/5 aplicado no plantio como sulfato de amônio e fosfato monoamônico e 4/5 durante o cultivo, como nitrato de sódio. A adubação fosfatada foi complementada com 100 mg de P por terem sido identificados sintomas de deficiência 20 dias após a germinação.

No plantio, foram utilizadas 8 sementes do milho híbrido Ag 162 por vaso, e 6 dias após a germinação realizou-se o desbaste deixando-se as 5 plantas mais vigorosas.

A colheita do experimento foi realizada sete semanas após a germinação, cortando-se as plantas rente ao solo.

O material vegetal colhido foi seco em estufa com circulação de ar à 65-75°C, até peso constante, quando procedeu-se a pesagem da matéria seca da parte aérea.

O material vegetal seco, foi moído em moinho tipo Wiley, e acondicionado em frascos de vidro para análises químicas.

3.4. Análises químicas do material vegetal

Para as determinações de K, Ca e Mg o extrato foi obtido, conforme técnicas descritas por HUNTER (28). O Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, enquanto o K foi por fotometria de chama de acordo com SARRUGE & HAAG (53).

3.5. Análise estatística

As análises estatísticas foram feitas com o auxílio de computador, sendo realizado análises de variância para as seguintes características: produção de matéria seca da parte aérea, concentrações de K, Ca, Mg, somatório de cátions (S), participação percentual de K, Ca e Mg da soma S e quocientes $(Ca + Mg)/K$, Mg/K , Ca/K e Ca/Mg .

A participação percentual dos cátions K, Ca e Mg da soma S, foi obtida fazendo-se o somatório destes cátions igual a S, e procedendo-se o cálculo $100 K/S$, $100 Ca/S$ e $100 Mg/S$. Os quocien-

tes $(Ca + Mg)/K$, Mg/K e Ca/Mg , foram obtidos através de cálculos, a partir das concentrações de K, Ca e Mg (Apêndice - quadro 12) expressas em meq./100 g de matéria seca (m.s.)

O modelo de análise de variância seguiu o esquema:

Causa de variação	G.L.
Relações Ca/Mg (A)	3
Níveis de Potássio (K)	3
Interação A x K	9
Níveis de corretivo (C)	1
Interação A x C	3
Interação K x C	3
Interação A x K x C	9
Blocos	2
ERRO	62
TOTAL	95

Na comparação das médias usou-se o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foram estabelecidas equações de regressão na análise de variância entre os níveis de potássio aplicados no solo em todas as características avaliadas, e regressão múltipla tipo stepwise entre a produção de matéria seca em cada nível de corretivo aplicado e as características avaliadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito dos tratamentos na produção de matéria seca, concentrações de potássio, cálcio e magnésio e, nas quantidades totais desses cátions (S) na parte aérea do milho.

A análise de variância (Quadro 2), demonstra que os fatores relações Ca/Mg, níveis de potássio e níveis de corretivo, influenciaram significativamente na produção de matéria seca e nas concentrações de Ca e Mg na parte aérea, enquanto a soma de cations (S) foi influenciada pelas relações Ca/Mg e níveis de potássio. As concentrações de K na parte aérea foram influenciadas pelos níveis de potássio e de corretivos. Observam-se ainda os efeitos significativos das interações entre relações Ca/Mg x níveis de potássio nas concentrações de cálcio e magnésio, relação Ca/Mg x níveis de corretivo na produção de matéria seca e, níveis de potássio x níveis de corretivo na produção de matéria seca, concentrações de potássio, magnésio e na soma de cátions (S).

O efeito dos fatores estudados sobre a produção de matéria seca, concentrações de K, Ca, Mg e soma de cátions (S) estão apresentados nos quadros 3, 4 e 5.

QUADRO 2. Resumo da análise de variância de produção de matéria seca, concentrações de K, Ca, Mg e soma de cations (S) da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983.

Causa de Variação	G.L.	Quadrado médio e significância			
		Matéria Seca	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ S
Relações Ca/Mg (A)	3	44,428**	21,082NS	253,886**	5.156,503** 3.365,474**
Níveis de Potássio (K)	3	1.187,494**	11.755,610**	664,169**	3.063,605** 5.541,126**
Interação A x K	9	2,910NS	7,570NS	10,906**	117,831** 81,806NS
Níveis de corretivo (C)	1	353,395**	947,527**	42,939**	718,304** 6,631NS
Interação A x C	3	27,046**	10,730NS	4,276NS	11,460NS 9,990NS
Interação K x C	3	26,054**	150,875**	3,439NS	85,606** 394,102**
Interação A x K x C	9	3,466NS	9,272NS	2,258NS	23,932NS 53,627NS
Blocos	2	16,022*	22,664NS	14,193NS	1,612NS 70,594NS
ERRO	62	4,591	22,361	45,225	11,173 42,291
C.V. (%)		7,36	15,92	7,79	8,12 6,39

NS = Não significativo ao nível de 5% pelo teste F
 * = Significativo ao nível de 5% pelo teste F.
 ** = Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

QUADRO 3. Efeito das relações Ca/Mg do corretivo na produção de matéria seca (g/vaso), concentrações de K, Ca, Mg (meq./100 g de m.s.) e na soma desses cátions (S), da parte aérea do milho .
Lavras-MG., 1983.

Relações Ca/g	Matéria Seca				Ca ⁺⁺				Mg ⁺⁺				K [*]	S
	C ₁	C ₂	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₃	K ₄		
2/1	25,78 a	29,34 b	31,39 c	25,04 b	21,36 b	24,87, b	85,60 a	57,79 a	51,88 a	47,51 a	30,88 e	117,32 b		
5/1	27,59 a	34,08 a	35,02 b	26,44 b	23,04 b	26,99 b	61,93 b	48,04 b	42,47 b	37,01 b	26,65 a	103,88 b		
15/1	27,27 a	31,28 b	39,80 a	27,94 ab	27,83 a	27,63 b	50,69 c	31,57 c	31,64 c	26,56 c	23,39 a	95,31 c		
45/1	28,08 a	29,38 b	41,95 a	30,59 a	28,21 e	31,56 e	37,47 d	27,14 d	22,04 d	22,46 d	23,92 e	95,31 d		

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

QUADRO 4. Efeito dos níveis de potássio na produção de matéria seca (g/vaso), concentrações de K, Ca, Mg (meq./100 g de m.s.) e soma desses cátions (S) da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983.

Níveis de Potássio	Matéria Seca		K ⁺		Mg ⁺⁺		Ca ⁺⁺	S
	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂		
1	17,96 c	19,34 c	10,39 d	8,60 d	53,44 a	64,41 a	37,04 a	105,46 b
2	29,24 b	33,20 b	20,18 c	15,55 c	38,73 b	43,53 b	27,50 b	86,50 d
3	31,74 a	35,27 a	34,11 b	28,85 b	35,25 c	38,76 c	25,11 c	93,59 c
4	29,79 b	36,26 a	66,73 a	53,27 a	32,18 d	34,79 d	27,76 b	121,24 a

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

4.1.1. Produção de matéria seca

Verifica-se no quadro 3, que a produção de matéria seca não foi influenciada pelas relações Ca/Mg estabelecidas no nível 1 de corretivo, tendo sido, porém, quando as relações foram estabelecidas no nível 2 de corretivo. A maior produção de matéria seca foi obtida quando a relação Ca/Mg foi de 5/1. Em adição, ficou bem evidenciado a superioridade do nível 2 de corretivo na produção de matéria seca, conforme observa-se no quadro 5.

Estes resultados, não concordam com aqueles encontrados por KEY et alii (29), os quais verificaram que a produção de matéria seca do milho, não era influenciada pelas relações Ca/Mg, quando estes elementos estavam presentes em quantidades suficientes. Não obstante, concordam com a proposição de MEHLICH & COLEMAN (44) de que a relação Ca/Mg deve situar-se entre 4 e 6 para 1.

A influência negativa de uma relação Ca/Mg estreita (2/1) na produção de matéria seca, pode ser atribuída às maiores quantidades de magnésio adicionadas que resultaram numa maior competição com o cálcio. Esta competição, segundo OVERSTREET et alii (48), se dá por um "carregador" comum no processo de absorção. As maiores quantidades de cálcio nas relações Ca/Mg de 15/1 e 45/1, podem, pelas mesmas razões, ter prejudicado a absorção do magnésio, reduzindo a produção de matéria seca.

Estas observações, concordam com as de COELHO & VERLENGIA (12), os quais mencionam que o excesso de cálcio em relação ao magnésio, prejudica a absorção do último, tal como o excesso de

magnésio também prejudica a absorção do cálcio. Também as baixas quantidades de magnésio presente no corretivo com relações mais largas podem ter contribuído para a menor produção de matéria seca.

A ausência da influência das relações Ca/Mg sobre a produção de matéria seca no nível 1 de corretivo pode ser atribuída ao efeito limitante de fósforo, cuja disponibilidade, provavelmente, reduziu-se devido ao menor valor de pH (5,5) atingido nesse nível de corretivo, conforme mencionado por RAIJ (49). Esta explicação encontra suporte na ocorrência de sintomas de deficiência de fósforo observado na condução do experimento, demonstrando que os níveis recomendados por ALLEN (3) foram insuficientes dentro desse nível de corretivo.

Como pode ser observado no quadro 4, o aumento dos níveis de potássio, nos 2 níveis de corretivo aplicados, aumentaram a produção de matéria seca. No nível 1 de corretivo, uma maior produção de matéria seca foi atingida com a aplicação do nível 3 de potássio (110 ppm), enquanto para o nível 2 de corretivo, uma maior produção foi alcançada com a aplicação do nível 4 de potássio (220 ppm).

Estes resultados não concordam com a proposição de GRAHAM (23), de que a produção das culturas seria pouco influenciada, quando o potássio varia em proporções no complexo de troca de complexo de troca. No entanto, concordam com as observações de ECKERT & McLEAN (16), os quais verificaram diferenças significativas nas produções de setaria e cevada, quando a percentagem de potássio aumentava no complexo de troca.

Os resultados encontrados por STANFORD et alii (61), de que para os solos alcalinos havia maior necessidade de potássio, para se obter maiores produções, parece concordar com os deste experimento, porque uma maior quantidade de potássio foi requerida no nível 2 de corretivo para que fosse alcançada uma maior produção de matéria seca. Depreende-se portanto, que ao aumentar a quantidade de corretivo, maiores quantidades de potássio foram requeridas para se atingir o "balanço ideal" entre os cátions potássio, cálcio e magnésio, que proporcionou maiores produções de matéria seca. A menor produção de matéria seca ao nível 1 de corretivo observada no quadro 5, pode ser atribuída tanto ao efeito limitante do fósforo quanto as menores quantidades de cálcio e magnésio fornecidas nesse nível de corretivo.

4.1.2. Concentrações de potássio

Como pode ser observado no quadro 3, o aumento no valor da relação Ca/Mg não influenciou as concentrações de potássio na parte aérea do milho. Estes resultados não confirmam as citações de SOARES (56) e TEWARI et alii (62), que trabalhando com centeio e ervilha, respectivamente, observaram que o aumento no valor da relação Ca/Mg era acompanhado de uma redução nas concentrações de potássio.

Estes resultados, também, não estão de acordo com as observações de BOWER & PIERRE (10), ANDERSON & MARTIN (5) e BRADAWY & BUSSLER (11), de que o aumento nas concentrações de cálcio deprime a absorção de potássio. Contudo, é possível que o efeito

depressivo que deveria advir com o aumento nas quantidades de cálcio nas relações mais largas, tenha sido compensado, pela diminuição da competição entre potássio e magnésio, com o aumento no valor da relação Ca/Mg.

Verifica-se no quadro 4, que o aumento dos níveis de potássio proporcionou maiores concentrações de potássio na parte aérea nos 2 níveis de corretivo aplicados, o que pode ser anexado às citações de USHERWOOD (63) e LOUE (34). Entretanto, as concentrações de potássio na parte aérea para o nível 2 de corretivo foram inferiores àqueles encontrados para o nível 1 (quadro 5). Estes resultados concordam com aqueles encontrados por KOCK et alii (30), os quais observaram também o mesmo efeito, e atribuíram a uma maior competição do cálcio e magnésio com o potássio no processo de absorção, ou de algum modo, a calagem reduz a disponibilidade de potássio.

4.1.3. Concentrações de cálcio

Como pode ser observado no quadro 3, as concentrações de cálcio na parte aérea do milho, foram influenciadas pelas relações Ca/Mg do corretivo e níveis de potássio aplicados.

Como era esperado, de uma maneira geral, há uma tendência de aumento nas concentrações de cálcio, com o aumento no valor da relação Ca/Mg do corretivo, em todos níveis de potássio aplicados, sendo que esses aumentos foram superiores nos menores níveis de potássio, o que pode ser atribuído à uma menor competição com o potássio, nesses níveis aplicados.

Verifica-se no quadro 4, que o aumento nos níveis de potássio, promoveu uma redução nas concentrações de cálcio, até o nível 3 de potássio, caracterizando uma ação competitiva no processo de absorção. Este fato concorda com as observações de BOSWELL & PARKS (9) e LOUE (34), de que o aumento dos níveis de potássio, induz a menores concentrações de cálcio na parte aérea do milho. Todavia, um aumento nas concentrações de cálcio foi observado para o nível 4 de potássio em relação ao nível 3, o que pode ser atribuído ao erro experimental, pois acredita-se que dificilmente obter-se-ia o mesmo resultado com a repetição do experimento.

Observa-se no quadro 5, que a concentração de cálcio na parte aérea, para o nível 2 de corretivo, como era esperado, foi significativamente superior àquela verificada para o nível 1, evidenciando-se que as concentrações desse cátion estão também relacionadas com os níveis aplicados. Esta observação concorda com os resultados de WADDINGTON et alii (66) e SOARES (57), em trabalhos com a gramínea Agrostis palustris e soja, respectivamente, os quais mostraram que os teores de cálcio nas plantas estavam correlacionados com suas quantidades presentes no solo.

4.1.4. Concentrações de magnésio

As concentrações de magnésio na parte aérea, foram influenciadas conjuntamente pelas relações Ca/Mg no corretivo e níveis de potássio (quadro 3). Verifica-se uma redução significativa nas mesmas com o aumento no valor da relação Ca/Mg em todos os níveis de potássio aplicados, concordando com as observações de SILVA

(55), o qual encontrou menores concentrações de magnésio na parte aérea do milho, quando as relações Ca/Mg foram mais largas.

A redução observada nas concentrações de magnésio, pode ser atribuída, tanto à uma diminuição em suas quantidades adicionadas, pelo aumento no valor da relação Ca/Mg, quanto a uma maior competição dada pelo cálcio no processo de absorção.

À semelhança do observado nas concentrações de cálcio, a elevação dos níveis potássio, promoveu uma redução nas concentrações de magnésio nos 2 níveis de corretivo aplicados (Quadro 4), caracterizando uma ação inibitória de natureza competitiva no processo de absorção. Uma redução nas concentrações de magnésio, pelo aumento na adubação potássica, também foi observado por STANFORD et alii (61), BOSWELL & PARKS (9), LOUE (34) e BRADAWY & BUSLER (11).

Como era esperado, uma menor concentração foi verificada para o nível 1 de corretivo (Quadro 5) evidenciando-se, a exemplo do cálcio, que as concentrações de magnésio também estão relacionadas com os níveis aplicados, o que está de acordo com as citações de WADDINGTON et alii (66) e SOARES (57).

4.1.5. Soma de cátions (S)

Como pode ser observado no quadro 3 a soma de cátions (S), sofreu redução significativa com o aumento no valor da relação Ca/Mg do corretivo. A essa observação atribui-se que a diminuição nas concentrações de magnésio, na parte aérea foi proporcionalmente

maior que o incremento nas concentrações de Ca, quando se aumentou o valor da relação Ca/Mg do corretivo.

Verifica-se no quadro 4, que a soma de cátions (S), foi reduzida do nível 1 para o nível 2 de potássio a partir do qual, o incremento nos níveis de potássio refletiram em maiores valores de S, na parte aérea do milho.

A maior quantidade de cátions observada para o nível 1 de potássio pode ser atribuído a um "efeito de concentração", devido a uma menor produção de matéria seca (quadro 4). Estes resultados estão de acordo com os de LOUC (34), o qual observou que as plantas deficientes em K apresentavam uma maior quantidade de cátions (S) e, o aumento nos níveis de potássio aumentavam as quantidades totais de cátions.

Possivelmente, o aumento na soma de cátions (S) devido ao incremento nos níveis de potássio, deva-se a absorção preferencial do potássio e a um aumento nas concentrações de cloro do KCl, na parte aérea. Segundo HIATT (25), a absorção de potássio é aumentada com a adição de cloro, sendo absorvidos em quantidades estequiométricas (efeito do ion acompanhante). Isso também foi verificado para o cálcio em raízes de milho, MASS (36). Em adição, MALAVOLTA (38), menciona o acúmulo de cloro nos tecidos da soja, devido ao emprego de doses muito pesadas e contínuas de KCl em solos com drenagem deficiente. Este autor (38) menciona ainda, que a toxidez do cloro pode em grande parte ser neutralizado aumentando-se o fornecimento de cálcio, entretanto, o efeito favorável do cálcio não está associado com diminuição no teor foliar de clore-

to.

Como pode ser observado no quadro 5 a soma de cátions (S) na parte aérea não diferiu entre os 2 níveis de corretivo aplicados, entretanto a ausência de diferença significativa entre os 2 níveis de corretivo pode ser atribuída a um efeito de diluição, devido a maior produção de matéria seca no nível 2 de corretivo. Desta forma, a proposição de BEAR & PRINCE (7) de que as quantidades totais de cátions absorvidos são aproximadamente constantes, não foi confirmada, conforme se observa também nos quadros 3 e 4.

4.2. Efeito dos tratamentos no equilíbrio catiônico na parte aérea do milho.

A análise de variância (quadro 6), demonstra que os fatores relações Ca/Mg, níveis de potássio e níveis de corretivo, influenciaram significativamente a participação percentual de K, Ca e Mg na soma de cátions (S), $(Ca + Mg)/K$, Mg/K e Ca/K da parte aérea do milho, enquanto a relação Ca/Mg da parte aérea foi influenciada pelas relações Ca/Mg do corretivo, pelos níveis de potássio e pelos níveis do corretivo. Observam-se, ainda, os efeitos significativos das interações entre relações Ca/Mg x níveis de potássio sobre a participação percentual do Ca e Mg na soma de cátions (S), $(Ca + Mg)/K$ e Mg/K e, níveis de potássio x níveis de corretivo sobre a participação percentual do K e Ca na soma de cátions (S), $(Ca + Mg)/K$, Mg/K e Ca/K .

Nos quadros 7, 8 e 9 são apresentados os efeitos dos fatores estudados sobre os equilíbrios catiônicos na parte aérea do

QUADRO 6. Resumo da análise de variância de equilíbrio de equilíbrio catiônico da parte aérea do milho. Lavras-MG, 1983.

Causa de variação	C.L.	Quantidade média e significância			
		K % de S	Ca % de S	Mg % de S	(Ca + Mg)/K
Reações Ca/Mg (h)	3	182,859**	1.074,503**	2.130,288**	17,105**
Índice de potássio (k)	3	7.136,846**	776,289**	3.218,640**	435,257**
Interação A x K	9	5,627 NS	31,863**	22,453**	5,745**
Índice de corretivo	1	665,812**	15,113*	481,422**	48,379**
Interação A x C	3	2,096 NS	2,859 NS	1,508 NS	2,061 NS
Interação A x C x C	3	25,090**	26,090**	0,407 NS	13,407**
Interação K x C	3	3,695 NS	3,356 NS	5,551 NS	1,467 NS
Interação A x K x C	9	3,314 NS	3,953 NS	5,728 NS	3,226 NS
Resíduo	62	6,085	3,626	5,188	0,766
C.V. (%)		8,70	6,38	5,45	20,00
					24,63
					19,79
					11,61

NS = Não significativo ao nível de 5% pelo teste F.
 * = Significativo ao nível de 5% pelo teste F.
 ** = Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

QUADRO 7. Efeitos da relação Ca/Mg do corretivo no equilíbrio catiônica da parte aérea do milho .
Lavras-MG., 1983.

Relações Ca/Mg	Ca % de S	Ca % de S				Mg % de S				(Ca + Mg)/K				Mg/K				Ca/K	Mg/K
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄		
1/1	23,6 b	24,9d	24,8d	20,1d	18,4d	67,4a	57,4a	49,0a	35,5a	13,0a	4,8a	2,2a	1,2a	9,6a	3,7a	1,4a	0,7a	1,0a	1,0a
1/2	24,6 b	32,3c	29,7c	24,0c	22,2c	58,6a	52,2b	44,2b	30,5b	11,7a	4,4ab	2,2a	1,1a	7,5b	2,8ab	1,4a	0,7a	1,0ab	1,0a
1/3	29,2 ab	39,7b	36,1b	30,8b	24,6b	50,4c	48,8c	34,8c	23,7c	9,5b	3,4a	1,9a	1,0a	5,3c	1,8bc	1,0a	0,6a	1,0ab	1,0a
1/4	31,5 a	46,5a	40,3a	34,6a	27,8a	41,7d	39,9d	27,0d	19,7d	7,7c	3,3b	1,6a	0,9a	3,6c	1,6c	0,7a	0,4a	1,0a	1,0a

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

QUADRO 8. Efeito dos níveis de potássio no equilíbrio cationico da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983.

Níveis de Potássio	K % de S		Ca % de S		Mg % de S	(Ca + Mg)/K		Mg/K		Ca/K		Ca/Mg
	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂		C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	
1	10,5 d	8,0 d	37,1 a	35,3 a	54,5 a	8,7 a	12,3 a	5,2 a	7,8 a	3,6 a	4,5 a	0,7 b
2	23,6 c	18,3 c	32,2 b	32,8 b	46,5 b	3,3 b	4,6 b	1,9 b	2,8 b	1,3 b	1,8 b	0,7 b
3	36,7 b	31,0 b	26,8 c	28,0 c	38,7 c	1,8 c	2,2 c	1,0 c	1,4 c	0,7 c	0,9 c	0,8 a
4	53,1 a	45,6 a	21,6 d	24,9 d	27,4 d	0,9 d	1,2 d	0,5 c	0,7 c	0,4 c	0,5 c	0,9 a

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

QUADRO 9. Efeito dos níveis de corretivos no equilíbrio catiônico da parte aérea do milho. Lavras-MG., 1983.

Níveis de corretivo	K % de S	Ca % de S	Mg % de S	(Ca + Mg)/K	Mg/K	Ca/K	Ca/Mg
C ₁	31,0 a	24,4 b	39,6 b	3,7 b	2,2 b	1,5 b	0,7 b
C ₂	25,7 b	30,2 a	44,0 a	5,1 a	3,2 a	1,9 a	0,8 a

* Médias seguidas da mesma letra (coluna), não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

milho.

4.2.1. Participação percentual do K, Ca e Mg na soma de cátions (S) na parte aérea do milho.

Como pode ser verificado no quadro 7, existe uma tendência de aumentos na participação percentual do potássio, com o aumento no valor da relação Ca/Mg do corretivo, embora seja observado diferença significativa entre a relação Ca/Mg mais larga (45/1) e aquelas mais estreitas (2/1 e 5/1).

Conforme apresentado no quadro 3, a diminuição nas concentrações de magnésio, em função do aumento no valor da relação Ca/Mg do corretivo, não sendo compensado pelos incrementos nas concentrações de cálcio, possivelmente explicaria essa tendência. Uma ação inibitória do cálcio e magnésio sobre o potássio, sendo inferior a absorção preferencial do mesmo, pode também ter induzido aumentos na participação percentual de potássio.

No quadro 8, como era esperado, houve um aumento na participação percentual do potássio, com o aumento dos níveis de potássio aplicados, nos dois níveis de corretivos, concordando com as observações de LOUE (34). A maior participação percentual de potássio observada para o nível 1 de corretivo (quadro 9), evidencia uma maior competição do potássio com o cálcio e magnésio, que aliada a uma menor disponibilidade de fósforo, provavelmente contribuíram para uma menor produção de matéria seca. Confrontando as participações percentuais de potássio com suas concentrações mostradas nos quadros 3, 4 e 5, observa-se que os resultados não são

concordantes apenas no que diz respeito aos efeitos das relações Ca/Mg do corretivo.

A participação percentual do cálcio (quadro 7), aumentou com a elevação do valor da relação Ca/Mg em todos os níveis de potássio aplicados, enquanto, a participação percentual do magnésio diminuiu, concordando com os resultados obtidos para as concentrações dos mesmos (quadro 3).

Como era esperado, observa-se no quadro 8, que o aumento dos níveis de potássio reduziu as participações percentuais de cálcio nos dois níveis de corretivo, enquanto a participação percentual do magnésio foi reduzida independentemente dos níveis de corretivos. Confrontando esses resultados com aqueles do quadro 4, verifica-se que em relação a soma de cátions (S), não houve aumentos nas concentrações de cálcio para o nível 4 de potássio. Estes resultados, e as correlações estabelecidas entre as características avaliadas demonstraram que as concentrações de cálcio e magnésio não se correlacionaram com as participações percentuais dos mesmos na soma de cátions (S).

Conforme esperado, maiores participações percentuais de cálcio e magnésio é observada no nível 2 de corretivo (quadro 9).

Em reforço ao que foi discutido, o efeito dos níveis de potássio nos dois níveis de corretivo sobre a participação percentual do K, Ca, Mg e produção de matéria seca se encontra ilustrado na figura 1, feita a partir das médias estimadas pelas equações de regressão (apêndice - quadro 10) que melhor se ajustaram aos dados.

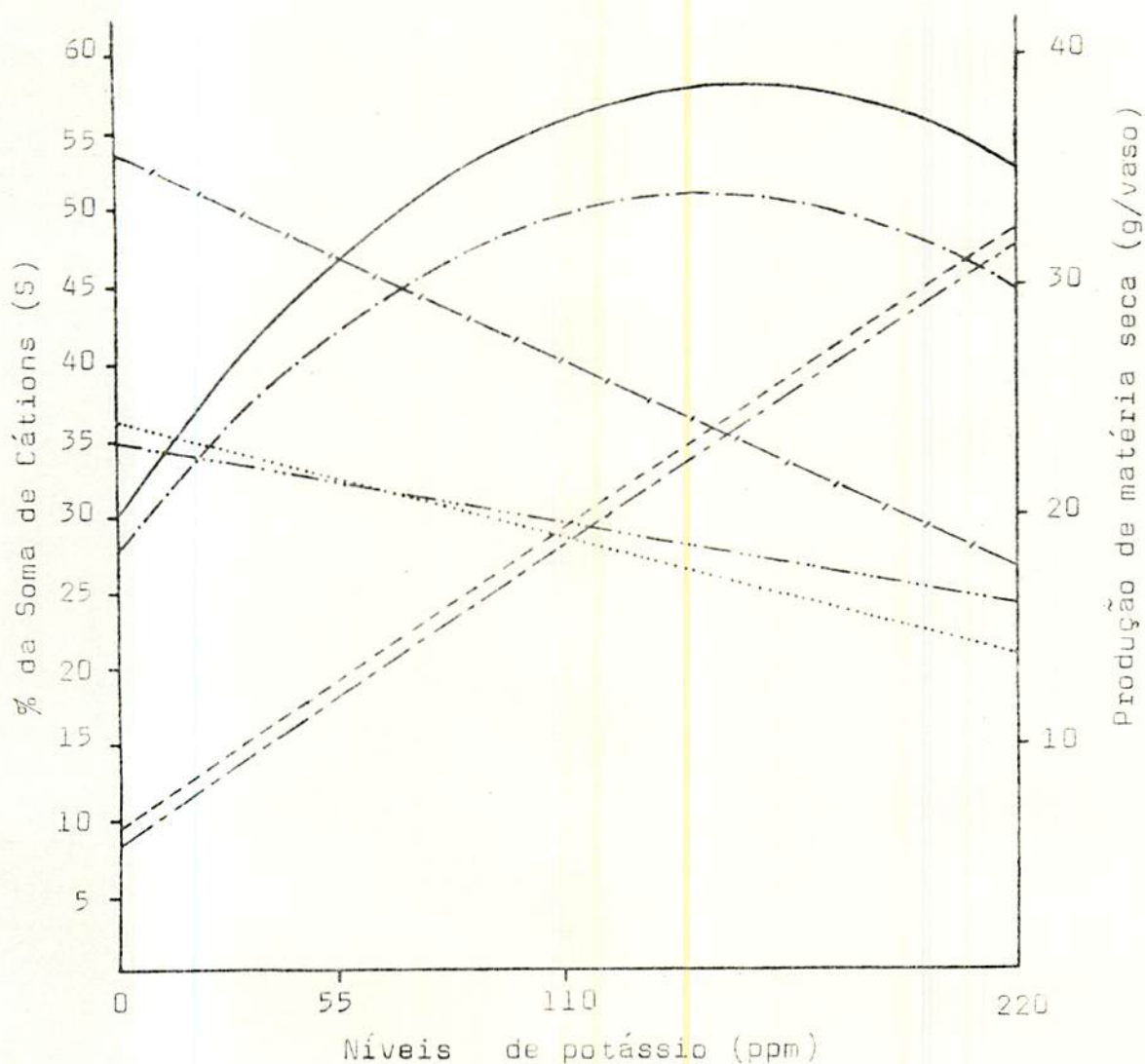


FIGURA 1. Efeito dos níveis de potássio na produção de matéria seca e participação percentual de K, Ca e Mg na soma de cátions da parte aérea nos dois níveis de corretivo aplicados.

Legenda:

- Prod. mat. seca no nível 2 de corretivo
- - - - - Prod. mat. seca no nível 1 de corretivo
- K % de S no nível 2 de corretivo
- K % de S no nível 1 de corretivo
- Ca % de S no nível 2 de corretivo
- Ca % de S no nível 1 de corretivo
- |-|-|-|- Mg % de S

Observa-se que, o aumento dos níveis de potássio, além de aumentar a sua participação percentual, diminuiu as de cálcio e magnésio. Em consequência, houve um incremento na produção de matéria seca, que atingiu um máximo quando o potássio era equivalente a 145 e 158 ppm, para os níveis 1 e 2 de corretivo, respectivamente. A partir desses pontos, as produções de matéria seca foram reduzidas com o aumento na participação percentual de potássio e diminuição nas de cálcio e magnésio.

Outrossim, o balanço cationico para o nível 1 de corretivo, estimado pelas equações de regressão, foi de 37,6% para o K, 26,0% para o Ca e 35,5% para o Mg. Para o nível 2 de corretivo, o balanço estimado foi de 34,2% para o K, 27,2% para Ca e 34,2% para o Mg.

Devido às condições em que se desenvolveu este experimento e as amostras analisadas serem constituídas por toda a parte aérea, os resultados encontrados não concordam com aqueles obtidos por LOUE (34), o qual identificou que a faixa de equilíbrio mais favorável aos rendimentos é aquela onde o potássio participa com 60 a 70% da soma de cátions nas folhas (meq.100 g de matéria seca), o cálcio com 20 a 30% e o magnésio com 8 a 12%.

4.2.2. Relações $(Ca + Mg)/K$, Mg/K , Ca/K e Ca/Mg na parte aérea do milho.

Verifica-se no quadro 7, uma tendência de redução dos valores das relações $(Ca + Mg)/K$ e Mg/K em todos níveis de potássio, à medida que se aumenta o valor da relação Ca/Mg do corretivo.

Isto, provavelmente, pode ser atribuído às reduções proporcionalmente maiores nas concentrações de magnésio em relação aos incrementos nas concentrações de cálcio, uma vez que, as concentrações de potássio não foram influenciadas significativamente pelas relações Ca/Mg (quadro 3).

A ausência de diferenças significativas para os níveis 3 e 4 de potássio é atribuído às reduções proporcionalmente menores nas concentrações de magnésio, em relação àquelas observadas para os níveis 1 e 2 de potássio.

Com o incremento dos níveis de potássio (quadro 8), verificou-se uma redução significativa no valor das relações $(Ca + Mg)/K$ e Mg/K , nos dois níveis de corretivo aplicados, devido aos aumentos nas concentrações de potássio e a redução nas concentrações de cálcio e magnésio (quadro 4), em resposta aos níveis de potássio aplicados.

Embora tenha sido usado nesse experimento o inverso da relação K/Mg ou seja, Mg/K , estes resultados concordam com aqueles observados por Freeman, citado por MUNSON (47), BOWER & PIERRE (10) e LOUE (34), os quais verificaram que o aumento na adubação potássica era acompanhado pelo aumento das relações K/Mg e K/Ca , enquanto a relação $(Ca + Mg)/K$ diminuía, resultando em maiores produções de milho. Em adição Wilson & Weir, citados por ARNON (6) verificaram que a relação K/Mg de 1/1 maximizava a produção de matéria seca do milho. O valor das relações $(Ca + Mg)/K$ e Mg/K para o nível 2 de corretivo foram superiores àqueles obser

vados para o nível 1 (quadro 9), o que pode ser atribuído às maiores quantidades de cálcio e magnésio aplicados no nível 2, que refletiram em maiores concentrações dos mesmos na parte aérea e em menores concentrações de potássio (quadro 5).

A influência da relação Ca/Mg do corretivo sobre a relação Ca/K na parte aérea do milho pode ser observada no quadro 7. Verifica-se que houve uma tendência de aumento na relação Ca/K com o aumento no valor da relação Ca/Mg de corretivo, o que pode ser atribuído aos aumentos proporcionalmente pequenos nas concentrações de cálcio com o aumento no valor das relações Ca/Mg. Contudo diferença significativa existe entre a relação mais estreita (2/1) e a mais larga (45/1).

À semelhança do ocorrido para as relações (Ca + Mg)/K e Mg/K, houve diminuição nos valores da relação Ca/K com o incremento dos níveis de potássio para os 2 níveis de corretivo aplicados (quadro 8), embora não tenha sido encontrada diferenças significativas entre os níveis 3 e 4 de potássio, o que pode ser atribuído ao aumento nas concentrações de cálcio no nível 4 de potássio (quadro 4). Estes resultados são concordantes com àqueles encontrados por Freeman citado por MUNSON (47), BOWER & PIERRE (10) e LOUE (34), os quais utilizaram a relação inversa, ou seja, K/Ca.

O maior valor da relação Ca/K observado para o nível 2 de corretivo (quadro 9), à exemplo das relações (Ca + Mg)/K e Mg/K, deve-se às maiores quantidades de cálcio aplicadas nesse nível de

corretivo, que refletiram em maiores concentrações do cálcio na parte aérea (quadro 5).

Como pode ser observado no quadro 7, o valor da relação Ca/Mg na parte aérea, aumentou com o aumento no valor da relação Ca/Mg no corretivo. Isto demonstra que as concentrações de cálcio e magnésio na parte aérea estão relacionadas também com as quantidades aplicadas, concordando com as observações de WADDINGTON et alii (66) e SOARES (57). Em reforço a esta observação, verifica-se no quadro 9, que a relação Ca/Mg na parte aérea para o nível 1 de corretivo aplicado foi inferior ao nível 2.

Verifica-se no quadro 8, que o valor da relação Ca/Mg na parte aérea, aumentou com o incremento dos níveis de potássio, o que pode ser atribuído a uma redução proporcionalmente maior nas concentrações de magnésio em relação à redução nas concentrações de cálcio (quadro 4).

Entre as características avaliadas, a relação (Ca + Mg)/K e Ca/K mostraram melhores correlações com a produção de matéria seca nos níveis 1 e 2 de corretivo, respectivamente. A produção de matéria seca do milho foi explicada no nível 1 de corretivo pela equação: $\hat{Y} = 33,22620 - 1,653319 (Ca + Mg)/K$ com um coeficiente de correlação múltipla (r) de 0,93, enquanto no nível 2 a produção de matéria seca foi melhor explicada pela equação:

$$\hat{Y} = 39,29841 - 4,298849 (Ca/K) \text{ com } r = 0,94$$

Na figura 2 (A e B) pode ser observado que o aumento no valor da relação (Ca + Mg)/K e Ca/K reduziu a produção de matéria seca da parte aérea do milho nos níveis 1 e 2 do corretivo, respectivamente.

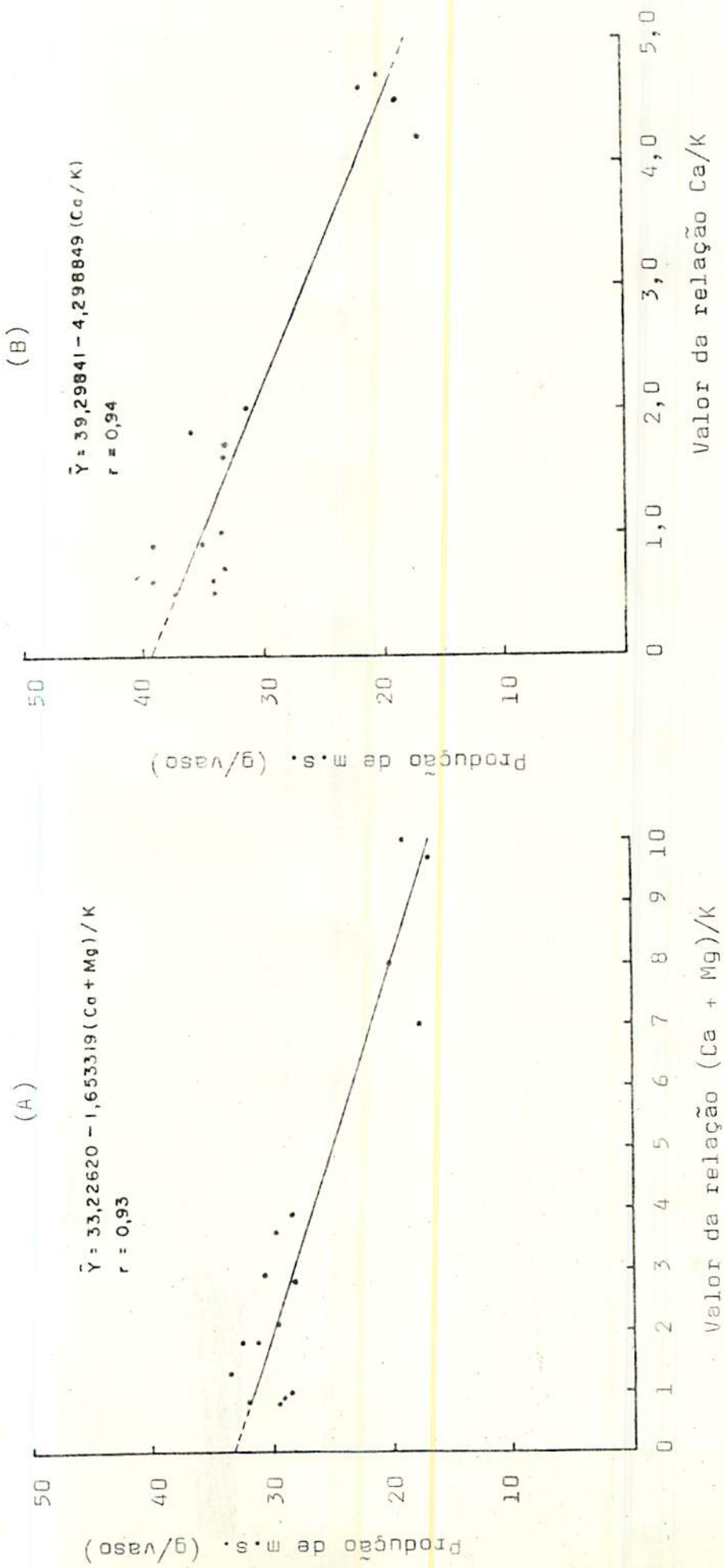


FIGURA 2. Efeito das relações (Ca + Mg)/K e Ca/K na produção de matéria seca da parte aérea do milho, respectivamente, nos níveis 1 (A) e 2 (B) de corretivo aplicados.

Estes resultados concordam com aqueles observados por BOWER & PI
ERRE (10) e LOUE (34), os quais observaram que o aumento no valor
da relação K/Ca e a diminuição no valor da relação (Ca + Mg)/K re-
sultava em maiores produções do milho.

Estes resultados indicam que a produção de matéria seca
do milho é também função do balanço entre os cátions K, Ca e Mg
na parte aérea, concordando com a afirmativa de LOUE (34), de
que estes cátions são absorvidos em determinadas proporções que
estão correlacionadas com o rendimento obtido.

Acredita-se, então, que ao avaliar os níveis de suficiên-
cia de K, Ca e Mg na parte aérea do milho, melhores resultados po-
derão ser obtidos, se forem consideradas também, as relações en-
tre esses cátions.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido, esta experimento permite as seguintes conclusões:

1. As relações Ca/Mg estabelecidas no nível 1 de corretivo (C_1), não influenciaram na produção de matéria seca. Entretanto, uma relação Ca/Mg de 5/L estabelecida no nível 2 de corretivo (C_2) promoveu uma maior produção.

2. Com o aumento nos níveis de corretivo uma maior quantidade de potássio foi necessário para manter o balanço catiônico e proporcionar maiores produções de matéria seca. As máximas produções de matéria seca foram estimadas com níveis de 145 e 158 ppm de potássio, para os níveis 1 e 2 de corretivo, respectivamente.

3. As concentrações dos cátions K, Ca e Mg demonstraram haver uma inibição competitiva no processo de absorção entre os cátions K-Ca e K-Mg.

4. Dentre as características avaliadas as relações $(Ca + Mg)/K$ e Ca/K , foram as que melhor se correlacionaram, respectivamente, com a produção de matéria seca nos níveis 1 e 2 de corretivo aplicado.

6. RESUMO

O experimento foi instalado em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL, Lavras-MG., com o objetivo de avaliar os efeitos da relação Ca/Mg de diferentes níveis do corretivo e níveis de potássio sobre a produção de matéria seca do milho, concentrações de K, Ca, Mg e no equilíbrio catiônico da parte aérea.

Foram utilizadas amostras de um solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro distrófico, fase cerrado, textura argilosa.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados num esquema fatorial $2 \times 4 \times 4$ com 3 repetições, consistindo de 2 níveis de corretivo aplicados para elevar a saturação em bases a 40 e 60%, 4 relações Ca/Mg (2/1; 5/1; 15/1 e 45/1) estabelecidas nos corretivos e, 4 níveis de potássio (0, 55, 110 e 220 ppm).

Como planta indicadora, foi utilizado o milho híbrido Ag 162, cultivado por 7 semanas. As características avaliadas foram: produção de matéria seca, concentrações de K, Ca, Mg, soma desses cátions e os equilíbrios catiônicos: participação percentual de K, Ca e Mg na soma de cátions e, as relações $(Ca + Mg)/K$,

Mg/K e Ca/Mg.

Foram estabelecidas equações de regressão na análise de variância entre os níveis de potássio aplicados em todas características avaliadas, bem como regressão múltipla tipo Stepwise entre as mesmas.

As produções de matéria seca permitiram observar, que o efeito das relações Ca/Mg variou em função do nível de corretivo aplicado. Quando foram estabelecidas no nível 1 de corretivo, não influenciaram na produção de matéria seca. Entretanto, uma relação Ca/Mg de 5/1 estabelecida no nível 2 de corretivo, promoveu maiores produções.

Com o aumento no nível de corretivo uma maior quantidade de potássio foi necessário para manter o balanço catiônico e proporcionar maiores produções de matéria seca. As máximas produções de matéria seca foram estimadas com níveis de 145 e 158 ppm de potássio, para os níveis 1 e 2 de corretivo, respectivamente.

As concentrações dos cátions K, Ca e Mg demonstraram haver uma inibição competitiva no processo de absorção entre os cátions K-Ca e K-Mg.

Dentre as variáveis avaliadas as relações $(Ca + Mg)/K$ e Ca/K foram as que melhor se correlacionaram respectivamente com a produção de matéria seca nos níveis 1 e 2 de corretivo aplicado.

7. SUMMARY

EFFECTS OF Ca/Mg RATIO OF LIME AND LEVELS OF POTASSIUM ON DRY MATTER YIELD, K, Ca AND Mg CONTENT AND CATION EQUILIBRIUM IN CORN (Zea mays, L.).

This experiment was conducted at the Soil Science Department at "Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL", Lavras - MG., with the objectives of evaluating the Ca/Mg ratio of different levels of lime and levels of potassium on corn dry matter yield, K, Ca, Mg content and cation equilibrium in the plant.

The soil used in this experiment was classified as a Distrophic Dar Red Latosol, "cerrado" vegetation, clayey texture.

The experimental design was completely randomized block in a factorial scheme of 2 x 4 x 4 with three replications, being two levels of lime (C_1 and C_2), four Ca/Mg ratios (2/1; 5/1; 15/1; 45/1) and four levels of potassium (0; 55; 110 and 220 ppm). An hybrid corn (Ag 162) was used as an indicator plant and was grown for seven weeks.

The characteristics evaluated were: dry matter yield, K, Ca and Mg content, the sum of these cations (S) and the Ca + Mg/K, Mg/K and Ca/Mg ratios.

Analysis of variance were performed for all variables studied. Regression equations were obtained to explain some relationship among these variables.

Dry matter yield indicated that the effect of Ca/Mg ratio of the lime was a function of the level of lime used. At the level of lime C_1 , it did not influenced the dry matter yield. However a Ca/Mg of 5/1 in the level of lime C_2 presented the highest dry matter yield. By increasing the level of lime, a greater level of lime was required to keep an adequate cation balance and to promote a greater dry matter yield. The highest dry matter yield was estimated at the levels of K of 145 and 158 ppm of potassium corresponding to the levels of lime C_1 and C_2 , respectively.

The K, Ca and Mg concentrations showed a competitive inhibition among the cations K-Ca and K-Mg.

Among the variables evaluated the $Ca + Mg/K$ and Ca/K ratios presented the best correlations with dry matter yield at the lime levels C_1 and C_2 , respectively.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADDISCOTT, T.M. Potássium and the absorption of calcium and magnésium by potato plants from soil. J. Sci. Fd. Agric. , 25:1165-72, 1974.
2. ALBAREDA, J.M.; HERNANDO, V. & SANCHES CONDE, P. Interaction Ca/K en la absorcion de estos elementos por la planta de trigo. I. Influencia del pH en el desarrollo de la planta de trigo. Anales de Edafologia y Fisiologia Vegetal, Madrid, 17-223-53, 1958.
3. ALLEN, S.E.; TERMAN, G.L. & CLEMENTS, L.B. Greenhouse techniques for soil plant research. Muscle Shoals, Alabama, National Fertilizer Development Center Tennessee Valley Authority, 1976. 57 p. (Bulletin Y-104).
4. ALLISON, L.H. Organic Carbon. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 1367-78.

5. ANDERSON, C.A. & MARTIN, F.G. Effects of soil pH and calcium on the growth and mineral uptake of young citrus trees .
Proc. Fla. St. Hort. Soc., Deland, 82:7-12, 1971.
6. ARNON, I. Mineral nutrition of maize. Bern-Worblanfe/Switzerland, International Potash Institute, 1975. 452 p.
7. BEAR, F.E. & PRINCE, A.L. Cations equivalentes constancy in alfafa. J. Am. Soc. Agron., 37:217-22, 1945.
8. BITTENCOURT, V.C. et alii. Equilibrios de troca de Ca/K e Ca/Mg na fração argila da terra roxa estruturada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2(3):179-84, 1978.
9. BOSWELL, F.C. & PARKS, W.L. The effect of soil potássium levels on yield lodging and mineral composition of Corn. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 21:301-5, 1957.
10. BOWER, C.A. & PIERRE, W.H. Potássium responses of various crops on a high-lime soil in relation to their contents of potassium, calcium, magnésium and sodium. Agronomy Journal , 36:608-14, 1944.
11. BRADAWY, R. & BUSSLER, W. Supply and absorption of cation in long term experiment with oats. Potash Rev., Berna, 9/15 : 1-9, 1968.

12. COELHO, F.S. & VERLENGIA, F. Fertilidade do Solo. Campinas , Instituto Campineiro do Ensino Agrícola, 1973. 384 p.
13. COLLANDER, R. Seletive absorption of cations by higher plants. Pl. Physiol., 16:691-720, 1941.
14. DE LONG, W.A. et alii. Coordinated soil plant analyses. I . Nutrient cations. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 6:335-41 , 1953.
15. DIJKSHOORN, W., SUJITNO, J.S.A. & ISMUNADJI, M. Potassium up take by rice plants and interaction with other cations . Plant and Soil, 40:525-34, 1974.
16. ECKERT, D.J. & McLEAN, E.O. Basic cation saturation ratios as a basis for fertilizing and liming agronomic crops: I. Growth chamber studies. Agronomy Journal, 73:795-9, 1981.
17. EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. São Paulo, EDUSP, 1975. 341 p.
18. EVANS, H.J. Elements other nitrogen, potassium and phosphorus in the mineral nutrition of sugar cane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE, 10., Honolulu. Proceedings... Honolulu. 1959. p. 473-508.
19. FASSBENDER, H.W. Química de Suelos. Turrialba, Ed. Matilde de la Cruz, 1975. 398 p.

20. FREIRE, J.C. et alii. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras-MG. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 4(1):5-8, 1980.
21. FOY, C.D. & BARBER, S.A. Magnésium deficiency and corn yield on two acid Indiana soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 32 : 145-8, 1958.
22. FUZZATTO, M.G. & FERRAZ, C.A.M. Correlação entre o efeito da adubação potássica no algodoeiro e a análise química do solo. Bragantia, 26:345-52, 1967.
23. GRAHAN, E.R. An explanation of theory and methods of soil testing. Missouri, Agricultural Experimental Station, 1959. (Bulletin, 734).
24. HANDLEY, R.; METWALLY, A. & OVERSTREET, R. Effects of Ca upon metabolic and nonmetabolic uptake of Na and Rb by root segments of Zea mays. Pl. Physiol., 40:513-9, 1965.
25. HIATT, A.J. Eletrostatic association and Donnan phenomena as mechanisms of ion accumulation. Pl. Physiol., 43:893-901, 1968.
26. _____ & LEGGETT, J.E. Ionic interaction and antagonism in plants. In: CARSON, E.W., ed. The plant root and its environment. Charlottesville, University Press of Virginia , 1974. p. 101-34.

27. HUGO VILLACHICA, L. Respuestas del sorgo al encaldo y fertilización. I. Rendimiento de matéria seca y concentración foliar de N, P y K. Fitotecnia Latinoamericana, 9(1)-63-7, 1973.
28. HUNTER, A.H. Laboratory analysis os vegetal tissues samples. International Soil Fertility Evaluation an Improvement Program. Raleigh, N.C.S.U., 1975. (mimeografado).
29. KEY, J.L.; KURTZ, L.T. & TUCKER, B.B. Influence of ratio of exchangeable calcium-magnésium on yield and composition of soybeans and corn. Soil Sci., 93:265-70, 1962.
30. KOCH, J.T. et alii. Leaf composition and yield response of corn in relation to quantity-intensity parameter potassium. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 34:44-97, 1970.
31. LACA BUENDIA, J.P. & NEPTUNE, A.M.L. Adubação foliar do algodoeiro (Gossypium hirsutum, L. var. IAC-12), com nitrogênio, fósforo e potássio avaliada pela diagnose foliar. Anais da ESALQ, 28:5-30, 1971.
32. LEHMANN, K. Interaction of potássium, magnésium and calcium concentrations and forms of nitrogen in the medium, on cation contents of plants. In: CONGRESS ON POTASSIUM RESEARCH AND AGRICULTURAL PRODUCTION, 10., Budapest, 1974. Proceedings... Switzerland, Int. Potash Inst., 1975. p.117-29.

33. LOPES, A.S. Calagem. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 7(81):28-34, set. 1981.
34. LOUE, A. Contribuição para o estudo da nutrição catiônica do milho, principalmente a do potássio. Fertilité, Paris, (20):33-50, 1963.
35. LUCAS, R.E. & SCARSETH, G.D. Potassium calcium and magnesium balance and reciprocal relationships in plants. J. Am. Soc. Agron., 39:887-96, 1947.
36. MAAS, E.V. Calcium uptake by excised maize roots and interaction with alkali cations. Pl. Physiol., 44:985-9, 1969.
37. MALAVOLTA, E. ABC da adubação. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1979. 256 p.
38. _____. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
39. _____. K, Mg, S nos solos e culturas brasileiras. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato (EUA) Instituto Internacional de Potassa (Suíça), 1980. 91 p. (Boletim Técnico, 4).
40. _____. Manual de Química Agrícola. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1976. 528 p.

41. MALAVOLTA, E. et alii. Absorção de cálcio e fósforo por raízes destacadas de soja (Glycine max (L.) Merrill) var. IAC-2. Anais da ESAIQ, 33:543-54, 1976.
42. McLEAN, E.O. Contrasting concepts in soil test interpretation; Sufficiency levels of available nutrients vs. basic cation saturation ratios. In: STELLY, M. Soil testing. Correlating and interpreting the analytical results. Madison, Amer. Soc. Agron. 1977. p. 39-54 (ASA Spec. Publ. , nº 29).
43. MEHLICH, A. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH_4 . North Carolina Soil Test Division. 1953. (mimeografado).
44. _____ & COLEMAN, N.T. Type of soil colloid and the mineral nutrition of plants. Advances in Agronomy, 4:67-99 , 1952.
45. MIRANDA, L.T. Resultados de experimentos de adubação e su gestões para a interpretação baseada na análise química do solo. In: Cultura e adubação do milho. São Paulo, Inst . Bras. de Potassa, 1966. p. 451-72.
46. MOORE, C.P.; OVERSTREET, R. & JACOBSON, L. Uptake of magnésium and its interaction with calcium in excised barley roots. Pl. Physiol., 36:290-5, 1961.

47. MUNSON, R.D. Interaction of potássium and other ions. In : KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E. & BRADY, N.C. The role of potassium in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1968. p. 321-53.
48. OVERSTREET, R.; JACOBSON, L. & HANDLEY, R. The effect of calcium on the absorption of potassium by barley roots. Pl. Physiol., 27:583-90, 1952.
49. RAIJ, B. Van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato (EUA)/Instituto Internacional da Potassa (Suíça), 1981. 142 p.
50. _____ & CAMARGO, D.A. Influência de bases trocáveis na lixiviação de potássio em colunas de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, 1973. Anais... Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p. 263-9.
51. ROBERTS, S. & WEAVER, W.H. Magnésium accumulation and mineral balance in sudangrass as influenced by potássium, calcium and sodium. Comm. Soil Sci. Plant. Anal., 5(4):302 - 12, 1974.
52. SANIK Jr., J.; PERKINS, A. & SCHRENK, W.G. The effect of the calcium-magnésium ratio in the solubility and availability of plant nutrients. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 16(2):263-7, 1952.

53. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56 p.
54. SFREDO, G.J. Efeito das relações entre Ca e Mg sobre o pH, Al^{+++} , Ca^{++} e Mg^{++} no solo e sobre a produção de matéria seca do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Viçosa, UFV, 1976. 61 p.
55. SILVA, J.E. da Balanco de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 15(3):329-33, 1980.
56. SOARES, E. Influência da relação entre teores trocáveis de cálcio e magnésio do solo na absorção de potássio pelo centeio (*Secale cereale* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 73 p. 1975. (Tese M.S.).
57. _____. Influência no teor de potássio trocável do solo na absorção de cálcio e magnésio pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. 116 p. (Tese de Doutorado).
58. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão Permanente de Método de Trabalho de Campo. Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo. Manual de Métodos de Trabalho de Campo; 2ª aproximação. Rio de Janeiro, 1967. 33 p.

59. SOUZA, E.A.; ROSSETO, F.A.L. & BIANCO, R. Relações entre os teores do K, Ca e Mg em Latossolo Roxo cultivado com sorgo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO E SORGO, 11., Piracicaba, 1976. Anais... Piracicaba, ESALQ, 1978. p. 707-15.
60. SMITH, D. Effects of potassium top dressing a low fertility silt loam soil on alfafa herbage yields and composition and on soil K values. Agronomy Journal, 67:60-4, 1975.
61. STANFORD, G.; KELLY, J.B. & PIERRE, W.H. Cation balance in corn grown on high-lime soils in relation to potassium deficiency. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 6:335-41, 1942.
62. TEWARI, S.N.; SINHA, M.K. & MANDAL, S.C. Studies on the interrelationships among calcium, magnésium and potássium in plant nutrition. Inter. Symp. Soil Fertil. Eval. Proc., New Delhi, 1:317-25, 1971.
63. USHERWOOD, N.R. Interação do potássio com outros ions. In : SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., Londrina, 1982. Anais... Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato (EUA)/Instituto Internacional da Potassa (Suíça), 1982. p. 227-47.
64. VETTORI, F.C. Métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, E.P.E., 1960. (Boletim Técnico, 7).

65. VIETS, F.G. Calcium and other polyvalent cation as accelerators of ion accumulation by excised barley roots. Pl. Physiol., 19:466-80, 1944.
66. WADDINGTON, D.V.; MOBERG, E.L. & DUICH, J.M. Effect of N source, K source, and K rate on soil nutrient levels and Bentgrass, Agrostis palustris Huds. Agronomy Journal, 64 : 562-6, 1972.
67. WALKER, W.M. & PECK, J.R. Relation between corn yield and plant nutrient content. Agronomy Journal, 66:253-6, 1974.
68. WATANABE, F.S.; OLSEN, S.R. & COLE, C.U. Ionic balance and growth of five plant species in four soils. Agronomy Journal, 63:23-8, 1971.
69. WELT, E. & WERNER, W. Potassium-magnesium antagonism in soil and crops. J. Sci. Fd. Agric., 14:180-6, 1963.
70. YORK Jr., E.T.; BRADFIELD, R. & PEECH, M. Influence of lime and potassium on yield and cation composition of plants. Soil Sci., Baltimore, 77:53-63, 1954.

APÉNDICE

QUADRO 10. Equações de regressão para as diversas características avaliadas e coeficientes de correlação.

Características	Equações	r ²
Prod. mat. seca no nível 2 de corretivo	$\hat{Y} = 20,22322 + 0,23401 K - 0,00074 K^2$	0,95
Prod. mat. seca no nível 1 de corretivo	$\hat{Y} = 18,48928 + 0,20950 K - 0,00072 K^2$	0,97
Concentração de K no nível 2 de corretivo	$\hat{Y} = 6,49595 + 0,20853 K$	0,99
Concentração de K no nível 1 de corretivo	$\hat{Y} = 7,78157 + 0,26045 K$	0,99
Concentração de Ca	$\hat{Y} = 36,65736 - 0,18396 K + 0,00065 K^2$	0,98
Concentração de Mg no nível 2 de corretivo	$\hat{Y} = 63,24332 - 0,35993 K + 0,00106 K^2$	0,97
Concentração de Mg no nível 1 de corretivo	$\hat{Y} = 52,62356 - 0,25363 K + 0,00074 K^2$	0,97
K % de S para o nível 2 de corretivo	$\hat{Y} = 8,66700 + 0,16147 K$	0,98
K % de S para o nível 1 de corretivo	$\hat{Y} = 9,37000 + 0,19403 K$	0,98
Ca % de S para o nível 2 de corretivo	$\hat{Y} = 34,89984 - 0,04859 K$	0,95
Ca % de S para o nível 1 de corretivo	$\hat{Y} = 36,18317 - 0,07017 K$	0,97
Mg % de S	$\hat{Y} = 53,61941 - 0,12277 K$	0,99
(Ca + Mg)/K no nível 2 de corretivo	$\hat{Y} = 11,95285 - 0,14035 K + 0,00042 K^2$	0,98
(Ca + Mg)/K no nível 1 de corretivo	$\hat{Y} = 8,45902 - 0,09719 K + 0,00029 K^2$	0,98
Mg/K no nível 2 de corretivo	$\hat{Y} = 7,61196 - 0,09097 K + 0,00027 K^2$	0,98
Mg/K no nível 1 de corretivo	$\hat{Y} = 5,04916 - 0,05828 K + 0,00017 K^2$	0,98
Ca/K no nível 2 de corretivo	$\hat{Y} = 4,36592 - 0,04995 K + 0,00015 K^2$	0,98
Ca/K no nível 1 de corretivo	$\hat{Y} = 3,41436 - 0,04086 K + 0,00012 K^2$	0,98
Ca/Mg	$\hat{Y} = 0,69767 + 0,00096 K$	0,96

QUADRO 11. Relações Ca/Mg estabelecidas nos corretivos e quantidades aplicadas de Ca, Mg e $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ em vasos de 3,5 kg de terra.

Níveis de corretivo	Relações Ca/Mg	Ca	Mg	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$
		----- equivalentes miligramas -----		-----gramas -----
40%	2/1	50,88	25,44	2,55 + 1,07
	5/1	63,60	12,72	3,18 + 0,54
	15/1	71,55	4,77	3,58 + 0,20
	45/1	74,66	1,66	3,74 + 0,07
60%	2/1	84,04	42,02	4,21 + 1,76
	5/1	105,06	21,01	5,26 + 1,05
	15/1	118,19	7,87	5,91 + 0,34
	45/1	123,33	2,74	6,17 + 0,12

3,78

6,37

QUADRO 12. Dados originais das concentrações de K, Ca e Mg (meq./100 g de m.s.) nos tratamentos aplicados. Lavras-MG., 1983.

Níveis de corretivo	Níveis de potássio (ppm)	Relações Ca/Mg	Médias de 3 repetições			
			m.s.	K	Ca	Mg
40%	0	2/1	16,63	10,85	29,39	76,17
		5/1	18,96	9,14	34,88	56,56
		15/1	17,46	10,78	39,34	47,68
		45/1	18,79	10,78	41,01	33,33
	55	2/1	28,43	19,93	24,47	53,56
		5/1	29,72	26,16	26,47	45,04
		15/1	30,67	19,77	28,70	29,44
		45/1	28,13	20,85	29,73	26,90
	110	2/1	29,55	35,33	21,27	51,66
		5/1	32,54	35,17	22,64	42,02
		15/1	31,35	31,81	26,89	28,75
		45/1	33,50	34,11	27,18	18,59
220	2/1	28,52	72,20	24,13	47,00	
	5/1	29,15	65,06	25,73	34,94	
	15/1	29,61	65,41	27,39	24,89	
	45/1	31,89	64,24	29,73	21,90	
60%	0	2/1	16,80	8,14	33,39	95,02
		5/1	21,82	7,74	35,16	67,31
		15/1	20,13	8,91	40,25	53,70
		45/1	18,63	9,61	42,88	41,61
	55	2/1	33,14	15,63	25,62	62,03
		5/1	35,96	15,00	26,42	51,04
		15/1	32,46	16,10	27,18	33,69
		45/1	31,25	15,47	31,45	27,38
	110	2/1	33,27	30,52	21,45	52,11
		5/1	39,15	26,26	23,44	42,91
		15/1	35,25	30,24	28,76	34,53
		45/1	33,41	28,37	29,25	25,49
220	2/1	34,14	54,39	25,62	48,81	
	5/1	39,37	50,64	28,25	39,08	
	15/1	37,29	52,12	26,86	28,24	
	45/1	34,23	55,93	33,39	23,02	