SATURAÇÃO POR BASES
E RELAÇÕES ENTRE K, Ca E Mg DO SOLO
NA NUTRIÇÃO POTÁSSICA DO MILHO
(ZEA MAYS, L.) cv. PIRANÃO

QUIRINO AUGUSTO DE CAMARGO CARMELLO
ENGENHEIRO AGRONOMO, MESTRE

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia.
Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro-1989

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da

Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

C287e

Carmello, Quirino Augusto de Camargo
Saturação por bases e relações entre K, Ca e Mg do
solo na nutrição potássica do milho (Zea mays, L.) cv
Piranão. Piracicaba, 1989.
106p.

Tese - ESALQ

Bibliografia.

1. Cálcio em milho 2. Magnésio em milho 3. Milho -
Nutrição 4. Potássio em milho 5. Solo - Adubação I.
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Pira-
cicaba.

CDD 631.8

SATURAÇÃO POR BASES
E RELAÇÕES ENTRE K, Ca E Mg DO SOLO
NA NUTRIÇÃO POTÁSSICA DO MILHO
(ZEA MAYS, L.) cv. PIRANÃO

QUIRINO AUGUSTO DE CAMARGO CARMELLO

Aprovada em: 05/04/1990

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Henrique Paulo Haag	ESALQ/USP
Prof. Dr. Ronaldo Ivan Silveira	ESALQ/USP
Prof. Dr. Valdomiro Correa de Bittencourt	ESALQ/USP
Prof. Dr. Antonio Roque Dechen	ESALQ/USP
Dr. Takashi Muraoka	CENA/USP

Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN
- orientador -

À meu falecido Pai
À minha Mãe e irmãos
ofereço

À Lourdes, Bruno e
Beatriz
dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço às seguintes pessoas e instituições:

Prof. Dr. Antonio Roque Dechen pela orientação.

Prof. Dr. Henrique Paulo Haag pelo apoio e incentivo.

Funcionários do setor de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Química da ESALQ pelo auxílio na condução do ensaio e execução das análises. \

CNPq pela bolsa de pesquisa, concedida no início do curso.

Todos que de uma forma ou outra contribuíram neste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	v
SUMMARY	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Potássio na Planta	5
2.2. Equilíbrio do Potássio-Cálcio-Magnésio no meio nutritivo	7
2.3. Equilíbrio do Potássio-Cálcio-Magnésio no tecido foliar	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Localização do Experimento e solo utilizado	22
3.2. Determinação das características químicas do substrato	22
3.3. Tratamentos	24
3.4. Delineamento experimental e análise esta- tística	25
3.5. Instalação e condução do experimento	26
3.6. Análise química das plantas	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Análise do substrato antes do plantio	30
4.2. Produção de matéria seca e extração de nu- trientes	32
4.3. Concentração de nutrientes nos órgãos co- lhidos	35
4.4. Relações entre os cátions absorvidos	37
4.5. Análise de regressão	40
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS	97
6. CONCLUSÕES	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

SATURAÇÃO POR BASES E RELAÇÕES ENTRE K, Ca E Mg DO SOLO
NA NUTRIÇÃO POTÁSSICA DO MILHO (*Zea mays*, L.) CV. PIRANÃO

Autor: QUIRINO AUGUSTO DE CAMARGO CARMELLO

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

RESUMO

A absorção de cátions pelas plantas não é um processo específico, dependendo principalmente da concentração das espécies catiônicas no meio nutritivo e em muitos casos, da permeabilidade específica das membranas à uma espécie particular de cátion. Quando expressa em mEq/100g, a soma dos cátions na planta ou em um tecido da planta muda muito pouco, embora exista variação no nível individual dos cátions no meio nutritivo. O cátion em falta pode ser substituído por outra espécie catiônica, mas esses cátions não conseguem substituir as suas funções fisiológicas, causando redução na produção.

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, utilizando como substrato um Latossolo Vermelho Escuro argiloso distrófico, de mata natural, ao qual foram adicionados KCl, CaCO_3 e MgCO_3 para que, após a

incubação por dois meses, fossem atingidos quatro níveis de saturações por bases (25, 50, 75 e 100), quatro relações Ca:Mg (1:4, 2:3, 3:2 e 4:1), sendo o potássio elevado em função da saturação por bases (0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 meq/100 cm³). O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado com 16 repetições, fazendo-se a análise do solo após a incubação e após a colheita das plantas.

Com base nos resultados, pode-se concluir que:

- A produção de matéria seca foi afetada pela V% de forma positiva e pela relação Ca:Mg de forma negativa;
A V% afetou a extração de Ca, que teve máximo entre 60 e 70% e a de Mg, com mínimo entre 70 e 80%;
- A extração de K foi crescente em função da V% e o teor de K na folha diagnóstica decresceu com o aumento da relação Ca:Mg do substrato;
- As relações entre os cátions foram crescentes a partir de 40 a 60% de saturação por bases;
- Os teores foliares e a extração de Ca tiveram máximos entre 3,1 e 3,4 e as de Mg apresentaram mínimos entre 3,2 e 3,6 de relação Ca:Mg do substrato;
- K/Mg e Ca/Mg na planta foram crescentes enquanto K/Ca e K/Ca/Mg decresceram, com pontos de inflexão entre 3,6 e 2,8 de relação Ca:Mg no substrato respectivamente;
- A folha mais próxima da espiga revelou-se adequada como órgão diagnóstico.

SOIL BASE SATURATION AND K, Ca AND Mg RELATIONS
ON MAIZE (*Zea mays*, L,) cv. PIRANÃO K NUTRITION

Author: QUIRINO AUGUSTO DE CAMARGO CARMELLO
Adviser: Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

SUMMARY

Cation uptake by plants depends on the concentration of cationic species in the solution and on the specific permeability of membranes to a particular cationic species. When expressed in the equivalent basis, the sum of the cation concentrations in the plant tissue is almost constant, even the individual concentrations in the solution is changed. Although a cation specie can be replaced by another, its physiological function may not be satisfied, and the plant production is not improved.

An experiment with corn grown on a Dark Red Latossol was conducted in a greenhouse. The treatements four levels of soil base saturations ($V = 25, 50, 75$ and 100%), four Ca:Mg ratios in the soil ($1:4, 2:3, 3:2$ and $4:1$) and four K saturations in the soil ($0.4, 0.6, 0.8$ and 1.0 meq/100 cm³). Analytical reagents (as CaCO₃, MgCO₃ and KCl) were added to the soil two months before planting. A randomized complete design with sixteen replications was used.

The results showed that:

- Plant dry matter production was positively related to V% and negatively related to Ca:Mg ratio;
- Soil base saturation influenced the Ca total uptake by the plants which showed maximum value at V= 60 to 70%;
- The total Mg uptake had a minimum value at V= 70 to 80%;
- Plant K total uptake increased as V% increased and the concentration in diagnostic leaves was inversely related to Ca:Mg ratio;
- Cation ratios in the plants increased as soil base saturation was greater than 40 to 60%;
- The concentration of Ca and Mg in the leaves had maximum value when the Ca:Mg ratio was 3.1 and 3.2 respectively. However, the maximum Ca and Mg total uptake were obtained at Ca:Mg ratios of 3.4 and 3.6, respectively;
- K/Mg and Ca/Mg plant ratios increased as Ca:Mg ratios in the soil increased up to 3.6;
- K/Ca and K/Ca/Mg plant ratios decreased as Ca:Mg ratios in the soil increased up to 2.8;
- The nearest leaf to the corn-ear would be considered adequate for mineral nutrition diagnostic purposes.

1. INTRODUÇÃO

A absorção de cátions pelas plantas não é um processo específico, dependendo principalmente da concentração das espécies catiônicas no meio nutritivo e em muitos casos da permeabilidade específica das membranas à uma espécie particular de cátion. Por esta razão, pode ocorrer competição não específica, entre as espécies catiônicas, pelas cargas negativas da célula.

Isto fica evidente, a partir das observações de que freqüentemente, a soma dos cátions na planta ou em um tecido da planta muda muito pouco, embora exista variação no nível individual dos cátions no meio nutritivo. O aumento no suprimento de uma espécie catiônica no meio nutritivo pode assim, diminuir o teor das outras espécies catiônicas na planta.

Um exemplo típico é o apresentado por Scharrer e Jung, 1955 citados por MENGEL & KIRKBY (1987), onde o aumento nas doses de Mg aplicadas à plantas de girassol, resultou no decréscimo dos teores de Na e Ca nas plantas e o correspondente aumento na concentração de Mg, mantendo desta forma, razoavelmente constante, a soma total dos cátions nas

plantas de todos os tratamentos. Neste experimento, os teores de K não foram afetados pela aplicação de Mg, entretanto isso é freqüentemente observado em outros trabalhos

O mesmo ocorre quando o teor de qualquer cátion macronutriente é ampliado. Portanto, a regra geral é, que o aumento no suprimento de uma espécie catiônica, resulta na diminuição dos teores das demais espécies catiônicas. Esta relação é chamada antagonismo catiônico, embora este não seja o sentido estrito do termo, o qual implica em que o efeito das duas espécies catiônicas seja mutuamente oposta.

A taxa de absorção, depende da concentração individual das espécies de cátions na solução nutritiva e também do mecanismo de absorção. O K que é absorvido rapidamente pela célula, quer por processo ativo, quer por difusão facilitada, compete fortemente na absorção de cátions. Na ausência de K, a absorção das outras espécies catiônicas da solução nutritiva é então muito ampliada, porque a competição na absorção é menos severa.

No experimento de Forster e Mengel, 1969 citados por MENGEL & KIRKBY (1987), plantas de cevada foram cultivadas em solução nutritiva completa e então algumas plantas tiveram o fornecimento de K suspenso por 8 dias. A interrupção no fornecimento de K resultou em uma queda

drástica do teor de K nas raízes e na parte aérea das plantas, enquanto o conteúdo de Ca, Mg e Na aumentou consideravelmente. O teor total dos quatro cátions não foi significativamente afetado pela interrupção no fornecimento de K.

Isto indica que a falta do K foi mais ou menos substituída por outras espécies catiónicas, mas esses cátions não conseguem substituir as funções fisiológicas do K e os dados de produção do experimento mostram que a interrupção no suprimento de K resultou em uma redução altamente significativa na produção de grãos.

A relação iônica acima descrita foi interpretada como um efeito de troca não específica e não como um processo de competição por um carregador, mas isso não implica em que mecanismos competitivos que envolvam um carregador não ocorram na absorção. Isso é geralmente aceito como válido, para espécies iônicas tais como K^+ e Rb^+ ou Ca^{++} e Sr^{++} , que competem pelo mesmo carregador, e em muitos casos tem uma distribuição na planta semelhante (Menzel e Heald, 1955 e Michael, 1959 citados por MENGEL & KIRKBY, 1987).

Dessa forma, torna-se importante o estudo do efeito que as diversas proporções entre K, Ca e Mg do substrato podem causar na nutrição potássica de uma cultura, principalmente com relação à saturação por bases.

Por isso este estudo foi proposto, utilizando como planta teste o milho (*Zea mays*, L.)cv. Piranão, considerado como bastante exigente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. POTÁSSIO NA PLANTA

O potássio constitui-se na espécie catiônica mais abundante no tecido vegetativo das plantas. MENGEL & KIRKBY (1987) afirmam que na seiva do floema ele pode perfazer isoladamente, 80% do total de cátions da planta. É absorvido na forma iônica K^+ , e na planta situa-se principalmente nas zonas de crescimento, tais como, folhas jovens e tecidos meristemáticos. Nos tecidos maduros e nas sementes, os teores são geralmente baixos.

No processo de absorção move-se diretamente do solo para os pontos de crescimento, sendo freqüentemente retranslocado das folhas mais velhas para aquelas mais jovens. Sua translocação é facilitada, pois cerca de 70% de seu teor total existente na planta, permanece na forma iônica. A razão pela qual o íon potássio é preferencialmente translocado para os tecidos mais jovens, não é ainda completamente conhecida, mas seu relacionamento com a síntese de proteínas, taxa de crescimento e suprimento de citoquinina tem sido admitido.

Segundo MILLER et alii (1986), a entrada de água nas células e nos tecidos é freqüentemente uma consequência da absorção ativa do K^+ . Nos tecidos jovens, o potássio é indispensável para a obtenção do turgor celular ótimo, o qual é requerido para a expansão da célula. A menor perda de água, determinada em plantas bem supridas em potássio, é uma consequência da redução da taxa de transpiração, promovida pela ação de controle deste cátion sobre a abertura e fechamento de estômatos. Tem sido proposto, que a energia do ATP pode ser usada para a ativação do acúmulo de K^+ e outros íons, e assim regular a perda de água.

O potássio está envolvido na síntese de carboidratos, proteínas e certos ácidos orgânicos; aceleração de certas ações enzimáticas; redução de nitratos os quais são fundamentais para a síntese de proteínas; elevação da atividade fotossintética em condições de baixa luminosidade; facilidade para transporte de carboidratos no interior da planta; divisão celular; regulação da absorção do nitrogênio pelas plantas e maior resistência das plantas às doenças. (MENGEL & KIRKBY, 1987)

Encontra-se pois, presente em todas as células vivas, mas não faz parte da estrutura celular e nem é encontrado em combinações orgânicas. MILLER et alii (1986), citando vários autores, afirmam que pelo menos 46

enzimas, nas plantas, animais e microrganismos, são ativadas pelo íon potássio e/ou outros cátions monovalentes. Assim, a necessidade de potássio em altas concentrações é, basicamente para a ativação enzimática das plantas, mas assume importante papel na absorção e transporte de nitratos e na incorporação de aminoácidos nas cadeias peptídicas.

O sintoma mais característico de deficiência de potássio na cultura do milho é tipicamente descrito, pelo aspecto de queimaduras da ponta e margens das folhas. Primeiramente, as bordas tornam-se amareladas, evoluindo em seguida para uma coloração parda e, posteriormente, assumem um aspecto de queimadura ou seja, uma coloração marrom-bronze. De maneira geral, os sintomas aparecem de forma mais acentuada nas folhas de primeira à quinta ordem acima do solo.

2.2. EQUILÍBRIO DO POTÁSSIO-CÁLCIO-MAGNÉSIO NO MEIO NUTRITIVO

A eficiência das plantas em obter quantidades suficientes de um íon nutriente, para o seu pleno desenvolvimento, não depende somente da concentração deste elemento, em forma disponível no meio nutritivo, mas também de certos fatores ambientais e fisiológicos da planta, que afetam sua absorção. Dentre os fatores ambientais, destacam-se o tipo de elemento, a concentração deste elemento em relação aos demais e também a presença de outros elementos.

Fisiologicamente, a espécie de planta, ou mesmo a variedade de uma mesma espécie de planta melhorada, apresenta características particulares de especificidade das membranas celulares para a difusão de íons e depende de relações diversas entre os elementos nutritivos necessários para o seu completo desenvolvimento. Um exemplo claro deste aspecto fisiológico é a grande variação existente na habilidade de certas linhas de milho híbrido em absorver Mg^{+} de um mesmo meio nutritivo.

FOY & BARBER (1958) revisando trabalhos pertinentes ao potencial das plantas em nutrirem-se com certas espécies catiônicas, observaram que as diferenças existentes entre espécies, variedades ou mesmo linhas de plantas melhoradas, são atribuídas generalizadamente, às propriedades químicas e fisiológicas das raízes.

BALIGAR & BARBER (1979) compararam genótipos de milho, quanto à habilidade em absorverem potássio, e concluíram que parte das variações desta propriedade das plantas era devida à morfologia do sistema radicular. Os genótipos com o sistema radicular mais longo por unidade de massa de raízes, eram os mais hábeis na absorção dessa espécie de cátion.

DRAKE et alii (1951) sugerem que a capacidade de troca de cátions das raízes é um parâmetro importante para a determinação da absorção seletiva de espécies catiônicas.

Em conformidade com a teoria de Donnan, a qual pode ser aplicada ao ambiente solo-raiz-planta, o tecido radicular da planta tendo maior capacidade de troca de cátions poderia acumular seletivamente, os cátions divalentes ao invés dos monovalentes.

Epstein, citado por FOY & BARBER (1958), determinou a capacidade de troca catiônica do tecido radicular de duas linhas de milho híbrido e encontrou uma diferença de 30% entre elas, ao que responsabilizou como a possível explicação pela diferença na acumulação de magnésio no tecido foliar destas duas plantas.

Entretanto, para FOY & BARBER (1958), a capacidade de troca de cátions total das raízes destas duas linhas de milho híbrido, não explica as diferenças nos teores de magnésio acumulados nas folhas. Apresentam, contudo, evidências de que a seletividade na absorção de espécies catiônicas exibida pelas plantas, é determinada pela natureza do protoplasma das células.

Assim, de acordo com esta teoria, o protoplasma contém vários tipos e quantidades de compostos orgânicos, chamados carregadores, os quais têm afinidades específicas com as diferentes espécies de cátions ou grupos catiônicos. Pela combinação com estes carregadores, as diversas espécies de cátions são presumivelmente, transportadas dos sítios de troca para o estado de acumulação

ativa no interior do protoplasma e/ou vacúolos das células.

MCLEAN & BAKER (1953) enfatizam a importância das energias de ligação entre a superfície radicular e as espécies catiônicas, como fatores determinantes das diferentes potencialidades entre as plantas na absorção seletiva de cátions.

MENGEL & KIRKBY (1987) explicam que a produção de equivalentes aniônicos pelas células das plantas, atrai muitas espécies de cátions que são assim, absorvidas passivamente. Deste modo, a absorção de cátions é um processo mais ou menos não específico, dependendo principalmente, da concentração das espécies de cátions existentes no meio nutritivo e, em alguns casos, da permeabilidade específica das membranas celulares à espécies particulares de cátions.

Por esta razão, a competição não específica entre espécies de cátions, como forma de neutralização das cargas negativas das células, é possível de ocorrer. Este fenômeno é evidenciado pelas freqüentes observações de que a soma total de cátions na planta é pouco variável em função das alterações nos níveis individuais dos cátions no meio nutritivo. Assim, aumentos na concentração de qualquer cátion nutriente do meio nutritivo, eleva o teor deste cátion na planta, e deprime conseqüentemente, o teor dos outros, de modo que a soma total de cátions no tecido vegetal se

mantenha praticamente constante. É pois regra geral, que aumentos no suprimento de uma determinada espécie catiônica nutriente, resultam na redução das concentrações de outras espécies de cátions.

Muito embora, as diferentes espécies de cátions possuam a habilidade de substituírem-se entre si e manterem inalterada a soma total de cátions na planta, suas funções fisiológicas não são substituíveis. PIERRE & BOWER (1943) afirmam que portanto, a presença de uma espécie de cátion em alta concentração no meio nutritivo, resulta normalmente, em depressões de produtividade da planta. Este efeito, aparentemente tóxico da espécie de cátion em excesso, na realidade pode ser superado pela elevação da concentração das outras espécies de cátions, o que resulta conseqüentemente, num melhor balanço catiônico no meio nutritivo.

Embora nenhuma explicação inteiramente satisfatória tenha sido dada para este relacionamento entre cátion e planta, MENGEL & KIRKBY (1987) o definem como competição entre íons do tipo antagonismo de cátions.

O conhecimento fisiológico para elucidar este fenômeno, de que o aumento da concentração de uma espécie de cátion no meio nutritivo eleva o teor deste no tecido vegetal e deprime o teor de outros, não é totalmente suficiente. A explicação dada em termos de competição pelo carregador não

parece ser verdadeira, pois se assim fosse, os tres cátions principais, K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , competiriam pelos mesmos sítios de ligação do carregador, o que é de difícil compreensão, uma vez que existem diferenças de tamanho e estrutura destes íons.

Não há dúvidas de que existe uma forte interação entre estas tres espécies de cátions no processo de absorção desenvolvido pelas plantas. Segundo PIERRE & BOWER (1943), a habilidade de substituir-se ou competir destes cátions obedece à ordem $K^+ > Mg^{++} > Ca^{++}$ e esta sequência é muito mais uma função do relacionamento entre suas características físicas de tamanho e estrutura, do que qualquer outra, tal como valência. Isto posto, fica evidente que a natureza da espécie catiônica tem um marcado efeito sobre a concentração requerida destes cátions, para deprimir a absorção dos outros cátions pelas plantas.

Para MENGEL & KIRKBY (1987) entretanto, os equivalentes aniônicos produzidos pelas células, ao atraírem cátions não especificamente, são neutralizados primeiramente, pelas espécies de cátions mais rapidamente absorvidos, o que reduz a atração eletrostática para outros cátions. Porém, a taxa de absorção depende da concentração das espécies individuais de cátions no meio nutritivo e também do mecanismo de absorção.

O potássio, que é absorvido ativamente, ou

pelo menos pode entrar na célula pela facilidade de difusão, é favorecido em comparação com outras espécies de cátions. É pois essa, a razão segundo aqueles autores, por que o íon potássio compete tão fortemente na absorção de cátions. Assim, a maior absorção de outras espécies de cátions, de um meio desprovido de potássio, é devido à falta da competição promovida pelo K^+ .

Do exposto pode-se inferir que a concentração relativa dos diferentes cátions nutrientes no meio nutritivo, constitui-se no principal fator condicionante das quantidades destas espécies químicas absorvidas pelas plantas e de suas relações presentes nos tecidos vegetais.

KEY et alii (1962), estudando a relação Ca:Mg no meio nutritivo, encontraram que os rendimentos da cultura do milho não são afetados por qualquer relação destes cátions na faixa de variação entre 50:1 e 1:1, e nem pela CTC do meio, desde que estas espécies catiônicas estejam presentes em quantidades adequadas para as exigências das plantas. Entretanto, quando a concentração de magnésio excede à de cálcio, isto é, quando a relação passa a ser menor que um, os rendimentos caem bruscamente e as plantas exibem nítidos sintomas de deficiência de cálcio.

ROSOLEM et alii (1984), trabalhando com sorgo sacarino, também não encontraram influência desta relação catiônica (Ca:Mg) maior do que um, sobre a produção de

matéria seca. Entretanto, concluíram que as relações Ca:K e Mg:K, quando inferiores a 7,4 e 0,60, respectivamente, deprimiram a produtividade, em função das menores absorções de cálcio e magnésio.

LOUÉ (1963) determinou que a absorção de K^+ , pela cultura do milho, depende diretamente de sua concentração e, indiretamente das concentrações de Ca^{++} e de Mg^{++} , ou seja, a quantidade de K^+ disponível para a planta é uma função do quociente da atividade do K^+ pela raiz quadrada da soma das atividades dos cátions Ca^{++} e Mg^{++} . Desta expressão matemática, é possível deduzir que quando esta relação é muito baixa no substrato, em geral ocorre menor absorção de potássio e maior absorção de cálcio e magnésio.

Contudo, segundo afirma MIELNICZUK (1984), a solução deste problema está na adição de potássio ao meio, de modo que a relação catiônica acima citada, se eleve e restabeleça o equilíbrio desejável para a otimização da absorção. Assim, citando vários autores, conclui que a disponibilidade de uma determinada espécie catiônica para as plantas, é muito melhor prevista pela relação de cátions no meio do que pela simples concentração dessa espécie.

2.3. EQUILÍBRIO DO POTÁSSIO-CÁLCIO-MAGNÉSIO NO TECIDO FOLIAR

Os estudos sobre a nutrição catiônica da

cultura do milho apontam algumas controvérsias quanto aos níveis de potássio, cálcio e magnésio no tecido foliar propícios à maximização dos rendimentos. Isto é naturalmente esperado, em vista das diferenças de potencialidade na absorção e acúmulo de cátions no tecido foliar, existente entre variedades dessa cultura, conforme já foi abordado no item anterior.

SHEAR et alii (1946) afirmam que, mantidos todos os fatores constantes, o desenvolvimento de uma planta é função da intensidade nutricional e do balanço de nutrientes, que são refletidos na composição das folhas dessa planta. Assim, o desenvolvimento máximo e a maior produtividade ocorrem somente sob a coincidência da ótima intensidade e do perfeito balanço nutricional. Por esta razão, considera-se que a composição das folhas de uma planta representa uma medida de todos os fatores ambientais, internos e externos à planta, que influem no acúmulo de nutrientes na planta.

LOUÉ (1962), trabalhando com diagnose foliar, desenvolveu vários ensaios voltados à nutrição catiônica da cultura do milho, cujos resultados tornaram-se clássicos, sendo a partir de então, citados em muitas publicações concernentes a este tema. Na observação desse trabalho, percebe-se que a partir de 1,90% de concentração de potássio na primeira folha abaixo da espiga superior da planta de

milho (folha diagnóstica), não há mais resposta à adubação potássica, ou relação com a produtividade.

Tyner, citado por PECK et alii (1969) e por LOUÉ (1962, 1963, 1984), encontrou uma correlação altamente significativa entre produtividade de grãos e os teores de potássio no tecido foliar da planta de milho, propondo como concentração crítica desse elemento o teor de 1,30% na sexta folha, no estágio do florescimento. Frizou contudo, que este teor poderia ser alterado, uma vez que não encontrou nenhum sinal da existência de um ponto a partir do qual, a tendência linear da regressão entre os rendimentos e os teores de potássio desaparecesse. O nível crítico a que se refere Tyner é definido como a concentração de nutriente no tecido foliar, acima da qual, há uma baixa probabilidade de resposta.

Nos numerosos ensaios de LOUÉ (1962), percebe-se que a relação entre a produtividade e os teores de potássio no tecido foliar não é linear, como sugeriu Tyner, mas curvilínea assintótica. Este comportamento é claramente visualizado na Figura 1, onde analisando-se a curva, nota-se que na região situada entre os teores 0,4 e 1,0% de potássio no tecido foliar, há uma alta correlação, e para cada 0.1% de aumento na concentração, o rendimento cresce cerca de 300 Kg/ha. Na região compreendida entre 1,0 e 1,6%, a correlação ainda é nítida, mas para cada aumento de 0.1% no

teor de potássio, a produtividade sobe 150 Kg/ha. Na região acima de 1,6-1,7%, ocorre uma alta dispersão dos dados, o que determina esta concentração como o nível crítico de potássio no tecido foliar do milho, uma vez que além deste ponto, não há mais uma relação nítida entre rendimento de grãos e teor desse elemento nas folhas da planta.

Figura 1. Relação entre os rendimentos de grãos da cultura do milho (15% de umidade) e o teor de potássio no tecido foliar, no estágio da floração. (LOUÉ, 1984).

O teor 1,30% de potássio proposto por Tyner como nível crítico, está com certeza, abaixo do determinado por LOUÉ (1962), mas a provável razão desta divergência reside no fato de Tyner ter utilizado a sexta folha, isto é, a segunda abaixo da espiga superior, mais velha portanto, que

aquela utilizada por LOUÉ (1962), que foi a primeira abaixo da espiga superior.

LOUÉ (1984) admite que é muito difícil fixar-se um teor exato que possa ser considerado como um nível crítico para o potássio, visto que trata-se de uma espécie catiônica de absorção preferencial, que guarda o princípio geral de que, além de um certo nível qualquer cálculo sobre a relação rendimento e concentração de potássio no tecido foliar é ilusório. Recomenda assim, que seria mais conveniente fixar-se uma faixa crítica de 1,7% a 2,0% por exemplo.

Quando o teor de potássio ultrapassar a 2,0%, o consumo adicional deste elemento não se traduz em forma de produção, mas pode afetar o equilíbrio dos tres principais cátions nutrientes: potássio, cálcio e magnésio. Sugere ainda LOUÉ (1984), que esta faixa crítica pode depender do suprimento de água e que, para produtividades acima de 8000 Kg/ha de grãos, os níveis de potássio podem situar-se entre 1,8% e 2,0% ou mesmo 1,9 a 2,0%.

Com referência ao cálcio e magnésio, LOUÉ (1962, 1963) citando trabalhos de vários autores e utilizando resultados de seus próprios ensaios, deixa bastante claro que os níveis destas espécies catiônicas no tecido foliar do milho, é dependente de suas concentrações no meio nutritivo e apresenta forte relação com o potássio. É citado

que há uma correlação negativa e altamente significativa entre os teores de potássio e aqueles de cálcio e magnésio, ou seja, adições de potássio no meio nutritivo traz como consequências a elevação dos níveis deste elemento no tecido foliar, em detrimento dos teores de cálcio e magnésio. Não raramente, deficiências de cálcio e magnésio podem ser induzidas por excesso de adubações potássicas.

Essa forte interação entre os cátions potássio cálcio e magnésio no tecido foliar da cultura do milho, é claramente ilustrada pela Figura 2, obtida por LOUÉ (1962). Considerando-se as tangentes às curvas, percebe-se que a região dos déficits de potássio corresponde ao antagonismo entre o potássio e o magnésio. A região dos níveis elevados de potássio corresponde ao antagonismo entre o potássio e o cálcio e a região central ou intermediária corresponde à uma correlação positiva e altamente significativa entre cálcio e magnésio, que diminuem à medida que aumenta o teor de potássio.

É notória também a dificuldade que se encontra ao se promover uma deficiência grave de magnésio no milho, através de adubações potássicas, uma vez que o teor de magnésio na sexta folha, ao qual se associa o aparecimento de sintomas nítidos de deficiência é, de 0,06% e à medida que aumenta a concentração de potássio, os teores de magnésio diminuem segundo intervalos decrescentes. O inverso é observado com o cálcio, onde a queda é acentuada. Assim,

supõe-se que o potássio e o magnésio são os principais elementos responsáveis pelo equilíbrio iônico das células foliares da planta do milho.

Figura 2. Evolução dos teores de cálcio e de magnésio em função do teor de potássio no tecido foliar da cultura do milho. (LOUÉ, 1984).

Em função da variação da soma dos tres principais cátions nutrientes: potássio, cálcio e magnésio presentes no tecido foliar do milho, ser relativamente pequena, o que fica claro observando-se a Figura 2, e que também já havia sido relatado por THOMAS & MACK (1939), tornou-se possível o estudo da qualidade da nutrição catiônica desta cultura, através das variações porcentuais de potássio, cálcio e magnésio dentro de uma soma de cátions constante e igual a 100 meq/100g de matéria seca.

Assim, conclue LOUÉ (1963) que a nutrição ótima parece corresponder a equilíbrios entre potássio,

cálcio e magnésio entre 60:28:12 e 68:22:10 meq/100g de matéria seca. Esses valores, expressos em porcentagem de potássio, cálcio e magnésio no tecido foliar do milho correspondem respectivamente a 2,34:0,56:0,15 e 2,66:0,44:0,12.

ANDRADE et alii (1977), estudando a concentração de nutrientes na lâmina da segunda folha abaixo da espiga, para cinco cultivares de milho brasileiros, encontraram para o potássio uma variação entre 2,15 e 2,66%, para cálcio entre 0,39 e 0,44% e para magnésio entre 0,20 e 0,22%, situando-se as médias em 2,40% - 0,41% - 0,21% respectivamente para potássio, cálcio e magnésio. A soma destes tres cátions variou de 95 a 106 meq/100g de matéria seca.

Comparando-se esses resultados obtidos por ANDRADE et alii (1977) com aqueles estabelecidos por LOUÉ (1963), percebe-se que, praticamente não há diferenças entre os valores que definem a faixa de equilíbrio catiônico adequada para a maximização de rendimentos da cultura do milho, do ponto de vista da planta.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E SOLO UTILIZADO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" em Piracicaba.

Para a condução do experimento, utilizou-se como substrato, frações de um lote de terra colhido em uma área de mata natural de uma propriedade da Usina Modelo, situada na estrada Piracicaba - Limeira, cujo solo foi classificado pela Equipe de Levantamento de Solo da COPERSUCAR e mapeado como sendo um Latossolo Vermelho Escuro argiloso distrófico.

A terra foi coletada da camada de 0-30 cm, de profundidade, descartando-se a camada de serrapilheira existente na superfície. Depois de seca ao ar, ela foi destorroada mecânicamente e passada por peneira de 2mm de malha.

3.2 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SUBSTRATO

As análises químicas para caracterização do

lote de terra coletado foram feitas segundo a metodologia de RAIJ E QUAGGIO (1983), preconizada pelo Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo para este estado, com determinações de: a) fósforo disponível extraído por resina trocadora de ânions e dosagem através do método de MURPHY & RILEY (1962); b) matéria orgânica segundo o método de QUAGGIO & RAIJ (1979); c) pH em solução centimolar de CaCl_2 , utilizando-se relação solo : solução de 1 : 2,5; d) potássio trocável, extraído por resina trocadora de cátions e determinado utilizando-se fotômetro de chama; e) cálcio e magnésio trocáveis, extraídos juntamente com o potássio e determinados separadamente, utilizando-se espectrofotômetro de absorção atômica; f) acidez titulável ($\text{H}^+ + \text{Al}$), utilizando-se o tampão SMP de SHOEMAKER et alii (1961) aplicado à suspensão de determinação do pH em CaCl_2 na proporção de 5ml por amostra; g) alumínio trocável (Al^{+++}), extraído com KCl 1N e determinado por volumetria, segundo a metodologia descrita por RAIJ E ZULLO (1977).

A soma de bases (S), a CTC (T), a saturação por bases (V%) e a saturação em alumínio (m%), foram calculados a partir dos resultados analíticos. Os resultados das análises químicas e dos valores calculados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química da amostra de terra utilizada

meq/100 cm ³ T.F.S.A.						
K	Ca	Mg	H+Al	Al	S	T
0,38	1,04	0,53	10,35	1,50	1,95	12,30
=====						
ppm	pH		%			
P	CaCl ₂		M.O.		V	m
9,4	4,00		6,35		15,90	43,50
=====						
ppm						
Cu		Fe		Mn		Zn
1,14		45,65		14,69		1,34

3.3. TRATAMENTOS

Em função dos resultados de saturação em bases e dos teores de K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , instalou-se os tratamentos, pela adição de potássio, cálcio e magnésio, como: KCl, $CaCO_3$ e $MgCO_3$, todos puros para análise (p.a.), em quantidades calculadas para se obter os quatro níveis de saturação e as quatro relações Ca:Mg pretendidas para a execução do ensaio. Os níveis e relações pretendidos bem como as quantidades adicionadas dos sais, encontram-se na Tabela 2.

A adição de KCl para elevar o teor de K^+ nas saturações mais altas teve a intenção de evitar que as plantas apresentassem sintomas de deficiência nesses níveis.

Tabela 2. Tratamentos e doses de sais adicionados.

Tratamentos	meq K/ V% Ca:Mg 100 cm ³	g KCl/vaso	g CaCO ₃ /vaso	g MgCO ₃ /vaso
25 1:4	0,4	0	0,986	3,274
25 2:3	0,4	0	1,972	2,456
25 3:2	0,4	0	2,958	1,637
25 4:1	0,4	0	3,945	0,819
50 1:4	0,6	0,522	2,042	6,780
50 2:3	0,6	0,522	4,085	5,085
50 3:2	0,6	0,522	6,127	3,390
50 4:1	0,6	0,522	8,169	1,695
75 1:4	0,8	1,043	3,168	10,302
75 2:3	0,8	1,043	6,337	7,726
75 3:2	0,8	1,043	9,505	5,151
75 4:1	0,8	1,043	12,394	2,575
100 1:4	1,0	1,565	4,155	13,793
100 2:3	1,0	1,565	8,309	10,345
100 3:2	1,0	1,565	12,464	6,897
100 4:1	1,0	1,565	16,618	3,448

3.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com um esquema fatorial 4², com quatro níveis de saturação por bases (25, 50, 75 e 100) e quatro relações molares de Ca:Mg (1:4, 2:3, 3:2 e 4:1), dando um total de 16 tratamentos que com 16 repetições perfazem 256 vasos.

A análise estatística dos resultados foi feita segundo PIMENTEL GOMES (1973), utilizando o pacote estatístico SANEST, aplicando-se o teste F, segundo o seguinte quadro de análise de variância:

Causas de variação	G.L.
Saturação por bases	3
Relação Ca:Mg	3
Interação V% x Ca:Mg	9
Resíduo	240
Total	255

Quando o teste F revelou-se significativo para uma determinada causa de variação, efetuou-se o desdobramento dessa causa para as regressões linear, quadrática e cúbica, utilizando-se o teste F e o coeficiente de determinação para escolher a regressão que melhor explicava a distribuição dos resultados.

3.5. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Inicialmente, determinou-se a capacidade de retenção de água da amostra do solo escolhido para o experimento, determinando-se a quantidade de água necessária para que 500 cm³ de terra atinjam o "limite de liquidez", e obteve-se 210ml.

Como 60% desse valor é considerado como sendo a quantidade de água necessária para que se atinja a Capacidade de Campo, obteve-se que em 500 cm³ de terra, deve-se adicionar 126 ml de água, ou seja, para os 3.500 cm³ de terra dos vasos, deve-se adicionar-se 882 ml de água para que os vasos estejam na Capacidade de Campo.

Após a pesagem dos sais, efetuou-se a mistura

dos mesmos à terra contida nos sacos, de forma a ter-se um material bem homogêneo. A seguir, iniciou-se a incubação do solo mais saís, com a adição de 800 ml de água a cada vaso.

Pesando-se o conjunto terra mais saís, saco plástico e água, tornou-se possível que a cada 10 dias completasse-se o peso inicial, em geral com a adição de no máximo 350 ml de água.

Após dois meses de incubação, secou-se a terra ao sol, até que se atingisse umidade constante. Misturou-se novamente o conteúdo dos sacos plásticos e retirou-se uma amostra de cada, de forma a se poder caracterizar quimicamente, utilizando-se os métodos descritos no item 3.2., cada repetição dos tratamentos.

Um dia antes do plantio, adicionou-se ao conteúdo dos sacos plásticos, 800 ml de água, para que no plantio a terra estivesse na Capacidade de Campo. Aplicou-se então, a cada vaso, 4 ml de uma solução molar de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ e 5 ml de uma solução molar de NH_4NO_3 , de forma a adicionar-se 35,4 μg de P e 56 μg de N por cm^3 de terra, afim de evitar-se deficiências desses nutrientes.

No dia seguinte, efetuou-se a semeadura de 5 sementes de milho cv. Piranão por vaso, sendo que dois dias após ocorreu o início da germinação. Aos dez dias do plantio, efetuou-se o desbaste, de forma a que ficassem somente 3 plantas por vaso. A frequência de umedecimento

dos vasos foi a intervalos de dois dias no início e diário no final do ensaio, seguindo o regime apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Regime de rega do ensaio.

dias após a germinação	ml de água além do peso inicial
0 - 20	0
21 - 44	100
45 - 59	300
60 - 69	500
70 - 86	700

Sessenta dias após a germinação, adicionou-se a cada vaso 3 ml de solução molar de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ e 2 ml de solução molar de NH_4NO_3 , aplicando-se assim 26,6 μg de P e 28 μg de N por cm^3 de terra, para garantir nutrição adequada desses nutrientes.

O início do pendoamento ocorreu 65 dias após a germinação e o início da formação das espigas foi aos 75 e a colheita aos 86 dias.

Na colheita, separou-se as plantas em duas partes, a saber: folha diagnóstica (primeira abaixo da espiga superior) e o restante da planta. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a $70-80^\circ\text{C}$ por 48 horas, quando foram pesadas e moidas em moinho do tipo Wiley com peneira de 2mm de malha.

3.6. ANÁLISE QUÍMICA DAS PLANTAS

Para a determinação dos teores totais dos nutrientes presentes no material vegetal seco, utilizou-se a metodologia apresentada por SARRUGE & HAAG (1974), fazendo-se a digestão nítrico-perclórica de 1 g de matéria seca e completando-se o volume a 50 ml, para a determinação de: a) fósforo total, por colorimetria de molibdato-vanadato; b) potássio, por fotometria de chama; c) cálcio e magnésio, por espectrofotometria de absorção atômica; d) enxofre, por método indireto, que utiliza cloreto de Ba e determinação por espectrofotometria de absorção atômica; e) cobre, ferro, manganês e zinco, por espectrofotometria de absorção atômica.

A determinação do nitrogênio foi feita utilizando-se a digestão sulfúrica de 100 mg de matéria seca, com destilação em aparelho de Kjeldhal e titulação com H_2SO_4 0,01 N. Não se efetuou as determinações de boro e molibdênio das amostras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE DO SUBSTRATO ANTES DO PLANTIO

Os valores médios dos resultados analíticos das amostras de terra dos diversos tratamentos, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados analíticos das amostras de terra após a incubação por 60 dias com os diversos tratamentos, média de 16 repetições.

Tratamentos V%	Ca:Mg	P ppm	M.O. %	pH	K -----	Ca meq/100	Mg ₃ cm ³	H+Al -----
25	1:4	7,98	5,54	4,34	0,31	2,71	2,48	6,83
25	2:3	7,52	5,49	4,35	0,28	3,06	1,89	6,44
25	3:2	7,66	5,58	4,39	0,31	3,54	1,63	7,06
25	4:1	7,59	5,40	4,45	0,29	4,04	1,30	6,26
50	1:4	7,56	5,44	5,25	0,44	3,81	4,13	3,85
50	2:3	7,90	5,33	5,03	0,39	4,07	2,63	4,35
50	3:2	7,68	5,41	5,06	0,44	4,70	2,48	4,10
50	4:1	8,31	5,12	5,17	0,44	6,11	1,97	3,90
75	1:4	9,87	5,05	5,77	0,64	4,33	5,77	2,74
75	2:3	9,66	5,28	5,72	0,68	5,86	4,59	2,67
75	3:2	9,39	5,27	5,83	0,58	6,98	3,17	2,58
75	4:1	9,74	5,36	5,79	0,58	8,00	2,49	2,41
100	1:4	10,10	4,91	6,00	0,75	4,88	6,58	2,16
100	2:3	10,43	4,90	6,18	0,70	6,57	5,09	2,02
100	3:2	10,69	4,74	6,38	0,74	9,07	3,32	1,81
100	4:1	10,69	4,89	6,28	0,80	10,46	2,73	1,82
média geral		8,92	5,23	5,37	0,52	5,51	3,27	3,81
CV (%)		19,96	8,12	4,29	29,04	30,48	29,01	17,88

Na tabela 4 podemos observar que a concentração de P e o pH aumentaram com a elevação da saturação por bases, durante a incubação, enquanto a M.O.e o H+Al diminuíram. Seus valores praticamente não foram afetados pela relação Ca:Mg. As concentrações de K, Ca e Mg aumentaram com os tratamentos, embora não atingissem os valores desejados nas maiores saturações.

Tabela 5. Cálculos a partir dos resultados analíticos das amostras de terra após a incubação por 60 dias com os diversos tratamentos, média de 16 repetições.

Tratamento	S V%	Ca:Mg	T meq/100cm ³	V %	Relações				
					K/Ca	K/Mg	Ca/Mg	K/Ca+Mg	K/Ca/Mg
25	1:4	5,49	12,32	44,59	0,12	0,13	1,19	0,06	0,30
25	2:3	5,23	11,67	44,73	0,09	0,15	1,71	0,06	0,18
25	3:2	5,49	12,54	43,76	0,09	0,20	2,22	0,06	0,15
25	4:1	5,63	11,89	47,43	0,07	0,23	3,02	0,05	0,10
50	1:4	8,38	12,23	68,37	0,12	0,12	1,07	0,06	0,51
50	2:3	7,09	11,44	61,86	0,10	0,17	1,80	0,06	0,27
50	3:2	7,62	11,72	64,59	0,10	0,19	2,05	0,06	0,24
50	4:1	8,51	12,41	68,14	0,08	0,24	3,40	0,05	0,15
75	1:4	10,75	13,50	79,52	0,16	0,12	0,88	0,06	0,97
75	2:3	11,14	13,81	80,49	0,12	0,15	1,38	0,07	0,57
75	3:2	10,73	13,31	80,46	0,09	0,18	2,25	0,06	0,27
75	4:1	11,07	13,48	80,69	0,08	0,25	3,52	0,06	0,20
100	1:4	12,21	14,37	84,81	0,17	0,12	0,89	0,07	1,14
100	2:3	12,36	14,37	85,52	0,12	0,14	1,34	0,06	0,61
100	3:2	13,13	14,93	87,44	0,09	0,23	2,97	0,06	0,29
100	4:1	14,00	15,82	87,84	0,08	0,32	4,01	0,06	0,24
média		9,30	13,11	69,39	0,11	0,18	2,12	0,06	0,39
CV (%)		19,78	14,38	7,01	34,14	40,21	43,17	26,27	68,40

Observando-se a Tabela 5, podemos ver que a CTC permaneceu praticamente constante após a incubação enquanto a saturação por bases aumentou, embora não atingisse os valores pretendidos para 100%. Quanto às relações,

K/Ca, K/Mg e K/Ca+Mg, permaneceram praticamente constantes em função da saturação por bases, variando em função da relação Ca:Mg. A relação Ca:Mg dos diversos tratamentos elevou-se, embora não atingisse os valores pretendidos, ficando abaixo de um só nos tratamentos 1:4 das saturações 75 e 100%. Já K/Ca/Mg aumentou com a saturação e diminuiu em função de Ca/Mg.

4.2. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES

A produção de matéria seca, a extração de macro e micronutrientes e as relações aparecem nas Tabelas 6 e 7

Tabela 6. Produção de matéria seca e extração de macronutrientes por plantas inteiras de milho cv. Piranão, após 86 dias de cultivo sob as condições dos tratamentos, média de 16 repetições.

Tratamentos V%	Ca:Mg	Mat.seca g	N	P	K	Ca	Mg	S
			----- mg -----					
25	1:4	53,48	732	47	246	125	283	73
25	2:3	41,78	553	35	214	116	179	51
25	3:2	46,84	573	36	256	173	191	56
25	4:1	43,17	628	38	241	195	173	63
50	1:4	55,51	780	53	519	142	402	73
50	2:3	56,09	875	55	484	203	388	72
50	3:2	51,91	707	49	444	268	328	101
50	4:1	47,23	621	39	385	219	244	69
75	1:4	58,08	824	57	528	111	442	124
75	2:3	64,39	955	54	584	181	438	102
75	3:2	50,17	725	48	442	197	304	91
75	4:1	57,81	863	53	491	242	281	113
100	1:4	63,18	999	84	765	121	348	73
100	2:3	61,23	942	59	805	147	382	91
100	3:2	59,35	874	59	764	192	276	68
100	4:1	58,45	901	53	781	234	244	53
média geral		54,29	785	51	497	179	309	80
CV (%)		24,55	35,56	68,11	33,02	37,94	32,97	66,34

Na tabela 6, observamos uma ligeira tendência de redução na produção de matéria seca dos tratamentos quando se aumentou a relação entre Ca e Mg; e de aumento, com a ampliação do valor da saturação por bases. As extrações de N e P permaneceram praticamente constantes nas relações e aumentaram com a saturação. Já as de K, Ca e Mg, foram afetadas pelos tratamentos, diminuindo o K com o aumento da relação Ca:Mg e aumentando com a saturação, como se pretendia; aumentando o Ca e diminuindo o Mg com o aumento da relação Ca:Mg e variando em função da saturação por bases.

Tabela 7. Extração de micronutrientes e relações entre K, Ca e Mg, por plantas inteiras de milho cv. Piranão, após 86 dias de cultivo sob as condições dos tratamentos, média de 16 repetições.

Tratamento	Cu	Fe	Mn	Zn	Relações					
V% Ca:Mg	-----	μg	-----	-----	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg	K/Ca+Mg	K/Ca/Mg	-----
25	1:4	4472	5646	8843	1193	1,91	0,90	56,7	0,60	4,88
25	2:3	4734	9035	7654	943	2,05	1,34	62,1	0,79	3,76
25	3:2	1760	7111	8833	599	1,46	1,31	108,3	0,68	2,36
25	4:1	4775	6580	8605	947	1,34	1,57	153,7	0,71	1,72
50	1:4	308	6959	6902	841	3,77	1,33	38,4	0,97	15,12
50	2:3	354	5838	7376	787	2,74	1,41	81,1	0,92	6,74
50	3:2	444	5131	7440	855	1,96	1,49	110,0	0,83	4,78
50	4:1	90	3492	5621	577	1,90	1,74	124,3	0,88	3,75
75	1:4	157	4678	4705	730	4,96	1,19	19,7	0,96	28,63
75	2:3	518	6054	4799	998	3,38	1,34	43,6	0,95	15,92
75	3:2	548	5765	4728	785	2,26	1,61	64,3	0,92	7,01
75	4:1	460	5717	4476	622	2,10	2,00	106,1	1,00	5,34
100	1:4	369	8203	2970	826	7,89	2,13	21,0	1,58	52,14
100	2:3	356	10419	3131	861	6,55	2,26	29,4	1,63	33,02
100	3:2	1141	7744	2289	687	4,41	2,96	62,4	1,71	14,96
100	4:1	386	8291	2692	840	3,87	3,28	93,2	1,66	9,81
média		1305	6666	5691	881	3,28	1,74	73,4	1,05	13,12
CV (%)		325,5	91,61	38,2	63,4	51,4	37,9	46,79	34,86	71,21

O aumento da saturação por bases diminuiu a extração de Mn. Os demais micronutrientes permaneceram relativamente constantes. A relação entre o Ca e o Mg do meio, afetou as relações entre os cátions absorvidos, sendo que K/Ca, K/Ca+Mg e K/Ca/Mg diminuíram com o aumento da relação, enquanto K/Mg e Ca/Mg aumentaram. A elevação da saturação por bases promoveu aumentos nos valores das relações entre os cátions dentro da planta, mas não afetou o tipo de resposta das plantas em função da relação Ca:Mg do meio.

Tabela 8. Teores de nutrientes encontrados na primeira folha abaixo da espiga superior (folha diagnóstica), segundo os tratamentos, 86 dias após a germinação, em plantas de milho cv. Piranão, média de 16 repetições.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
V% Ca:Mg	-----	-----	%	-----	-----	-----	-----	ppm	-----	-----
25 1:4	1,43	0,11	0,53	0,32	0,55	0,17	5	151	283	9
25 2:3	1,59	0,12	0,54	0,42	0,59	0,14	6	186	263	12
25 3:2	1,70	0,11	0,66	0,47	0,53	0,16	145	170	281	21
25 4:1	1,72	0,11	0,88	0,46	0,51	0,13	177	154	256	31
50 1:4	1,62	0,12	1,59	0,49	0,65	0,17	14	143	143	11
50 2:3	1,82	0,11	1,25	0,47	0,69	0,08	3	135	161	13
50 3:2	1,57	0,10	1,26	0,47	0,65	0,11	2	162	190	13
50 4:1	1,71	0,11	0,79	0,50	0,85	0,26	4	90	164	19
75 1:4	1,61	0,10	0,79	0,39	0,61	0,31	2	151	115	10
75 2:3	1,89	0,11	1,27	0,38	0,72	0,31	2	181	81	15
75 3:2	2,01	0,13	0,94	0,39	0,69	0,14	5	146	92	13
75 4:1	1,93	0,10	0,98	0,36	0,68	0,15	19	119	101	14
100 1:4	1,76	0,12	1,55	0,28	0,57	0,17	10	165	47	13
100 2:3	1,95	0,10	1,69	0,31	0,58	0,19	2	104	49	13
100 3:2	1,82	0,10	1,73	0,37	0,56	0,14	5	213	49	15
100 4:1	1,51	0,10	1,38	0,34	0,52	0,06	17	122	41	8
média	1,73	0,11	1,11	0,40	0,62	0,17	26	150	145	14
CV (%)	21,7	22,9	27,6	34,3	30,4	49,4	264	67	32	53

4.3. CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NOS ÓRGÃOS COLHIDOS

Na Tabela 8 apresentamos os teores de nutrientes presentes na matéria seca da folha diagnóstica, as quais apresentaram pequenas variações em função dos tratamentos, exceto o K, Ca e Mg que aumentam ou diminuem em função dos tratamentos.

Nas tabelas 9 e 10 aparecem os teores de nutrientes na planta após a retirada da folha diagnóstica e a média ponderada que corresponde à planta inteira, respectivamente.

Tabela 9. Teores de nutrientes encontrados na planta, depois que a folha diagnóstica foi retirada, segundo os tratamentos, 86 dias após a germinação, em plantas de milho cv. Piranão, média de 16 repetições.

V% Ca:Mg		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
		%				ppm					
25	1:4	1,56	0,09	0,40	0,25	0,42	0,12	4	181	181	10
25	2:3	1,47	0,09	0,48	0,34	0,48	0,15	5	209	179	14
25	3:2	1,24	0,09	0,55	0,41	0,43	0,13	159	188	206	27
25	4:1	1,27	0,08	0,70	0,35	0,45	0,11	182	176	181	34
50	1:4	1,18	0,09	0,95	0,36	0,59	0,14	16	122	105	11
50	2:3	1,49	0,10	0,98	0,35	0,61	0,09	2	106	123	14
50	3:2	1,22	0,08	0,93	0,45	0,63	0,11	2	142	153	13
50	4:1	1,63	0,10	0,66	0,41	0,69	0,24	3	93	134	19
75	1:4	1,24	0,07	0,74	0,36	0,62	0,30	3	139	95	11
75	2:3	1,40	0,10	1,07	0,33	0,67	0,24	1	91	74	14
75	3:2	1,66	0,10	0,88	0,31	0,62	0,10	10	105	80	13
75	4:1	1,42	0,09	0,82	0,29	0,59	0,14	16	76	85	16
100	1:4	1,66	0,14	1,16	0,26	0,54	0,12	14	140	46	13
100	2:3	1,67	0,10	1,45	0,25	0,60	0,18	2	85	48	13
100	3:2	1,47	0,09	1,24	0,31	0,48	0,10	2	218	45	15
100	4:1	1,27	0,10	1,32	0,31	0,50	0,07	19	120	41	12
média		1,43	0,09	0,89	0,33	0,56	0,15	28	137	111	16
CV (%)		22,9	54,2	22,5	38,5	27,3	51,5	251	103	30	55

Os teores de nutrientes nos tecidos da planta mostraram-se na sua maioria menores que os da folha diagnóstica, com exceção do Ca, Cu e Zn.

Tabela 10. Teores de nutrientes encontrados na planta, sem que a folha diagnóstica tenha sido retirada, segundo os tratamentos, 86 dias após a germinação, em plantas de milho cv. Piranão, média de 16 repetições. (valores calculados através de média ponderada)

V%	Ca:Mg	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
		-----		%	-----	-----	-----	-----	ppm	-----	
25	1:4	1,52	0,09	0,40	0,24	0,43	0,12	4	178	180	10
25	2:3	1,49	0,09	0,49	0,34	0,49	0,15	5	205	183	14
25	3:2	1,26	0,09	0,55	0,42	0,43	0,13	159	187	210	27
25	4:1	1,28	0,08	0,71	0,36	0,45	0,11	182	175	184	34
50	1:4	1,20	0,09	0,98	0,37	0,59	0,14	16	122	106	11
50	2:3	1,50	0,10	0,99	0,35	0,61	0,09	2	107	125	14
50	3:2	1,24	0,08	0,94	0,45	0,63	0,11	2	143	155	13
50	4:1	1,63	0,10	0,67	0,41	0,69	0,24	3	93	135	19
75	1:4	1,25	0,07	0,74	0,36	0,62	0,30	3	140	96	11
75	2:3	1,42	0,10	1,07	0,34	0,67	0,24	1	94	74	14
75	3:2	1,69	0,10	0,89	0,31	0,62	0,10	10	108	81	14
75	4:1	1,44	0,09	0,82	0,30	0,59	0,14	16	78	85	16
100	1:4	1,67	0,13	1,20	0,27	0,55	0,12	14	141	46	14
100	2:3	1,67	0,10	1,47	0,26	0,60	0,18	2	84	49	13
100	3:2	1,50	0,09	1,26	0,31	0,49	0,10	2	218	46	15
100	4:1	1,28	0,10	1,33	0,31	0,50	0,07	19	120	41	12
média		1,44	0,09	0,91	0,34	0,56	0,15	28	137	112	16
CV (%)		21,8	53,0	28,9	37,0	26,8	48,9	249	99	29	54

Quando os teores médios de nutrientes na planta toda apresentam a mesma tendência dos teores na folha diagnóstica, permitem concluir que o órgão diagnóstico foi adequadamente escolhido.

4.4. RELAÇÕES ENTRE OS CÁTIONS ABSORVIDOS

As relações entre K, Ca e Mg no tecido das plantas submetidas aos tratamentos, em função dos teores desses cátions, são apresentados nas Tabelas 11, 12 e 13, juntamente com os teores desses nutrientes transformados para a unidade meq/100 g de matéria seca e sua soma total.

Tabela 11. Relações entre os cátions K, Ca e Mg em função dos teores desses elementos na folha diagnóstica, teores desses nutrientes expressos em meq/100 g de M.S. e seu total, segundo os tratamentos, 86 dias após a germinação, em plantas de milho cv. Piranão, média de 16 repetições.

Tratamento	Relações	K	Ca	Mg	TOTAL
V% Ca:Mg K/Ca K/Mg Ca/Mg K/Ca+Mg K/Ca/Mg	meq/100gM.S.	---	---	---	---
25 1:4	1,82 0,93 0,50 0,60 1,20	15,0	17,2	59,4	91,6
25 2:3	2,33 1,64 0,72 0,95 0,99	17,4	17,2	40,0	74,5
25 3:2	1,46 1,28 0,91 0,68 0,78	17,3	24,1	43,8	86,9
25 4:1	1,59 1,83 1,11 0,84 0,67	18,6	24,8	37,9	81,3
50 1:4	4,20 1,76 0,41 1,23 3,07	32,3	15,3	62,3	109,9
50 2:3	3,32 1,90 0,61 1,20 2,24	33,1	23,0	61,9	117,9
50 3:2	2,27 1,90 0,86 1,03 1,46	30,3	28,3	56,8	115,3
50 4:1	2,08 1,92 0,99 0,95 0,96	29,3	29,3	52,2	110,8
75 1:4	4,28 1,35 0,32 1,02 3,55	27,8	12,9	68,7	109,5
75 2:3	2,51 1,20 0,49 0,80 2,04	24,6	19,7	67,1	111,4
75 3:2	2,57 1,87 0,73 1,07 1,41	24,9	20,6	48,4	93,9
75 4:1	2,13 2,31 1,10 1,07 0,96	24,3	23,1	37,3	84,7
100 1:4	9,10 2,56 0,38 1,82 5,93	38,3	10,4	52,9	101,5
100 2:3	7,50 2,89 0,43 2,04 4,65	44,5	12,9	52,3	109,8
100 3:2	4,33 3,41 0,84 1,87 2,06	38,9	18,7	39,3	96,8
100 4:1	3,91 3,47 1,03 1,73 1,98	40,7	22,7	39,3	102,7
média	3,46 2,01 0,71 1,18 2,15	28,6	20,0	51,2	99,9
CV (%)	59,3 48,5 31,7 44,2 61,5	32,1	26,8	25,5	16,7

As relações K/Ca, K/Ca+Mg e K/Ca/Mg diminuem com o aumento da relação Ca:Mg e aumentam com a saturação,

K/Mg e Ca/Mg aumentam com o aumento da relação Ca:Mg, mas a primeira cresce com a saturação, enquanto a segunda decresce. Os teores de K, Ca e Mg, expressos em meq/100g de M.S. mostraram que K aumenta com a elevação da saturação mas fica praticamente constante em função da relação, Ca diminui com a saturação e aumenta com o aumento da relação e Mg aumenta no início e depois diminui com a saturação, mas somente diminui com o aumento da relação.

Tabela 12. Relações entre os cátions K, Ca e Mg em função dos teores desses elementos nos tecidos da planta, depois que a folha diagnóstica foi retirada, teores desses nutrientes expressos em meq/100 g de M.S. e seu total, segundo os tratamentos, 86 dias após a germinação, em plantas de milho cv. Piranão, média de 16 repetições.

Tratamento-----				Relações -----			K	Ca	Mg	TOTAL
V%	Ca:Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg	K/Ca+Mg	K/Ca/Mg---	meq/100g	M.S.	---	
25	1:4	1,95	0,91	0,46	0,61	1,02	12,1	12,1	43,5	67,7
25	2:3	2,05	1,33	0,70	0,79	0,85	13,8	14,5	35,3	63,7
25	3:2	1,47	1,28	0,91	0,68	0,62	13,6	18,4	34,4	66,4
25	4:1	1,32	1,56	1,15	0,70	0,51	14,9	22,3	32,9	70,2
50	1:4	3,76	1,31	0,35	0,96	2,73	24,0	12,7	59,8	96,5
50	2:3	2,72	1,39	0,53	0,91	1,79	23,1	17,6	55,5	96,2
50	3:2	1,95	1,48	0,83	0,82	1,13	22,2	25,6	50,8	98,6
50	4:1	1,89	1,74	0,96	0,88	0,96	20,8	22,6	41,3	84,6
75	1:4	5,08	1,19	0,35	0,98	3,76	23,0	8,9	62,6	94,5
75	2:3	3,44	1,35	0,53	0,96	2,29	22,8	14,1	56,4	93,3
75	3:2	2,25	1,60	0,83	0,92	1,28	21,9	19,6	47,6	89,1
75	4:1	2,10	1,99	0,96	0,99	0,98	21,9	21,4	38,5	81,8
100	1:4	7,92	2,13	0,25	1,58	4,84	30,8	9,3	51,4	91,5
100	2:3	6,56	2,19	0,42	1,59	4,05	33,6	11,5	51,1	96,2
100	3:2	4,46	2,94	0,72	1,70	2,11	33,6	16,2	38,4	88,2
100	4:1	3,92	3,28	0,99	1,66	1,79	34,2	19,8	34,1	88,1
média		3,30	1,73	0,67	1,05	1,91	22,9	16,7	45,9	85,4
CV (%)		52,7	38,2	35,7	35,2	57,9	32,1	29,4	22,9	18,1

O total dos cátions na folha diagnóstica foi menor que 100 meq/100g M.S. na saturação 25% e maior que 100 nas demais saturações, sendo na média global do ensaio aproximadamente igual a 100.

Tabela 13. Relações entre os cátions K, Ca e Mg em função dos teores desses elementos nos tecidos da planta, sem que a folha diagnóstica tenha sido retirada, teores desses nutrientes expressos em meq/100 g de M.S. e seu total, segundo os tratamentos, 86 dias após a germinação, em plantas de milho cv. Piranão, média de 16 repetições.

Tratamento		Relações					K	Ca	Mg	TOTAL
V%	Ca:Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg	K/Ca+Mg	K/Ca/Mg	--	meq/100gM.S.	--	--
25	1:4	1,92	0,89	0,37	0,60	1,33	12,3	12,4	44,5	69,1
25	2:3	2,04	1,35	0,65	0,80	0,99	14,0	14,7	35,2	63,9
25	3:2	1,47	1,23	0,71	0,66	0,78	13,5	18,2	35,5	67,3
25	4:1	1,33	1,57	1,14	0,71	0,58	15,2	22,5	33,2	70,8
50	1:4	3,77	1,33	0,36	0,97	2,84	24,3	12,8	60,0	97,1
50	2:3	2,74	1,41	0,49	0,93	1,99	23,5	17,7	55,6	96,8
50	3:2	1,95	1,50	0,79	0,83	1,24	22,5	25,8	50,9	99,2
50	4:1	1,91	1,73	0,78	0,88	1,27	21,1	22,8	41,8	85,6
75	1:4	5,08	1,21	0,24	0,97	4,15	23,5	9,7	62,9	96,0
75	2:3	3,36	1,34	0,37	0,95	2,75	22,8	14,3	56,7	93,9
75	3:2	2,26	1,60	0,73	0,92	1,29	22,0	19,7	47,7	89,4
75	4:1	2,11	2,01	1,05	0,99	0,96	22,0	21,4	38,5	81,9
100	1:4	7,94	2,14	0,33	1,59	5,25	31,1	9,4	51,4	91,8
100	2:3	6,58	2,26	0,38	1,63	4,01	35,0	11,7	51,6	98,3
100	3:2	4,43	2,97	0,74	1,71	2,17	34,0	16,2	38,5	88,7
100	4:1	3,86	3,28	0,90	1,67	1,96	34,4	19,8	34,2	88,5
média		3,30	1,74	0,63	1,05	2,10	23,2	16,8	46,1	86,1
CV (%)		51,5	37,8	46,5	34,7	60,2	31,6	28,2	22,3	17,5

Para o restante da planta ou para a planta toda, a tendência foi a mesma da folha diagnóstica, quanto às relações, exceto para K/Ca+Mg que permaneceu praticamente

constante com a variação da relação Ca:Mg. Quanto aos teores em meq/100 g de M.S. tendência idêntica à da folha diagnóstica foi observada e para o total de cátions, os valores foram menores que aqueles, ficando em alguns casos bem abaixo de 100, sendo a média do ensaio próxima a 85.

4.5. ANÁLISE DE REGRESSÃO

A análise estatística dos resultados analíticos apresentados, feita segundo o quadro de análise de variância indicado no item 3.4., revelou em alguns casos significancia apenas para saturação por bases, em outros somente para relação Ca:Mg, em outros para a interação V% x Ca:Mg e em muitos casos para mais de uma causa de variação.

Tabela 14. Equações de regressão relativas aos resultados analíticos oriundos somente do substrato utilizado em relação à saturação por bases e à relação Ca:Mg.

Análise	Equação	r^2	Max ou Min
M.O.	M.O. = 5,74 - 0,008 V%	0,924	-
pH	pH = 3,45 + 0,040 V% - 0,0001 V% ²	1,000	159,53
H+Al	H+Al = 10,1 - 0,160 V% + 0,0008 V% ²	1,000	102,42
S	S = 2,85 + 0,102 V%	0,994	-
T	T = 12,5 - 0,036 V% + 0,0006 V% ²	0,966	29,73
V%	V% = 16,7 + 1,277 V% + 0,0058 V% ²	1,000	110,28
pH	pH = 5,33 + 0,025 Ca/Mg	0,654	-
H+Al	H+Al = 3,94 - 0,081 Ca/Mg	0,907	-
V%	V% = 68,4 + 0,609 Ca/Mg	0,738	-

Quando o teste F foi significativo ao nível de 5%, fez-se o desdobramento para as regressões e, dentre as

que foram consideradas como significativas pelo teste F, selecionou-se as que apresentavam melhores coeficientes de determinação e que são apresentadas a partir da Tabela 14 em grupos, segundo a existência ou não de correspondente nas demais análises.

Na Tabela 14 observamos que as equações relacionadas com a saturação por bases apresentam coeficientes de determinação mais elevados, sendo que a M.O. apresentou tendência linear decrescente. Para o pH, uma quadrática crescente em relação ao V% e linear crescente para Ca:Mg, o H+Al decresceu linearmente com a relação Ca:Mg e de forma quadrática com V%.

A soma de bases cresceu linearmente com a saturação por bases, enquanto a CTC cresceu segundo uma quadrática. A saturação por bases calculada apresentou tendência quadrática crescente em relação à saturação desejada e linear crescente em relação a Ca:Mg. Com exceção da CTC que tem ponto de inflexão logo no início do intervalo, as demais equações quadráticas apresentam pontos de inflexão localizados acima do intervalo testado. Somente pH e V% apresentaram significância para a interação V% x Ca:Mg.

A seguir apresentamos nas Figuras 3 e 4, representações gráficas das equações da saturação por bases.

Figura 3. Gráfico da Saturação por bases determinada x pretendida

Figura 4. Gráfico da V% determinada x Ca:Mg pretendida

Tabela 15. Equações de regressão relativas à produção (M.S.), extração de nutrientes (Extr.) e resultados analíticos da folha diagnóstica (fd), do restante da planta (pl) e da planta toda (plt), oriundos somente da planta, em relação à saturação em bases e à relação Ca:Mg.

Análise	Equação	r ²	Max/Min
M.S.	M.S. = 42,4 + 0,191 V%	0,975	-
Extr.N	N = 530 + 4,072 V%	0,993	-
% N fd	%N = 1,57 + 0,003 V%	0,593	-
% N plt	%N = 1,31 + 0,002 V%	0,903	-
Extr.S	S = -4,07 + 2,980 V% - 0,0219 V% ²	0,766	68,45
% S fd	%S = 0,06 + 0,004 V% - 0,00003V% ²	0,416	63,72
% S pl	%S = 0,03 + 0,004 V% - 0,00004V% ²	0,669	63,29
% S plt	%S = 0,03 + 0,005 V% - 0,00004V% ²	0,662	62,97
Extr.Cu	Cu = 8526 - 228,9 V% + 1,5115 V% ²	0,927	75,72
Cu fd	Cu = 181 - 4,838 V% + 0,0316 V% ²	0,929	76,65
Cu pl	Cu = 190 - 5,123 V% + 0,0336 V% ²	0,928	76,32
Cu plt	Cu = 190 - 5,123 V% + 0,0336 V% ²	0,928	76,31
Extr.Fe	Fe = 11499 - 222,8 V% + 1,9395 V% ²	0,993	57,43
Fe pl	Fe = 314 - 6,162 V% + 0,0443 V% ²	0,999	69,60
Fe plt	Fe = 305 - 5,856 V% + 0,0422 V% ²	0,998	69,42
Extr.Mn	Mn = 10516 - 77,19 V%	0,998	-
Mn fd	Mn = 399 - 5,723 V% + 0,0221 V% ²	0,999	129,41
Mn pl	Mn = 253 - 2,877 V% + 0,0080 V% ²	1,000	180,26
Mn plt	Mn = 256 - 2,910 V% + 0,0080 V% ²	1,000	180,90
Zn fd	Zn = 23,5 - 0,259 V% + 0,0015 V% ²	0,987	88,18
Zn pl	Zn = 29,9 - 0,429 V% + 0,0026 V% ²	0,958	81,47
ZN plt	Zn = 29,5 - 0,417 V% + 0,0026 V% ²	0,956	81,22
M.S.	M.S. = 56,6 - 1,411 Ca/Mg	0,676	-
Extr.N	N = 884 - 142,0 Ca/Mg + 27,2Ca/Mg ²	0,865	2,61
% N fd	%N = 1,61 + 0,203 Ca/Mg - 0,04Ca/Mg ²	0,519	2,71
% S fd	%S = 0,23 - 0,085 Ca/Mg + 0,12Ca/Mg ²	0,995	2,59
% S pl	%S = 0,20 - 0,081 Ca/Mg + 0,02Ca/Mg ²	0,864	2,43
% S plt	%S = 0,20 - 0,082 Ca/Mg + 0,02Ca/Mg ²	0,904	2,45
Cu fd	Cu = 4,88 + 13,27 Ca/Mg	0,815	-
Cu pl	Cu = 6,11 + 13,34 Ca/Mg	0,762	-
Cu plt	Cu = 6,13 + 13,32 Ca/Mg	0,762	-
Fe fd	Fe = 164 - 9,025 Ca/Mg	0,510	-
Mn pl	Mn = 100 + 19,29 Ca/Mg - 4,15Ca/Mg ²	0,790	2,32
Mn plt	Mn = 99 + 21,44 Ca/Mg - 4,60Ca/Mg ²	0,859	2,33
Zn fd	Zn = 9,44 + 5,344 Ca/Mg - 0,81Ca/Mg ²	0,997	3,31
Zn pl	Zn = 9,81 + 6,167 Ca/Mg - 0,90Ca/Mg ²	0,999	3,41
ZN plt	Zn = 9,73 + 6,317 Ca/Mg - 0,94Ca/Mg ²	0,999	3,37

Da mesma forma que para os resultados da Tabela anterior, os coeficientes de determinação das equações relacionadas com saturação por bases da Tabela 15, são de uma forma geral mais elevados. A matéria seca respondeu aos fatores de forma linear, sendo que ela cresceu em função da saturação por bases e decresceu em função de Ca:Mg.

Em relação à saturação por bases, as determinações relacionadas com nitrogênio aumentaram linearmente e as de enxofre cresceram de forma quadrática, apresentando um máximo entre 74 e 77% da saturação determinada. Para o cobre, ferro e zinco os resultados decresceram de forma quadrática, apresentando mínimo em torno de 80% para o primeiro, entre 70 e 78% para o segundo e entre 82 e 85% para o terceiro.

A extração de manganês decresceu linearmente dentro do intervalo testado, sendo que os teores nos tecidos decresceram de forma quadrática, com mínimo estimado fora da faixa de saturação por bases testada.

Em função da relação Ca:Mg, a extração de nitrogênio decresceu e o teor na folha cresceu, ambos de forma quadrática, apresentando mínimo e máximo em 2,98 e 3,16 de Ca:Mg determinadas respectivamente. Os teores de enxofre nos tecidos decresceram de forma quadrática, com mínimo entre 3,06 e 3,15. Os teores de cobre nos tecidos decresceram linearmente, enquanto o teor de ferro na folha decresceu

linearmente. Os teores de manganês e zinco aumentaram de forma quadrática, com máximos em torno de 3,0 e entre 3,45 e 3,47 respectivamente.

Apresentaram significância para a interação V% x Ca:Mg, a extração de nitrogênio, os teores foliares e os teores na planta toda de nitrogênio, enxofre, cobre, manganês e zinco e os teores nos tecidos da planta de enxofre, cobre, manganês e zinco.

Nas figuras 5 e 6, apresentamos a representação gráfica das equações de regressão da matéria seca em relação à saturação por bases pretendida e à relação Ca:Mg pretendida. Na figura 7 aparece a extração de manganês em função da saturação por bases.

Figura 5. Gráfico da Matéria seca x U% pretendida

Figura 6. Gráfico da Matéria seca x Ca:Mg pretendida

Figura 7. Gráfico da Extração de Mn x V% pretendida

Tabela 16. Equações de regressão relativas à teores no substrato, extração de nutrientes (Extr.) e resultados analíticos da folha diagnóstica (fd), do restante da planta (pl) e da planta toda (plt), em relação à saturação por bases e à relação Ca:Mg.

Análise	Equação	r ²	Max/Min
P	P = 6,37 + 0,041 V%	0,920	-
Extr.P	P = 31,8 + 0,311 V%	0,973	-
K	K = 0,14 + 0,006 V%	0,993	-
Extr.K	K = 78,8 + 6,689 V%	0,947	-
% K fd	%K = 0,49 + 0,010 V%	0,713	-
% K pl	%K = 0,33 + 0,009 V%	0,893	-
% K plt	%K = 0,33 + 0,009 V%	0,887	-
meqKfd	K = 12,4 + 0,259 V%	0,713	-
meqKpl	K = 8,34 + 0,233 V%	0,893	-
meqKplt	K = 8,35 + 0,237 V%	0,888	-
Ca	Ca = 1,80 + 0,059 V%	0,999	-
Extr.Ca	Ca = 87,6 + 3,431 V% - 0,0262 V% ²	0,704	65,47
%Ca fd	%Ca = 0,35 + 0,004 V% - 0,00005V% ²	0,845	46,70
%Ca pl	%Ca = 0,27 + 0,004 V% - 0,00004V% ²	0,804	50,74
%Ca plt	%Ca = 0,27 + 0,004 V% - 0,00004V% ²	0,801	50,66
meqCafd	Ca = 17,1 + 0,229 V% - 0,0024 V% ²	0,842	47,06
meqCapl	Ca = 13,7 + 0,184 V% - 0,0018 V% ²	0,781	50,03
meqCaplt	Ca = 13,6 + 0,195 V% - 0,0019 V% ²	0,801	50,67
Mg	Mg = 0,32 + 0,064 V% - 0,0002 V% ²	0,988	144,36
Extr.Mg	Mg = -7,11 + 10,41 V% - 0,0714 V% ²	0,995	72,89
%Mg fd	%Mg = 0,30 + 0,013 V% - 0,0001 V% ²	0,962	62,03
%Mg pl	%Mg = 0,15 + 0,015 V% - 0,0001 V% ²	0,974	67,12
%Mg plt	%Mg = 0,16 + 0,015 V% - 0,0001 V% ²	0,975	66,99
meqMgfd	Mg = 23,4 + 1,118 V% - 0,0090 V% ²	0,967	62,30
meqMgpl	Mg = 12,1 + 1,226 V% - 0,0091 V% ²	0,974	67,09
meqMgplt	Mg = 13,1 + 1,201 V% - 0,0090 V% ²	0,975	66,92
% K fd	%K = 1,17 - 0,035 Ca/Mg	0,668	-
Ca	Ca = 3,43 + 2,304 Ca/Mg - 0,34Ca/Mg ²	0,998	3,35
Extr.Ca	Ca = 103,5 + 94,41 Ca/Mg - 16,2Ca/Mg ²	0,999	2,98
%Ca pl	%Ca = 0,29 + 0,076 Ca/Mg - 0,02Ca/Mg ²	0,947	2,47
%Ca plt	%Ca = 0,29 + 0,078 Ca/Mg - 0,02Ca/Mg ²	0,965	2,46
meqCafd	Ca = 11,8 + 10,10 Ca/Mg - 1,70Ca/Mg ²	0,996	2,97
meqCapl	Ca = 8,21 + 10,53 Ca/Mg - 1,80Ca/Mg ²	1,000	2,93
meqCaplt	Ca = 8,61 + 10,18 Ca/Mg - 1,73Ca/Mg ²	1,000	2,94
Mg	Mg = 5,16 - 2,323 Ca/Mg + 0,39Ca/Mg ²	0,979	2,96
Extr.Mg	Mg = 409,1 - 114,1 Ca/Mg + 17,7Ca/Mg ²	0,996	3,23
meqMgfd	Mg = 64,3 - 15,15 Ca/Mg + 2,37Ca/Mg ²	1,000	3,20
meqMgpl	Mg = 57,2 - 12,37 Ca/Mg + 1,81Ca/Mg ²	1,000	3,42
meqMgplt	Mg = 57,5 - 12,33 Ca/Mg + 1,80Ca/Mg ²	0,999	3,43

Os resultados de fósforo, de potássio e o de cálcio apresentaram tendência linear crescente, em função da saturação por bases e o potássio na folha decresceu linearmente em função da relação Ca:Mg. Os demais resultados de cálcio obedeceram a equações quadráticas crescentes, com máximo entre 63 e 67% para saturação por bases determinada (exceto para extração: 77%) e entre 3,1 e 3,4 para relação Ca:Mg determinada (exceto para teor no solo: 3,5).

Para magnésio, a tendência foi quadrática crescente em função da saturação por bases, com máximo entre 73 e 77% (exceto para extração: 79% e teor no solo com saturação acima da faixa testada) e efeito quadrático decrescente em função da relação Ca:Mg, com mínimo entre 3,3 e 3,5.

Apresentaram significância para interação V% x Ca:Mg, os resultados de potássio nos tecidos, cálcio no solo e na planta toda, meq de cálcio na folha, magnésio no solo, na folha e na planta toda.

A representação gráfica das equações de regressão entre potássio, cálcio e magnésio em função da saturação por bases são apresentadas nas Figuras 8, 9 e 10 respectivamente e entre cálcio e magnésio e a relação Ca:Mg, nas Figuras 11 e 12. A extração de potássio, cálcio e magnésio em função da saturação por bases aparece nas Figuras 13, 14 e 15 respectivamente e as de cálcio e magnésio em

função de Ca:Mg nas Figuras 16 e 17.

O efeito da saturação por bases sobre os teores de potássio, cálcio e magnésio na folha diagnóstica estão nas Figuras 18, 19 e 20 respectivamente e o efeito da relação Ca:Mg sobre o teor foliar de potássio aparece na Figura 21. A soma total dos cátions da planta, expressa em meq/100 g M.S. que na literatura é tida como constante (LOUÉ, 1962, 1963 e 1984), apresentou como equações representativas, as que são apresentadas na Figura 22, em função da saturação por bases e na Figura 23 em função da relação Ca:Mg.

Tabela 17. Equações de regressão relativas às somas totais dos cátions em meq/100 g M.S. na folha diagnóstica (fd), no restante da planta (pl) e na planta toda (plt), em relação à saturação por bases e à relação Ca:Mg.

Teor	Equação	r ²	Max/Min
tot meq fd	meq = 55,1 + 1,530 V% - 0,0108 V% ²	0,608	70,57
tot meq pl	meq = 36,4 + 1,553 V% - 0,0103 V% ²	0,852	75,70
tot meq plt	meq = 37,5 + 1,539 V% - 0,0101 V% ²	0,850	75,86
tot meq fd	meq = 103,6 - 2,304 Ca/Mg	0,887	-
tot meq plt	meq = 89,1 - 1,867 Ca/Mg	0,994	-

Figura 8. Gráfico do K no substrato x U% pretendida

Figura 9. Gráfico do Ca no substrato x U% pretendida

Figura 10. Gráfico do Mg no substrato x U% pretendida

Figura 11. Gráfico do Mg no substrato x Ca:Mg pretendida

Figura 12. Gráfico do Ca no substrato x Ca:Mg pretendida

Figura 13. Gráfico da Extração de K x U% pretendida

Figura 14. Gráfico da Extração de Ca x U% pretendida

Figura 15. Gráfico da Extração de Mg x V% pretendida

Figura 16. Gráfico da Extração de Ca x Ca:Mg pretendida

Figura 17. Gráfico da Extração de Mg x Ca:Mg pretendida

Figura 18. Gráfico do Teor de K na Folha x U% pretendida

Figura 19. Gráfico do teor de Ca na folha x U% pretendida

Figura 20. Gráfico do teor de Mg na folha x V% pretendida

Figura 21. Gráfico do teor de K na folha x Ca:Mg pretendida

Figura 22. Gráfico da Soma total de meq x U% pretendida

Figura 23. Gráfico da Soma total de meq x Ca:Mg pretendida

Tabela 18. Equações de regressão relativas às relações entre K, Ca e Mg do substrato, extração de nutrientes (Extr.) e dos resultados analíticos da folha diagnóstica (fd), do restante da planta (pl) e da planta toda (plt), em relação à saturação em bases ($K/C = K/Ca$, $K/M = K/Mg$, $C/M = Ca/Mg$, $K/C+M = K/Ca+Mg$ e $K/C/M = K/Ca/Mg$).

Relação	Equação	r^2	Max/Min
K/C	$K/C = 0,09 + 0,0003 V\%$	0,93	-
K/C Ex	$K/C = 2,14 - 0,0296 V\% + 0,0006 V\%^2$	0,97	23,18
K/C fd	$K/C = 2,98 - 0,0559 V\% + 0,0009 V\%^2$	0,90	32,23
K/C pl	$K/C = 2,14 - 0,0297 V\% + 0,0006 V\%^2$	0,98	23,08
K/C plt	$K/C = 2,13 - 0,0293 V\% + 0,0006 V\%^2$	0,97	22,93
K/M Ex	$K/M = 1,84 - 0,0289 V\% + 0,0004 V\%^2$	0,93	39,57
K/M fd	$K/M = 2,00 - 0,0282 V\% + 0,0004 V\%^2$	0,85	37,19
K/M pl	$K/M = 1,81 - 0,0281 V\% + 0,0004 V\%^2$	0,94	39,31
K/M plt	$K/M = 1,79 - 0,0274 V\% + 0,0004 V\%^2$	0,93	38,58
C/M Ex	$C/M = 113,7 - 0,6451 V\%$	0,92	-
C/M fd	$C/M = 0,83 - 0,0019 V\%$	0,83	-
C/M pl	$C/M = 1,03 - 0,0108 V\% + 0,00007 V\%^2$	1,00	80,81
C/M plt	$C/M = 0,73 - 0,0016 V\%$	0,71	-
K/C+M Ex	$K/C+M = 0,93 - 0,0127 V\% + 0,0002 V\%^2$	0,94	32,63
K/C+M fd	$K/C+M = 1,05 - 0,0140 V\% + 0,0002 V\%^2$	0,85	32,72
K/C+M pl	$K/C+M = 0,91 - 0,0120 V\% + 0,0002 V\%^2$	0,95	31,86
K/C+M plt	$K/C+M = 0,92 - 0,0120 V\% + 0,0002 V\%^2$	0,94	31,94
K/C/M	$K/C/M = 0,04 + 0,0055 V\%$	0,96	-
K/C/M Ex	$K/C/M = 4,28 - 0,1237 V\% + 0,0035 V\%^2$	1,00	17,49
K/C/M fd	$K/C/M = 0,10 + 0,0327 V\%$	0,87	-
K/C/M pl	$K/C/M = 0,02 + 0,0310 V\%$	0,97	-
K/C/M plt	$K/C/M = 0,16 + 0,0310 V\%$	0,98	-

Os coeficientes de determinação das equações de regressão entre as relações K/Ca, K/Mg, Ca/Mg, K/Ca+Mg e K/Ca/Mg e a saturação por bases pretendida são, de uma forma geral maiores que os das determinações individuais. A relação K/Ca no substrato cresceu linearmente, enquanto a de extração e as de teores nos tecidos decresceram de forma quadrática, apresentando mínimos entre 43 e 44% de saturação

por bases determinada (exceto para teor na folha: 52%).

As relações K/Mg e $K/Ca+Mg$ não tiveram significancia no substrato, sendo que para extração e para os teores nos tecidos, elas decresceram de forma quadrática, com mínimos entre 56 e 59% e entre 51 e 53% de saturação por bases respectivamente. Para a relação Ca/Mg no solo também não obtivemos significancia, mas para extração, teor na folha e na planta toda, ela decresceu linearmente e, para o teor na planta ela decresceu segundo uma parábola com mínimo em torno de 82% de saturação por bases.

A relação $K/Ca/Mg$ cresceu, no substrato e para os teores na tecido, linearmente no primeiro caso e seguindo uma parábola a partir de 37% no segundo caso. A interação $V\% \times Ca:Mg$ foi significativa para as relações K/Ca e $K/Ca/Mg$ em todas as determinações e para a relação Ca/Mg dos teores na planta toda.

A representação gráfica da relação K/Ca do substrato e para extração e teor na folha diagnóstica em função da saturação por bases são apresentadas nas Figuras 24, 25 e 26 respectivamente. As Figuras 27 e 28 representam as equações de regressão entre a relação K/Mg da extração e teor na folha diagnóstica contra a saturação por bases, respectivamente.

Para a relação Ca/Mg da extração e teor na folha diagnóstica, a representação gráfica aparece nas

Figuras 29 e 30 respectivamente e para a relação $K/Ca+Mg$ dessas mesmas determinações, devemos consultar as Figuras 31 e 32. No substrato, a relação entre $K/Ca/Mg$ versus saturação por bases aparece na Figura 33 e para a extração e o teor na folha, nas Figuras 34 e 35 respectivamente.

Figura 24. Gráfico do R/Ca do substrato x V% pretendida

Figura 25. Gráfico do K/Ca da extração x V% pretendida

Figura 26. Gráfico do K/Ca da folha x V% pretendida

Figura 27. Gráfico do K/Mg da extração x U% pretendida

Figura 28. Gráfico do K/Mg da folha x U% pretendida

Figura 29. Gráfico do Ca/Mg da extração x V% pretendida

Figura 30. Gráfico do Ca/Mg da folha x V% pretendida

Figura 31. Gráfico do $K/Ca+Mg$ da extração x U% pretendida

Figura 32. Gráfico do R/Ca+Mg da folha x V% pretendida

Figura 33. Gráfico do R/Ca/Mg do substrato x U% pretendida

Figura 34. Gráfico do K/Ca/Mg da extração x V% pretendida

Figura 35. Gráfico do K/Ca/Mg da folha x V% pretendida

Tabela 19. Equações de regressão relativas às relações entre K, Ca e Mg do substrato, extração de nutrientes (Extr.) e dos resultados analíticos da folha diagnóstica (fd), do restante da planta (pl) e da planta toda (plt), em função da relação Ca:Mg (K/C = K/Ca, K/M = K/Mg, C/M = Ca/Mg, K/C+M = K/Ca+Mg e K/C/M = K/Ca/Mg).

Relação		Equação			r ²	Max/Min
K/C	K/C	=	0,15	- 0,0567 C/M + 0,01 C/M ²	0,95	2,93
K/C Ex	K/C	=	5,18	- 2,4361 C/M + 0,43 C/M ²	1,00	2,84
K/C fd	K/C	=	5,43	- 2,5265 C/M + 0,44 C/M ²	1,00	2,85
K/C pl	K/C	=	5,22	- 2,4659 C/M + 0,44 C/M ²	1,00	2,84
K/C plt	K/C	=	5,22	- 2,4753 C/M + 0,44 C/M ²	1,00	2,84
K/M	K/M	=	0,10	+ 0,0788 C/M - 0,01 C/M ²	1,00	8,06
K/M Ex	K/M	=	1,28	- 0,4766 C/M + 0,07 C/M ²	1,00	3,67
K/M fd	K/M	=	1,74	- 0,1737 C/M	0,88	-
K/M pl	K/M	=	1,43	- 0,1893 C/M	0,93	-
K/M plt	K/M	=	1,44	- 0,1862 C/M	0,93	-
C/M	C/M	=	0,69	+ 1,3779 C/M - 0,17 C/M ²	1,00	4,17
C/M Ex	C/M	=	20,6	+ 55,172 C/M - 7,62 C/M ²	1,00	3,62
C/M fd	C/M	=	0,29	+ 0,4624 C/M - 0,07 C/M ²	1,00	3,45
C/M pl	C/M	=	0,22	+ 0,4887 C/M - 0,07 C/M ²	1,00	3,41
C/M plt	C/M	=	0,21	+ 0,4460 C/M - 0,06 C/M ²	1,00	3,48
K/C/M	K/C/M	=	0,81	- 0,5549 C/M + 0,10 C/M ²	0,95	2,80
K/C/M Ex	K/C/M	=	28,9	- 20,458 C/M + 3,64 C/M ²	0,98	2,81
K/C/M fd	K/C/M	=	3,94	- 2,2304 C/M + 0,41 C/M ²	1,00	2,81
K/C/M pl	K/C/M	=	3,54	- 2,0680 C/M + 0,36 C/M ²	1,00	2,85
K/C/M plt	K/C/M	=	3,90	- 2,3340 C/M + 0,42 C/M ²	1,00	2,81

Quanto aos coeficientes de determinação das equações de regressão entre as relações e a relação Ca:Mg pretendida do substrato, são os maiores encontrados. Em função da relação Ca:Mg pretendida, as relações K/Ca são representadas por parábolas com mínimo entre 3,27 e 3,31 de relação Ca:Mg determinada.

Para a relação K/Mg nos tecidos, tivemos equações lineares decrescentes, já K/Mg no substrato e para

extração, a tendência foi quadrática crescente, com máximo em torno de 3,5 para esta última. As relações Ca/Mg e K/Ca/Mg em função de Ca:Mg pretendida do substrato, obedecem à tendência quadrática em todas as determinações, com máximo entre 3,4 e 3,6 para Ca/Mg e mínimo entre 3,2 e 3,3 para K/Ca/Mg.

As Figuras 36, 37 e 38 representam as equações de regressão entre K/Ca e a relação Ca:Mg pretendida do substrato, respectivamente para os teores no substrato, extração e teor na folha diagnóstica. As relações K/Mg do substrato, da extração e para os teores na folha diagnóstica são apresentadas respectivamente nas Figuras 39, 40 e 41.

A relação Ca/Mg em função de Ca:Mg pretendida, aparece nas Figuras 42, 43 e 44, para teores no substrato, extração e teores na folha diagnóstica respectivamente. Por fim, as Figuras 45, 46, e 47 representam a relação K/Ca/Mg dos teores no substrato, para extração e para os teores na folha diagnóstica respectivamente.

Figura 36. Gráfico do K/Ca do substrato x Ca:Mg pretendida

Figura 37. Gráfico do K/Ca da extração x Ca:Mg pretendida

Figura 38. Gráfico do K/Ca da folha x Ca:Mg pretendida

Figura 39. Gráfico do K/Mg do substrato x Ca:Mg pretendida

Figura 40. Gráfico do K/Mg da extração x Ca:Mg pretendida

Figura 41. Gráfico do K/Mg da folha x Ca:Mg pretendida

Figura 42. Gráfico do Ca/Mg do substrato x Ca/Mg pretendida

Figura 43. Gráfico do Ca/Mg da extração x Ca:Mg pretendida

Figura 44. Gráfico do Ca/Mg da folha x Ca:Mg pretendida

Figura 45. Gráfico do K/Ca/Mg do substrato x Ca:Mg pretendida

Figura 46. Gráfico do K/Ca/Mg da extração x Ca:Mg pretendida

Figura 47. Gráfico do K/Ca/Mg da folha x Ca:Mg pretendida

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Do exposto, podemos observar que, como os teores de K, Ca e Mg no substrato foram representados por curvas crescentes em função da saturação por bases, e que também apresentaram essa tendência, a produção de matéria seca, a extração dos tres cátions, seus teores na folha diagnóstica e a soma total dos meq de cátions. Com exceção da matéria seca e do K em todos os parâmetros avaliados, as curvas atingem um máximo entre 60 e 70 % de saturação determinada para Ca e entre 70 e 80% para Mg e meq total. As relações entre os cátions foram representadas por curvas crescentes a partir de 40 a 60% de saturação determinada, para teores no substrato, extração e teores na folha diagnóstica, exceto para Ca/Mg onde é decrescente.

Para a relação Ca:Mg do substrato, as tendências foram de redução, para matéria seca, Mg no substrato e extração, teor de K na folha e soma total de meq, sendo crescente somente para teor de Ca no substrato e sua extração. As curvas de Ca apresentam máximo para relações entre 3,1 e 3,4 e as de Mg, mínimo entre 3,3 e 3,5 de relação Ca:Mg determinadas. Quanto às relações entre os cátions,

tivemos curvas decrescentes para K/Ca e K/Ca/Mg e crescentes para K/Mg e Ca/Mg, em todos os parâmetros avaliados, sendo que os pontos de inflexão estão localizados entre 3,2 e 3,6 para a relação Ca:Mg do substrato.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu tirar-se as seguintes conclusões:

- 1 - A produção de matéria seca foi afetada de forma positiva pela saturação por bases e de forma negativa pela relação Ca:Mg do substrato.
- 2 - A saturação por bases do substrato afetou a extração de Ca, a qual teve máximo entre 60 e 70% e a de Mg, com mínimo entre 70 e 80% .
- 3 - A extração de potássio foi crescente quando relacionada com a saturação por bases e o teor desse nutriente na folha diagnóstica decresceu em função da relação Ca:Mg do substrato.
- 4 - As relações entre os cátions tornaram-se crescentes a partir de 40 a 60% de saturação em bases.
- 5 - A relação Ca:Mg afetou os teores foliares e a extração de Ca de forma quadrática, com máximo entre 3,1 e 3,4 e a de Mg, com mínimo entre 3,2 e 3,6 de relação Ca:Mg no substrato.
- 6 - As relações entre os cátions na planta, obedeceram curvas crescentes para K/Mg e Ca/Mg e decrescentes para

K/Ca e K/Ca/Mg, com pontos de inflexão entre 3,2 e 3,6 para a relação Ca:Mg do substrato.

- 7 - A folha abaixo da espiga revelou-se adequada como órgão diagnóstico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. de & SARRUGE, J.R.
Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares
de milho(*Zea mays* L.). III - diagnose foliar. Anais da
E.S.A.L.Q., Piracicaba, 32:173-83, 1975.
- BALIGAR, V.C. & BARBER, S.A. Genotypic differences in ion
uptake by corn. Agron. J., Madison, 71:870-3, 1979.
- DRAKE, M.; VENGRIS, J. & COLBY, W.G. Cation-exchange
capacity of plant roots. Soil Sci., Baltimore, 72:139-47,
1951.
- FORSTER, H. & MENGEL, K. The effect of a short term
interruption in the K supply during the early stage on
yield formation, mineral content and soluble amino acid
content. Z.Ackeru. Pflanzenbau., 130:203-13, 1969.
- FOY, C.D. & BARBER, S.A. Magnesium absorption and
utilization by two inbred of corn. Proc.Soil Sci.Soc.Am.,
Madison ,22(1):57-62, 1958.

- KEY, J.L.; KURTZ, L.T. & TUCKER, B.B. Influence of ratio of exchangeable calcium-magnesium on yield and composition of soybean and corn. Soil Sci., Baltimore, 93: 265-70, 1962.
- LOUÉ, A. La nutrition cationique du maïs et le diagnostic foliaire. Ann. Physiol. Veg., 4(2):127-48, 1962.
- LOUÉ, A. Contribuição para o estudo da nutrição catiônica do milho, principalmente a do potássio. Fertilite, Paris, 20: 33-50, 1963.
- LOUÉ, A. Maïs. In: MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J. & GAUTIER, P. Analyse vegetale dans le controle de L'alimentation des plantes temperees et tropicales. Paris, Lavoisier, 598-631, 1984.
- MCLEAN, E.O. & BAKER, F.E. Cation activities in systems of plant roots. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 17:100-2, 1953.
- MENGEL, K & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. 4.ed. Berna, International Potash Institute, 1987. 687p.
- MENZEL R.G. & HEALD, W.R. Distribution of potassium, rubidium, cesium, calcium and strontium within plants grown in nutrient solution. Soil Sci., Baltimore, 80:287-93, 1955.
- MICHAEL, G. The selection potential of plants in mineral uptake. Dt. Akad. d. Landw. Wiss., VIII, Heft.4., Berlin, 1959.

- MIELNICZUK, J. O potassio no solo. 5.ed. Piracicaba, Potafos, 1984. 79p. (Boletim Técnico, 2).
- MILLER, G.W.; PUSHNIK, J.C. & REYES, N. The major elements in plants. In: ASHMEAD, H.A.; ASHMEAD, H.H.; MILLER, G.W. & HSU, H.H. Foliar feeding of plants with amino acid chelates. New Jersey, Noyes Publications., 65-89, 1986.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chim. Acta, 27:31-6, 1962.
- PECK, T.R.; WALKER, W.M. & BOONE, L.V. Relationship between corn (*Zea mays* L.) yield and leaf levels of ten elements. Agron. J., Madison, 61(2):299-301, 1969.
- PIERRE, W.H. & BOWER, C.A. Potassium absorption by plants as affected by cation relationships. Soil Sci., Baltimore, 55: 23-36, 1943.
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 5.ed. São Paulo, Nobel, 1972. 530p.
- QUAGGIO, J.A & RAIJ, B. van. Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. Rev., Bras. Ci. Solo, Campinas, 3:184-7, 1979.
- RAIJ, B.van & QUAGGIO, J.A. Metodos de analise de solo para fins de fertilidade, Campinas, Instituto Agrônômico, 1983, 31 p. (Boletim Técnico, 81).

- RAIJ, B.van & ZULLO, M.A.T. Metodos de analise de solo, Campinas, Instituto Agronômico, 1977, 16 p. (Circular, 63)
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. & BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 19(12):1443-8, 1984.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Analises quimicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 55p.
- SCHARRER, K & JUNG, J. The influence of nutrition on the cation/anion ratio in plants. Z. Pflanzenernahr.Dung., 7:76-94, 1955.
- SHEAR, C.B.; CRANE, H.L. & MYERS, A.T. Nutrient element balance - A fundamental concept in plant nutrition. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Itaca, 47:239-48, 1946.
- SHOEMAKER, H.E.; MCLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amount of exchangeable aluminum. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 25:274-7, 1961.
- THOMAS, W. & MACK, W. Foliar diagnosis: Physiological balance between the bases lime, magnesia, and potash. Plant Physiol., Rockville, 14:699-715, 1939.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. & SILVEIRA Jr., P. Sistema de analise estatistica para microcomputadores. Manual de utilizacao, Pelotas, s.d., 84p.