

UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACUDADE DE AGRONOMIA
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

FONTES E DOSES DE MAGNÉSIO NA CULTURA DO MILHO

ADEMILSON DONIZETTI DA SILVA JÚNIOR

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2015

ADEMILSON DONIZETTI DA SILVA JÚNIOR

FONTES E DOSES DE MAGNÉSIO NA CULTURA DO MILHO

Dissertação apresentada à Unirv – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL**

2015

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da FESURV**

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”.

S58f Silva Júnior, Ademilson Donizetti.

Fontes e doses de magnésio na cultura do milho/ Ademilson Donizetti da Silva Júnior – 2015.

38f. : ils. figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Carlos César Evangelista de Menezes.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em agronomia, Faculdade de agronomia, Universidade de Rio Verde – UniRV, 2015.

Biografia.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Agronomia. 2. Milho. 3. Produtividade. I. Título. II. Autor. III. Orientador.

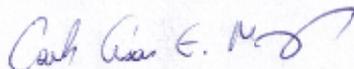
CDU: 633.15

ADEMILSON DONIZETTI DA SILVA JÚNIOR

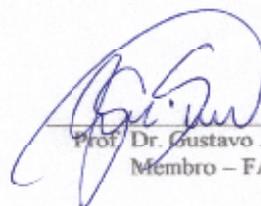
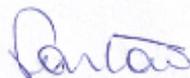
**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DO MILHO EM FUNÇÃO DE
FONTES E DOSES DE MAGNÉSIO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de
Rio Verde, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVAÇÃO: 30 de abril 2015



Prof. Dr. Carlos César Evangelista de Menezes
Presidente da Banca Examinadora


Prof. Dra. June Faria Scherrer Menezes
Membro – FA/UniRV
Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro – FA/UniRV

Dra. Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão
Membro – Comigo

DEDICATÓRIA

Dedico em primeiro lugar a Deus que sempre iluminou meu caminho durante esta longa caminhada.

Aos meus pais, Ademilson Donizetti da Silva e Rozana Conceição Silva, pelo amor dedicado à mim por todos estes anos e por sempre me apoiarem em todos os momentos de dificuldades, sempre objetivando que eu me tornasse uma pessoa melhor a cada dia.

Ao meu irmão Marcelus Sousa e Silva e meu tio Jander Conceição Silva, pelos exemplos de dedicação e honestidade, sobretudo, pelos conselhos e apoio, que foram tão importantes para que eu pudesse alcançar todos os meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, amigos e colegas de profissão, que jamais me deixaram desistir dos meus sonhos e sempre me incentivaram independente da situação.

À minha co-orientadora, Professora June Faria Scherrer Menezes, pela orientação que me foi disponibilizada no decorrer da realização deste trabalho.

Ao professor Carlos César Evangelista de Menezes, com quem partilhei todas as dificuldades e êxitos obtidos. Muito obrigado pela paciência e suporte quando mais precisei.

Aos amigos Wasley Pereira Nascimento e Frederico Cotta Rena, pelo auxílio na realização e condução do experimento.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Interpretação dos teores de macronutrientes em solos do cerrado (adaptado de Raij et al., 1996 ; Ribeiro et al., 1999 e Vitti, 1989).....	11
TABELA 2	Interpretação dos teores foliares de macronutrientes adequados para a cultura do milho.....	11
TABELA 3	Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos com diferentes produtividades (modificado de Coelho e França, 1995).....	12
TABELA 4	Índices de clorofila na folha de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio.....	16
TABELA 5	Teores de nitrogênio nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio.....	17
TABELA 6	Teores de fósforo nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função das fontes e doses de magnésio.....	18
TABELA 7	Teores de potássio nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio utilizadas.....	20
TABELA 8	Teores de cálcio nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio utilizadas.....	21
TABELA 9	Teores de magnésio nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio utilizadas.....	21
TABELA 10	Teores de enxofre nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio utilizadas.....	22
TABELA 11	Massa de mil grãos em função de fontes e doses de magnésio utilizadas	23
TABELA 12	Produtividade de grãos em função de fontes e doses de magnésio.....	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Produção de milho no Brasil.....	2
2.2. Importância do milho.....	5
2.3. Magnésio na cultura do milho.....	6
2.4. Funções do magnésio no milho.....	7
2.5 Fontes de magnésio.....	8
2.5.1. Calcário (9% <u>Mg</u>)	8
2.5.2. Sulfato duplo de potássio e magnésio (22% de K ₂ O, 11% de Mg e 22% de S)..	8
2.5.3 Sulfato simples de magnésio (9% de Mg e 11% de S).....	9
2.5.4 Silicato de magnésio (Mg ₃ SiO ₂).....	9
2.5.5 Magnesita (47,7% de MgO e 52,3% de CO ₂).....	9
2.6. Exigências nutricionais no milho.....	9
2.7. Necessidade de magnésio.....	11
2.8. Perdas e métodos de aplicação do magnésio.....	12
2.9. Deficiência de magnésio no milho.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1. Índice de clorofila.....	16
4.2. Teores foliares de nitrogênio.....	17
4.3. Teores foliares de fósforo.....	18
4.4. Teores foliares de potássio.....	19
4.5. Teores foliares de cálcio.....	20
4.6. Teores foliares de magnésio.....	21
4.7. Teores foliares de enxofre.....	22
4.8. Massa de mil grãos.....	22
4.9. Produtividade da cultura.....	24
5. CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

RESUMO

SILVA, A.D.J, Universidade de Rio Verde. Abril de 2015. Fontes e doses de magnésio na cultura do milho. Orientador: Prof. Dr. Carlos César Evangelista Menezes.

Para a cultura do milho, muito se tem estudado sob o ponto de vista de suas exigências nutricionais, sempre objetivando o aumento do rendimento agrícola. Diante disso, a adubação torna-se fundamental para obtenção destes resultados, principalmente pelo fornecimento do elemento magnésio, que muitas vezes é esquecido pelos agricultores. A falta do Mg nas plantas acarreta a insuficiência do teor de clorofila nas folhas, prejudicando no desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, na produção final. O objetivo de realizar este trabalho foi analisar a influência de fontes e doses de Mg na cultura do milho, verificando se há relação entre o elemento e os teores foliares de macronutrientes, índice de clorofila, massa de mil grãos e produtividade de grãos. O experimento foi instalado na área experimental do Centro Tecnológico Comigo, safra verão/inverno. No mesmo, foram avaliadas diferentes fontes de magnésio: a) calcário; b) sulfato duplo de potássio e magnésio; c) sulfato simples de magnésio; d) silicato de magnésio; e) óxido de magnésio; em diferentes doses de Mg : (1) 25 kg ha⁻¹, (2) 50 kg ha⁻¹, (3) 75 kg ha⁻¹ e (4) 100 kg ha⁻¹. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 (fontes) x 4 (doses de magnésio) + 1 (controle). As parcelas foram constituídas de 5 linhas de 7,00 m de comprimento com espaçamento de 0,50 m entre linhas, totalizando uma área de 17,5 m², sendo colhida apenas a área útil, considerada as três linhas centrais desprezando 1 m da bordadura, no total de 7,5 m². Os tratamentos foram aplicados ao solo no dia da semeadura do milho. O híbrido utilizado foi o RB 9108 PRO. No florescimento foram amostradas folhas para avaliação nutricional e para determinação do índice de clorofila. Constatou-se que o índice de clorofila não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. As fontes de magnésio com suas respectivas doses pouco influenciaram nos teores dos demais macronutrientes na folha de milho. Além disso, diferentes fontes e os incrementos das doses do elemento na cultura influenciaram a massa de mil grãos, mas não proporcionaram aumento da produtividade.

Palavras chave: adubação, faixas de suficiência, nutrição, produtividade.

ABSTRACT

SILVA, A.D.J, Universidade de Rio Verde. April de 2015. Sources and magnesium doses in corn. Advisor: Prof. Dr. Carlos César Evangelista Menezes.

For maize, much has been studied from the point of view of their nutritional requirements, aiming always to increase the agricultural income. Thus, fertilization is fundamental to achieving these results, especially for the supply of Mg element that is often overlooked by farmers. Lack of Mg in plants entails the inadequacy of the chlorophyll content in leaves, in impairing the development of the plant and, consequently, in the final production. The purpose of doing this work was to analyze the influence of sources and doses of Mg in maize, checking for relationship between the element and the leaf macronutrient, chlorophyll index, thousand grain weight and grain yield. The experiment was installed in crop summer/winter 2013 in the experimental area of the Technological Center. The same were evaluated different sources of magnesium: a) limestone; b) double sulphate of potassium and magnesium; c) simple magnesium sulfate; d) magnesium silicate; e) magnesium oxide; in different concentrations of Mg: (1) 25 kg ha⁻¹ (2) 50 kg ha⁻¹ (3) 75 kg ha⁻¹ and (4) 100 kg N ha⁻¹. The design was a randomized block with four replications, in a factorial 5 (sources) x 4 (doses of) + 1 (control). Plots consisted of 5 rows of 7 m long with 0,5 m spacing between rows, with a total area of 17.5 m² and only harvested floor area, considered the three core lines despising 1 m Surround a total of 7.5 m². Treatments were applied to the soil on the sowing of corn. The hybrid used was the RB 9108 PRO. At flowering leaves were sampled for nutritional assessment and determination of chlorophyll index. It was found that the chlorophyll content was not significantly different between treatments. The sources of magnesium with their respective doses had little influence on the content of other macronutrients in maize leaf. Furthermore, different sources and the increments of the dose element in the culture influence the weight of a thousand grains, but did not increase productivity.

Keywords: fertilization, sufficiency ranges, nutrition, productivity.

1. INTRODUÇÃO

O milho é o cereal mais produzido no mundo. Isto é devido à sua boa adaptabilidade a diferentes regiões e importâncias econômicas e alimentícias. O milho pode ser usado de distintas formas na alimentação humana: cozido, bolos, polenta, pamonha, curau, entre outros. E também pode ser industrializado na forma de rações, farinha, amidos, sementes, álcool e outros. Os maiores produtores mundiais da cultura são os Estados Unidos, China e Brasil, que na safra 2013/2014 produziram: 351,3; 218,5; e 79,3 milhões de toneladas, respectivamente. A estimativa para a safra de 2014/15 destes produtores mundiais de milho é: 361, 215 e 75 milhões de toneladas (DEAGRO/FIESP, 2015).

No Brasil, o milho ocupa lugar de destaque dentre as culturas, principalmente na safra verão/inverno. De acordo com a Conab (2014), os produtores diminuíram a área plantada em relação à safra verão/inverno anterior, em função das cotações do produto na época das programações de plantio e também pela evolução da safra norte americana. Sendo assim, a estimativa da área de plantio de milho segunda safra deverá atingir 9,18 milhões hectares, com volume de produção de grãos de 49,41 milhões de toneladas.

Nos últimos anos têm ocorrido importantes mudanças tecnológicas na cultura do milho no Brasil, que vem resultando em aumentos expressivos da produtividade. Pode-se destacar a conscientização dos produtores com a necessidade de melhoria na qualidade dos solos, buscando uma produção sustentada, que inclui, por exemplo, o manejo da fertilidade através da calagem e a adubação equilibrada com macro e micronutrientes (Coelho, 2007).

Um dos grandes desafios da agricultura é aumentar a produtividade das áreas agrícolas existentes, reduzindo a necessidade que novas áreas ou ecossistemas sejam utilizados para a produção de grãos (Sousa e Lobato, 2004). Os ganhos de produtividade que tanto se almeja são em função de todos os fatores de produção empregados nas lavouras. Desde a escolha da variedade, da fertilização até a colheita e armazenamento.

Duas ferramentas são indispensáveis na recomendação de adubação e no monitoramento do estado nutricional da cultura do milho: análise do solo e análise foliar. Ainda que a maior parte dos solos tenha teor de magnésio suficiente para o crescimento adequado das plantas, em solos arenosos, ácidos, formados em condições de alto índice pluvial podem ocorrer deficiências desse elemento. As deficiências de magnésio ocorrem

também em solos calcários em que a água de irrigação contém elevadas concentrações de bicarbonato ou ainda, em solos alcalinos (Lopes, 1998).

A cultura do milho é mais exigente em nitrogênio e potássio, seguido de cálcio, magnésio e fósforo. O magnésio é componente central da molécula de clorofila, influenciando diretamente o processo fotossintético e o metabolismo energético vegetal. Ele apresenta várias funções, entre elas o crescimento e o desenvolvimento das plantas. A sua deficiência na planta do milho pode causar amarelecimento nas margens das folhas mais velhas e entre as nervuras, dando o aspecto de estrias, o sintoma progride para as folhas mais novas.

O objetivo com este trabalho foi avaliar o índice de clorofila, teores foliares dos macronutrientes, massa de mil grãos e produtividade do milho em função de diferentes fontes e doses de magnésio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de milho no Brasil

O Brasil é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial de milho, com uma área cultivada de 15,12 milhões de hectares e produção de 82 milhões de toneladas. Com uma área agrícola total de 60 milhões de hectares, ocupando 7% de suas terras, estimado em 851 milhões de hectares, e uma produção ao redor de 190 milhões de toneladas, o Brasil é um país de grande importância no cenário agrícola mundial (Pioneer, 2014).

O principal destino do milho é a indústria de rações para animais, e o grão também é transformado em óleo, farinha, amido, margarina, xarope de glicose e flocos para cereais matinais (Mapa, 2014). Os principais países que importaram milho brasileiro no início do ano de 2015 foram: Vietnã, Irã, Indonésia, Malásia, Coreia do Sul, Japão, Taiwan, Arábia Saudita, Argélia e Egito (Conab, 2015).

O Vietnã teve um aumento considerável na importação em relação ao ano anterior sendo este correspondente a 140%. A Argélia e o Egito foram os países que mais diminuíram as importações em relação ao ano anterior. O Japão, Taiwan, Coreia do Sul e Malásia tiveram pouca alteração no volume de importação em relação ao ano anterior (Conab, 2015).

Segundo a Conab (2015), a expectativa para a produção nacional para o milho safra primavera/verão 2015 é de 29,7 milhões de toneladas, representando uma redução de 6,1%

em relação à safra anterior, que foi de 31,6 milhões de toneladas. A produção estimada para a safra verão/inverno 2015 deverá atingir 48,48 milhões de toneladas (Conab, 2015).

A região Centro-Oeste é a maior produtora de milho na segunda safra. A expectativa de plantio para safra verão/inverno 2015 está estimada em apresentar uma redução de 2,5% na área plantada, influenciada principalmente pelo atraso no plantio da soja. Estima-se na safra verão/inverno 2015 uma produção de 32,2 milhões de toneladas, com uma área plantada de 5,6 milhões de hectares (Conab, 2015).

A produção brasileira do milho nas safras primavera/verão e verão/inverno 2015 deverá atingir 78,2 milhões de toneladas, representando um decréscimo de 2,3% em relação à produção passada, que atingiu 80 milhões de toneladas (Conab, 2015).

A cultura do milho no Brasil vem passando por importantes mudanças tecnológicas, nos últimos anos, resultando em grandes aumentos da produtividade e produção. Entre essas tecnologias destacam-se algumas relacionadas com a melhoria da qualidade dos solos, buscando uma produção sustentada.

Esta melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao manejo adequado, que inclui entre outras práticas, a rotação de culturas, plantio direto, manejo da fertilidade através da calagem, gessagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos (Coelho, 2006).

O rendimento de uma lavoura de milho é decorrência do efeito do potencial genético da semente, das condições edafoclimáticas do local de plantio e do manejo da lavoura (Zago, 2011).

2.2. Magnésio na cultura do milho

Um dos fatores que afetam o rendimento do milho é a nutrição mineral de plantas. Dentre os macronutrientes, pode-se destacar o Mg, uma vez que é responsável ativamente por vários processos fundamentais para o crescimento e desenvolvimento da planta. Um destes é a fotossíntese, em que o elemento é componente da molécula de clorofila, com a qual a planta obtém energia para crescer e produzir.

O magnésio é o elemento central na clorofila; essencial para os cloroplastos, que são organelas que contém os tilacóides, que são compartimentos que contém Mg e onde a energia solar é convertida em energia química por meio da fotossíntese, atuando como co-fator e ativador de enzimas envolvidas na fixação do CO₂. A sua deficiência pode afetar outros processos metabólicos além da fotossíntese, como a respiração e absorção de nutrientes.

O magnésio tem papel fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os processos metabólicos e as reações particulares influenciados pelo Mg incluem: a) fotofosforilação (formação de ATP nos cloroplastos); b) fixação fotossintética do dióxido de carbono (CO₂); c) síntese proteica; d) formação de clorofila; e) carregamento dos nutrientes no floema; f) Separação e utilização de fotoassimilados (Wiend 2007).

Portanto, diversos processos fisiológicos e bioquímicos críticos nas plantas são adversamente afetados pela deficiência de Mg, levando a prejuízos no crescimento e na produção. Na maioria dos casos, o envolvimento do Mg nos processos metabólicos está relacionado com a ativação de enzimas. Uma importante enzima Mg-ativada é a ribulose-1,5-bisfosfato (RuBP) carboxilase/oxidase (rubisco) – enzima-chave no processo da fotossíntese e a mais abundante no planeta (Cakmak e Yazici, 2010).

O magnésio é mais abundante nos tecidos novos, alimentados pelo floema principalmente em vias de crescimento, existindo uma diferença com o cálcio que tende a se acumular nos órgãos mais velhos, devido a pouca mobilidade no floema. Durante o ciclo de vida, a marcha de absorção e acúmulo do magnésio, em função do tempo, é comumente representada por uma curva sigmoide que acompanha a produção de matéria seca (Malavolta, 2006).

A disponibilidade de Mg pode ser afetada pela presença de outros íons, podendo ocorrer interações positivas ou negativas entre os íons disponíveis, afetando assim a disponibilidade ou absorção dos mesmos. Segundo Wiend (2007), deve haver um balanço ideal entre Ca, Mg e K. Altos níveis de potássio podem deprimir a assimilação de Mg, devido à uma absorção preferencial de K pelas plantas. Baixos teores de Mg no solo podem limitar a produção de grãos e de biomassa (Canizella, 2014).

Observando as relações dos teores de Mg com outros elementos, Clark et al. (1997), citado por Salvador et al. (2011), notaram que no milho ocorreu redução na concentração de cálcio da parte aérea com o aumento da aplicação de magnésio ao solo.

2.4. Funções do magnésio no milho

Para Wiend (2007), as funções predominantes do Mg são como átomo central na molécula da clorofila, participação nas reações de carboxilação da fotossíntese, atuando como coenzima na fixação de CO₂. Favorece uma melhor utilização dos açúcares sintetizados pela planta (partição de fotoassimilados). Ainda, participa na fecundação e vingamento dos frutos (Guerra, 2010).

Malavolta (1989) refere-se a uma função do magnésio, que é de ajudar na absorção e redistribuição do fósforo na planta. Durante a maturação, magnésio e fósforo movimentam-se juntos para as sementes, ou seja, sem magnésio no solo praticamente não há absorção de fósforo pelas raízes.

Segundo Epstein e Bloom (2006), o magnésio ativa mais enzimas que qualquer outro nutriente mineral. É fundamental no processo efetivo da fotossíntese e, conseqüentemente, da atividade celular e influencia a velocidade de crescimento vegetal. Assim, sua disponibilidade ao longo do ciclo é imprescindível para garantir o desempenho satisfatório da planta de milho (Fancelli, 2010).

Benites (2012) explica que o magnésio tem forte influência sobre o enchimento dos grãos e sua carência na fase reprodutiva pode comprometer seriamente a produtividade das culturas.

2.5. Fontes de magnésio

A principal forma para se avaliar a fertilidade do solo é através da análise química, identificando e quantificando as condições adversas do solo para o melhor desenvolvimento da cultura, como acidez, salinidade, toxidez de alumínio. Assim a análise do solo avalia a fertilidade, predizendo a necessidade de corretivos e fertilizantes a serem utilizados (MARTINEZ *et al.*, 2000).

De acordo com Wiend (2007), o magnésio é o 8º mineral mais abundante na crosta terrestre, ele origina-se do intemperismo de rochas contendo minerais primários como dolomita e silicatos com Mg (hornblenda, olivina, serpentina e biotita) ou ainda em minerais de argila secundários, como clorita, illita, montmorilonita e vermiculita. A principal fonte natural de Mg são as rochas eruptivas, sedimentares e metamórficas (Malavolta, 2006).

Na agricultura, o Mg é fornecido principalmente na forma de calcário, mas também pode ser fornecido às plantas como sulfato e óxido de Mg e Magnesita. O Mg é considerado um macronutriente secundário na adubação devido a sua quantidade aplicada (Raij, 2011).

2.5.1. Calcário

O calcário é uma rocha que contém uma quantidade significativa de carbonato de cálcio (CaCO₃) e dolomita. Um calcário deve ser escolhido com base em seus teores de cálcio

e magnésio e sua pureza química. Se os níveis desses macronutrientes no solo não estiverem acima de suas necessidades mínimas, os outros nutrientes adicionados pelos fertilizantes não farão com que se atinjam as maiores produtividades, mesmo que se utilizem espécies ou variedades que respondam bem à adubação. Além de corrigir a acidez do solo, o calcário supre melhor as demandas de macronutrientes como cálcio e magnésio, cujos níveis adequados no solo devem ser mantidos (Calpar, 2014).

2.5.2. Sulfato duplo de potássio e magnésio

O sulfato duplo de potássio e magnésio é um fertilizante normalmente processado a partir da langbeinita [$K_2Mg_2(SO_4)_3$]. A langbeinita é um minério sedimentar extraído a 300 m de profundidade, sendo a região sudeste do Novo México, EUA, a maior reserva do mundo. Contém aproximadamente 22% de K_2O , 11% de magnésio e 22% de enxofre (Nascimento et al., 2008). É obtido a partir de sais de potássio, com adição de sais de magnésio.

2.5.3. Sulfato de magnésio

O sulfato de magnésio é utilizado para fornecer os macronutrientes magnésio e o enxofre (na forma de sulfato) para preparação de meios de cultura, adubação foliar, recuperação dos solos, adubação convencional, preparo de quelatos, hidroponia, pesquisas e uso em laboratórios em geral. Ao ser dissolvido em água se dissocia em um íon magnésio (Mg^{2+}) e um íon sulfato (SO_4^{2-}), esses íons podem ser prontamente absorvidos pelas raízes e folhas das plantas, sendo ideal para o uso em hidroponia, fertirrigação, adubação foliar e irrigação do solo (PHBIO, 2014). É obtido por meio da reação do óxido de magnésio com ácido sulfúrico.

2.5.4. Silicato de magnésio

O silicato de magnésio (Mg_3SiO_2) é conhecido como talco, mineral de constituição inorgânica, quimicamente inerte, extraído de jazidas e beneficiado em diversas faixas granulométricas de acordo com a aplicação desejada. Apresenta-se na forma cristalina lamelar conferindo ao mineral suavidade ao toque (Ouro Branco, 2014).

2.5.5. Magnesita

A principal fonte natural de magnésio é a Magnesita. Sua fórmula química apresenta 47,8% de MgO e 52,2% de CO₂. A Magnesita é uma matéria-prima nobre, amplamente utilizada na obtenção de magnésio metálico e de alguns compostos de magnésio, utilizados nas indústrias farmacêutica, química e de refratários (Correia, 2001).

2.6. Exigências nutricionais no milho

Aproximadamente 90% dos Latossolos e Argissolos dos cerrados do Brasil, apresentam deficiência de magnésio, isso é resultado do alto grau de intemperismo e lixiviação. A interação de vários fatores interfere nas quantidades perdidas, tais como: conteúdo de Mg no solo, concentrações de H⁺ e Ca²⁺, taxa de intemperismo, intensidade de lixiviação e retirada de plantas (Wiend, 2007).

Em virtude da grande extração de nutriente do solo, a cultura do milho necessita que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas, para que ele possa expressar seu potencial produtivo (Amaral Filho et al., 2005).

De maneira geral, as absorções de N, P, K, Ca e Mg aumentam linearmente com o aumento da produtividade da cultura do milho, sendo o N o nutriente absorvido em maior quantidade, seguido por K, P, Ca e Mg (Vasconcellos et al., 1983; Coelho e França, 1995). Segundo Ferreira (2009), avaliando diferentes genótipos por duas safras consecutivas, encontrou concentrações de macronutrientes extraídos na seguinte ordem: N > K > Mg > Ca > P para a maioria dos híbridos avaliados no primeiro ano de avaliação; K > N > Ca = Mg > P para todas as variedades melhoradas e regionais no primeiro ano de avaliação; N > K > P > Mg > Ca para a maioria dos híbridos avaliados no segundo ano; K > N > P > Mg > Ca para todas as variedades melhoradas e regionais, também no segundo ano de avaliação.

O conhecimento da taxa de absorção e exportação de macronutrientes e de micronutrientes pela planta é de fundamental importância para o planejamento da adubação de manutenção. Todavia, não se deve considerar os valores exatos apresentados nas tabelas, pois as mesmas representam situações específicas em relação a clima, região e genótipo. Desta feita, a importância dessas tabelas diz respeito à possibilidade do conhecimento das necessidades comparativas entre os nutrientes e da ordem de grandeza da demanda. A Tabela 1 apresenta uma referência sobre a interpretação dos teores de macronutrientes no solo.

Tabela 1. Interpretação dos teores de macronutrientes em solos do cerrado (adaptado de Raij et al., 1996 ; Ribeiro et al., 1999 e Vitti, 1989)

Teor	P ⁽¹⁾	K	Ca	Mg	S ⁽²⁾	S ⁽³⁾
	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³	
Muito Baixo	0-6	0,0-0,07	0,0-0,4	0,0-0,15	0,0-5,0	0,0-2,5
Baixo	7-15	0,08-0,15	0,41-1,2	0,16-0,45	5,1-10,0	2,5-5,0
Médio	16-40	0,16-0,30	1,21-2,40	0,46-0,90	10,1-15,0	5,1-10,0
Alto	41-80	0,31-0,60	2,41-4,00	0,90-1,50	15,0-20,0	10,0-15,0
Muito Alto	>80	>0,60	> 4,00	>1,5	>20,0	>15,0

(1) Resina sintética (extrator)

(2) NH₄Oac.HOAc. (extrator)

(3) Ca (H₂PO₄)₂ – 5000 ppm P (extrator)

Os valores críticos de macronutrientes na folha, relacionados à cultura do milho, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Interpretação dos teores foliares de macronutrientes adequados para a cultura do milho

Citação	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
(1)	27,5-32,5	1,9-3,5	17,5-29,5	2,3-4,0	1,5-4,0	1,5-2,1
(2)	27-35	1,9-4,0	17-35	3-10	1,5-5,0	1,5-3,0
(3)	30-40	2,0-4,0	20-40	3-7	1,7-5,0	1,5-3,0

(1) Bull (1993)

(2) Raij ; Cantarella (1996)

(3) Fancelli (2000)

Para Cruz et al. (2009), a obtenção de altas produtividades na cultura do milho é consequência de altas adubações tanto no plantio como em cobertura, comprovando que o milho é uma cultura muito exigente e muito responsiva a adubações e que sua alta produtividade está diretamente ligada ao correto método de adubação.

2.7. Necessidade de magnésio

Os nutrientes extraídos durante o ciclo de qualquer planta são determinantes das necessidades nutricionais da mesma. Portanto a extração total dependerá do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada (Coelho e França, 1995). De acordo com Malavolta (2006), a necessidade de Mg para um ótimo crescimento das plantas está na faixa de 1,5 a 5 dag kg⁻¹ da matéria seca da folha diagnóstico.

Dados médios de experimentos conduzidos por Coelho (2008) dão ideia da extração de nutrientes pelo milho e mostram que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam linearmente com o aumento na produtividade e, ainda, que a maior exigência da cultura refere-se a nitrogênio e a potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo. Em relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas.

Tabela 3. Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos com diferentes produtividades

Tipo de Exploração	Produtividade	Nutrientes extraídos				
		N	P	K	Ca	Mg
	-----t/ha-----	----- kg ha ⁻¹ -----				
Grãos	4	77	9	83	10	10
	6	100	19	95	17	17
	8	167	33	113	27	25
	10	217	42	157	32	33

Fonte: (modificado de Coelho e França, 1995)

Os nutrientes têm diferentes taxas de translocação entre os tecidos vegetais (raiz, hastes/colmos, folhas e grãos). No que se refere à exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77% a 86%), seguido pelo nitrogênio (70% a 77%), enxofre (60%), magnésio (47% a 69%), potássio (26% a 43%) e cálcio (3% a 7%). Isso implica que a manutenção dos restos culturais do milho na área de cultivo devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada (Coelho, 2008).

2.8. Perdas e métodos de aplicação do magnésio

As perdas de magnésio e cálcio no solo por lixiviação são a principal causa da acidificação dos solos e das necessidades de aplicações periódicas de corretivos de acidez. O ideal é o calcário ser aplicado de dois a três meses antes da primeira adubação em culturas perenes ou anuais, para que ocorram as reações no solo, pois é um material de baixa solubilidade, de reação lenta. Porém, ele sempre deve ser aplicado, mesmo se não houver esse tempo (Calpar, 2014).

Recomenda-se que a aplicação do calcário seja a mais uniforme possível, em todo o terreno, de modo que ocorra a mistura com as partículas do solo, aumentando a superfície de

contato. A incorporação do calcário precisará ser a mais profunda possível, a profundidades maiores que 20 cm (Calpar, 2014).

Dependendo da situação, caso a incorporação seja rasa, vai ocorrer uma “supercalagem” em uma camada superficial, podendo causar prejuízos para a cultura como: agravar deficiência de micronutrientes e limitar o desenvolvimento radicular, prejudicando o aproveitamento da água no solo. Essa observação ainda é mais relevante quando se recomendam quantidades superiores a 4 toneladas por hectare. Nessa situação, sugere-se o parcelamento em duas vezes, ou seja, metade antes da aração e a outra metade após essa operação, seguindo-se a esta última uma gradagem. (Pitta et. al, 2002).

2.9. Deficiência de magnésio no milho

Quando um nutriente está em deficiência, esse desequilíbrio pode ser percebido por meio dos sintomas visuais, caracterizados como alterações foliares na coloração, no tamanho e outras (Ramos et al., 2006).

Dependendo do nutriente que será translocado pela planta, os sintomas aparecem de maneira preferencial nas folhas velhas ou novas. No caso de elementos móveis, os sintomas são mais severos nas folhas mais velhas. No caso de elementos pouco móveis ou imóveis, os sintomas são mais marcantes nas folhas novas (Malavolta, 2006).

De acordo com Guerra (2010), como o magnésio é um elemento móvel, os sintomas aparecem nas folhas mais velhas, primeiramente com cloroses internervais, que passam em casos mais graves a necroses.

O magnésio é muito móvel no floema sendo translocado das folhas mais velhas para as mais novas ou para os pontos de crescimento final (Vitti et al., 2006). Em frutos e tecidos de reserva, dependentes do floema para o suprimento mineral, encontram-se mais K e Mg do que o cálcio.

Para Silva (2011), a deficiência de magnésio nas plantas de milho reduz o diâmetro do colmo da planta, altura da planta, número total de folhas, massa seca da parte aérea e da raiz.

Segundo Cakmak e Yazici (2010), a despeito do papel bem conhecido do magnésio em várias funções críticas na planta, surpreendentemente, há pouca pesquisa relacionada ao papel da nutrição com magnésio na produção e qualidade agrícola. Por isso, muitas vezes o magnésio é considerado um elemento esquecido. No entanto, a deficiência de magnésio torna-se cada vez mais um importante fator limitante nos sistemas intensivos de produção,

especialmente em solos adubados apenas com N, P e K. Em particular, o esgotamento de magnésio dos solos é uma crescente preocupação para a agricultura de alta produtividade.

Freitas et al. (2011), observaram os primeiros sintomas de deficiência de Mg nas plantas de maracujazeiro doce 36 dias após o início da aplicação do tratamento com deficiência de Mg. As folhas velhas apresentaram clorose internerval, com uma faixa estreita de tecido verde ao longo das nervuras, e com a progressão da deficiência as folhas tornaram-se amarelas, com parte das margens necrosada e queda intensa de folhas. Foi observado também o não florescimento.

Ramos et al. (2009), observaram na fase da colheita de frutos de abacaxizeiro induzidos a deficiência de Mg, que ocorreu um amarelecimento, seguido de necrose na base das folhas da planta e da coroa do fruto.

Para atingir a máxima eficiência do fertilizante é importante determinar as épocas em que os nutrientes são mais exigidos pelas plantas, para assim permitir que se corrijam as deficiências que venham a ocorrer no desenvolvimento da cultura (Mar et al., 2003). A absorção de nutrientes é variada ao longo do ciclo da cultura (Pôrto et al., 2006). Por isso, além da quantidade absorvida de nutrientes, considera-se também a concentração nos diversos estádios do desenvolvimento (Malavolta et al., 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na safra verão/inverno, no dia 03/01/2013 em área experimental do Centro Tecnológico Comigo, no município de Rio Verde - GO, localizado na região Sudoeste do Estado de Goiás, a 750 m de altitude, nas coordenadas: latitude (S) - 17° 47' 53"; longitude (W) - 51° 55' 53", em Latossolo Vermelho escuro distroférico (tabela 4). Na área experimental, o sistema de cultivo é plantio direto, sendo comum a prática de sucessão de culturas.

Tabela 4. Resultado da análise de macronutrientes no solo

Resultado da análise do solo - Macronutrientes (Mehlich)												
pH	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H + Al	K	K	P Mel	M. Org.	S Bases	CTC	Sat. Bases
CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³					g dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		%	
4,2	0,7	0,33	0,37	0,71	3,4	0,06	23,5	5,96	14,2	0,76	4,16	18,27

Foi utilizado o híbrido de milho (RB 9108 Pro), recomendado para cultivo com alto investimento (híbrido simples). O experimento foi conduzido em área cultivada sob sistema de plantio direto, apresentando teor médio de 0,37 cmol_c dm⁻³ de Mg, teor considerado baixo no solo. A população adotada foi de 67.000 plantas ha⁻¹, correspondendo assim, a recomendação do híbrido.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 (fontes) x 4 (doses de magnésio) + 1 (controle). As parcelas foram de 5 linhas de 7,00 m de comprimento e espaçamento de 0,50 m entre linhas, totalizando uma área de 17,5 m². Foi colhida apenas a área útil, considerada as três linhas centrais desprezando 1 m da bordadura, no total de 7,5 m².

Foram avaliadas 5 fontes de magnésio: calcário (9% de Mg), sulfato duplo de potássio e magnésio (11% de Mg), sulfato de magnésio (9% de Mg), silicato de magnésio (31,7% de Mg), óxido de magnésio (27% de Mg). Os níveis do fator dose foram: 25 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 75 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ de magnésio e um tratamento controle (sem aplicação de magnésio).

A semeadura do híbrido foi realizada no dia 03 de janeiro de 2013, sendo utilizado Thiamethoxam na dose de 120 ml ha⁻¹ para tratamento de sementes. A adubação de semeadura foi realizada utilizando-se o adubo formulado 08-20-18 (N-P-K), na dose 300 kg ha⁻¹. Houve aplicação de gesso para nivelamento dos teores de enxofre no solo, corrigindo a influência das fontes contendo o mesmo. Foi realizada uma adubação potássica (KCl) de cobertura no dia 22 de janeiro de 2013, para nivelar os teores do nutriente com suas fontes utilizadas contendo o mesmo.

A ureia foi aplicada quando as plantas estavam em V3 e V6, nas doses de 67,5 kg ha⁻¹ cada, sendo a primeira cobertura no dia 23 de janeiro de 2013, e a segunda com um intervalo de 15 dias. No estágio R1 foi utilizado o fungicida Opera, de ação sistêmica, composto pela mistura de estrobirulina (piraclostrobina) e triazol (epoxiconazol), na dose de 0,75 L ha⁻¹.

Para a determinação do índice de clorofila e obtenção dos teores de macronutrientes nas folhas foi realizada amostragem foliar no estágio R1, conforme a metodologia de Sousa e Lobato (2004), coletando-se o terço médio da folha oposta e abaixo da espiga de 15 plantas

por parcela, sem a nervura central. Utilizou-se o clorofilômetro SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) para as determinações do índice de clorofila.

As amostras foliares foram encaminhadas para o Laboratório de análises da Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste de Goiás – Comigo, para determinação dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S. A colheita foi realizada no dia 06/06/2013. A umidade dos grãos foi corrigida para 13%, possibilitando assim a avaliação da produtividade e massa de mil grãos.

Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o software estatístico ASSISTAT. Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Na comparação de contrastes entre as fontes de magnésio e o controle, foi utilizado o teste de Dunnett, e para a análise das doses de magnésio foi utilizado a regressão polinomial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índice de clorofila

Pode-se observar que os índices de clorofila foram pouco influenciados pelas fontes e doses de magnésio aplicadas (Tabela 5). Portanto, os tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si.

Tabela 5. Índices de clorofila na folha de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio

Fontes	Doses (kg ha ⁻¹ de Mg)				Média
	25	50	75	100	
	Índices Clorofila				
Calcário	56,95	59,10	57,90	60,35	58,57
Sulfato duplo de potássio e magnésio	58,05	58,68	58,63	58,98	58,58
Sulfato de magnésio	57,85	59,85	59,28	60,10	59,27
Silicato de magnésio	57,85	59,28	58,35	60,63	59,02
Óxido de Magnésio	59,65	59,15	61,48	63,10*	60,84
Média	58,07	59,21	59,12	60,63	
Controle					56,60
CV (%)			4,02		

Médias seguidas por asterísco diferem significativamente do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Os níveis iniciais de magnésio presentes no solo eram $0,37 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, porém foram suficientes para atender a necessidade de extração da cultura, ou seja, o incremento dos tratamentos, aliado aos níveis de magnésio iniciais no solo, disponibilizaram uma maior quantidade do elemento para a planta, não sendo limitante para que os índices de clorofila se diferenciasssem estatisticamente.

Na dose de 25 kg ha^{-1} de Mg a média dos índices de clorofila para todas as fontes foi 58,07 e quando foi aplicada a dose de 100 kg ha^{-1} de Mg a média dos índices de clorofila foi 60,63. Pode-se afirmar que em todas as fontes, o aumento das doses de magnésio resultou em oscilações nos índices de clorofila, as quais não foram significativas, porém, houve uma tendência de aumento.

Quando se compara as médias de cada teor de magnésio com a média do controle, não se identifica diferença significativa, com exceção, do tratamento com Óxido de Magnésio na dose de 100 kg ha^{-1} , ou seja, esta dose e fonte de magnésio proporcionou aumento significativo do índice de clorofila, quando comparada à não utilização de nenhuma fonte do nutriente, possivelmente por fatores relacionados ao erro experimental.

Em experimento realizado por Canizella (2014) em casa de vegetação, utilizando-se um Neossolo Quartzarênico distrófico, foram testadas quatro doses de Mg (0, 50, 100 e 200 mg kg^{-1}) obtidas utilizando-se a fonte cloreto de magnésio. Foram utilizadas cinco cultivares de feijoeiro do grupo carioca (BRS Estilo, BRS Ametista, IPR Campos Gerais, IPR Tangará e IAPAR 81). Verificou-se que o índice de clorofila foi aumentando de acordo com o aumento das doses de magnésio, exceto na cultivar IPR Tangará, em que a aplicação de Mg aumentou os índices de clorofila só até 50 mg kg^{-1} . No entanto, os resultados obtidos por Canizella (2014) divergem dos obtidos neste trabalho.

A obtenção de uma resposta pouca expressiva pode ser devido ao teor de magnésio no solo, que apesar de ser considerado baixo, foi suficiente para suprir a necessidade da cultura.

4.2 Teores foliares de nitrogênio

É importante ressaltar que houve fornecimento de nitrogênio para as plantas por meio das adubações de semeadura e cobertura, além do residual deixado pela cultura da soja no ano anterior. Estes fatores foram fundamentais para obtenção dos teores foliares adequados. Portanto, a quantidade de nitrogênio foi suficiente para a nutrição da planta. Assim, os teores de nitrogênio nas folhas de milho não diferiram em função das diferentes fontes e doses de magnésio.

Tabela 6. Teores de nitrogênio nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio

Fontes	Doses (kg ha ⁻¹ de Mg)				Média
	25	50	75	100	
	g kg ⁻¹ de N				
Calcário	35,18	35,70	34,05	34,53	34,86
Sulfato duplo de potássio e magnésio	34,98	35,98	35,10	34,78	35,21
Sulfato de magnésio	33,60	35,13	35,25	33,90	34,47
Silicato de magnésio	34,48	35,20	35,70	35,00	35,09
Óxido de Magnésio	35,58	35,20	34,30	35,00	35,02
Média	34,76	35,44	34,88	34,64	
Controle					35,06
CV (%)			3,39		

O fornecimento de magnésio, independente da fonte ou dose não alterou o teor de nitrogênio nas plantas, pois, a interação desses nutrientes em relação à absorção pela cultura é mínima. Segundo Sousa e Lobato (2004), os teores foliares de nitrogênio encontrados estão adequados à cultura do milho cultivado no cerrado (28 a 35 g kg⁻¹).

4.3 Teores foliares de fósforo

Verificando os teores médios de fósforo nas folhas de milho, observou-se que não houve diferenças significativas entre as fontes e doses de magnésio. Os teores médios variaram entre 3,37 e 3,48 g kg⁻¹ de P.

Tabela 7. Teores de fósforo nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função das fontes e doses de magnésio

Fontes	Doses (kg ha ⁻¹ de Mg)				Média
	25	50	75	100	
	g kg ⁻¹ de P				
Calcário	3,58	3,23	3,30	3,37	3,37
Sulfato duplo de potássio e magnésio	3,23	3,58	3,59	3,52	3,48
Sulfato de magnésio	3,26	3,43	3,37	3,35	3,35
Silicato de magnésio	3,20	3,32	3,42	3,58	3,38
Óxido de Magnésio	3,37	3,31	3,38	3,44	3,38
Média	3,33	3,37	3,41	3,45	
Controle					3,34
CV (%)			9,07		

Portanto, as doses e fontes aplicadas de magnésio influenciaram o teor de fósforo nas folhas de milho. O teor de P ideal para o milho varia de 1,8 a 3,0 g kg⁻¹, de acordo com os estudos de Sousa e Lobato (2004).

Em todos os tratamentos os teores de fósforo estavam maiores que os ideais, assim, as plantas absorveram a quantidade necessária do nutriente, não afetando os teores médios nas folhas. Esta disponibilidade foi em virtude do solo apresentar seu teor de fósforo considerado elevado (65 mg dm⁻³), além do fornecimento do mesmo através da adubação de semeadura.

4.4 Teores foliares de potássio

Os teores médios de potássio encontrados nas folhas do milho apresentaram diferenças significativas em função das fontes utilizadas (Tabela 8). A maior média foi identificada nas amostras obtidas do tratamento que recebeu a fonte óxido de magnésio (23,73 g kg⁻¹ de K), e a menor média no tratamento com sulfato duplo de potássio e magnésio (21,20 g kg⁻¹ de K), assim se diferenciaram significativamente.

Os tratamentos com a presença óxido de magnésio (fonte pouco solúvel) receberam correção de cobertura com KCl, (fonte altamente solúvel). O fornecimento de potássio, desfavoreceu a absorção de magnésio, ou seja, o magnésio estava pouco disponível para a planta devido à baixa solubilidade da fonte, diferentemente do potássio que estava prontamente disponível através do fornecimento do cloreto, ocorrendo uma inibição competitiva entre eles.

Além disso, é importante ressaltar a presença da série liotrópica, ou seja, a série preferencial de adsorção dos cátions às cargas negativas do solo. O magnésio é mais retido que o potássio, tornando-o menos disponível para as plantas. Assim, houve uma maior absorção de potássio pela planta, resultando no alto teor obtido.

Segundo Fonseca (1995), relações antagônicas entre a absorção de potássio e magnésio foram detectadas, visto que, em ambientes de baixa concentração de magnésio houve um aumento significativo na absorção de potássio.

As fontes calcário, sulfato de magnésio e silicato de magnésio não diferiram significativamente entre si, ou seja, apresentaram comportamento semelhante. Possivelmente, a correção para o equilíbrio dos teores de potássio no solo homogeneizou a absorção e acúmulo do elemento.

Os resultados estão em consonância com os de Sousa e Lobato (2004) que descrevem que os teores adequados para a cultura do milho variam de 13 a 30 g kg⁻¹ de K. Portanto, os

teores do elemento no solo não foram limitantes, pois os teores de potássio das folhas estavam dentro da faixa adequada.

Tabela 8. Teores de potássio nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio

Fontes	Doses (kg ha ⁻¹ de Mg)				Média
	25	50	75	100	
	g kg ⁻¹ de K				
Calcário	23,79	22,02	24,43	22,88	23,28 ab
Sulfato duplo de potássio e magnésio	20,33	22,89	21,95	19,65	21,20 b
Sulfato de magnésio	22,67	24,20	23,78	23,31	23,49 ab
Silicato de magnésio	23,56	23,35	23,97	22,76	23,41 ab
Óxido de Magnésio	23,63	23,81	24,27	23,20	23,73 a
Média	22,79	23,35	23,68	22,36	
Controle					23,03
CV (%)	10,10				

Médias seguidas por mesma letra, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.5 Teores foliares de cálcio

Com relação aos teores médios de cálcio encontrados nas folhas de milho não houve diferenças significativas entre as fontes e doses de magnésio aplicadas. Os teores de cálcio variaram de 4,40 a 5,12 g kg⁻¹ (Tabela 9). Para a nutrição e desenvolvimento ideais da cultura do milho Sousa e Lobato (2004) indicam valores entre 2,5 a 10 g kg⁻¹. Portanto, o teor de Ca existente no solo não foi limitante à absorção pela planta. Vale ressaltar que a relação ideal de Ca/Mg no solo, para a cultura do milho, deverá estar no intervalo entre 3 e 5.

Tabela 9. Teores de cálcio nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio

Fontes	Doses (kg ha ⁻¹ de Mg)				Média
	25	50	75	100	
	g kg ⁻¹ de Ca				
Calcário	4,55	4,26	4,51	5,02	4,58
Sulfato duplo de potássio e magnésio	5,29	4,90	4,55	5,73	5,12
Sulfato de magnésio	4,77	4,84	4,54	4,47	4,65
Silicato de magnésio	4,62	5,03	5,30	4,54	4,87
Óxido de Magnésio	4,53	4,34	4,81	3,94	4,40
Média	4,75	4,67	4,74	4,74	
Controle					4,72
CV (%)	17,0				

Para Bull (1986), a absorção de um nutriente pela planta depende dos cátions dissolvidos na solução do solo em equilíbrio com o complexo de troca. Com isso, a utilização de corretivos e fontes que fornecem relações adequadas de cálcio e magnésio resulta em equilíbrio nutricional, promovendo crescimento das plantas (ROSOLEM et al., 1984).

Büll e Nakagawa (1995), avaliando as relações Ca:Mg e adubação NPK observaram aumento na concentração de Ca no tecido foliar com o aumento da relação Ca:Mg no solo. Contudo, as fontes em questão disponibilizaram um suprimento adequado de magnésio, o que não foi suficiente para provocar diferenças significativas nos teores médios de cálcio.

4.6 Teores foliares de magnésio

Os teores médios de magnésio encontrados no tecido vegetal variaram de 1,53 a 1,99 g ha⁻¹, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos, conforme tabela 10.

Tabela 10. Teores de magnésio nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio utilizadas

Fontes	Doses (kg ha ⁻¹ de Mg)				Média
	25	50	75	100	
	g kg ⁻¹ de Mg				
Calcário	1,65	1,47	1,53	1,47	1,53
Sulfato duplo de potássio e magnésio	2,27	1,53	1,87	2,29	1,99
Sulfato de magnésio	2,16	1,42	1,90	1,74	1,80
Silicato de magnésio	1,55	1,74	1,44	1,65	1,59
Óxido de Magnésio	1,71	1,68	1,62	1,65	1,66
Média	1,87	1,57	1,67	1,76	
Controle					1,62
CV (%)			28,52		

Se comparados os resultados deste trabalho com os resultados de Sousa e Lobato (2004), observa-se que valores estão dentro da faixa adequada para as plantas de milho (1,5 a 5,0 g kg⁻¹ de Mg). Além disso, independentemente da dose ou fonte, as quantidades de magnésio disponibilizadas foram suficientes para suprir as necessidades da planta, e conseqüentemente não interferiram significativamente no teor médio acumulado nas folhas.

4.7 Teores foliares de enxofre

Considerando os teores médios de enxofre nas folhas de milho, observou-se que não houve diferenças significativas entre as fontes e doses de magnésio avaliadas (Tabela 11). De acordo com Sousa e Lobato (2004) o teor foliar de S ideal para o milho situa-se entre 1,4 e 3,0 g kg⁻¹. Portanto, os tratamentos utilizados foram adequados ao desenvolvimento do milho.

Tabela 11. Teores de enxofre nas folhas de milho no estágio fenológico R1 em função de fontes e doses de magnésio utilizadas

Fontes	Doses (kg ha ⁻¹ de Mg)				Média
	25	50	75	100	
	g kg ⁻¹ de S				
Calcário	2,44	2,30	2,39	2,39	2,38
Sulfato duplo de potássio e magnésio	2,42	2,42	2,48	2,47	2,45
Sulfato de magnésio	2,62	2,26	2,50	2,38	2,44
Silicato de magnésio	2,30	2,47	2,26	2,34	2,34
Óxido de Magnésio	2,41	2,50	2,25	2,41	2,39
Média	2,44	2,39	2,38	2,40	
Controle					2,37
CV (%)			9,82		

4.8 Massa de mil grãos

Para a massa de mil grãos houve diferença significativa entre as fontes sulfato duplo de potássio e magnésio e a fonte sulfato simples de magnésio.

Tabela 12. Massa de mil grãos em função de fontes e doses de magnésio utilizadas

Fontes	Doses (kg ha ⁻¹ de Mg)				Média
	25	50	75	100	
	Massa de Mil Grãos (g)				
Calcário	361,8	364,8	361,0	363,8	362,8ab
Sulfato duplo de potássio e magnésio	369,0*	366,0*	363,8	369,8*	367,1a
Sulfato de magnésio	365,5*	354,5	353,3	360,5	358,4b
Silicato de magnésio	362,0	367,3*	362,3	359,8	362,8ab
Óxido de Magnésio	360,0	366,0*	356,8	370,0*	363,2ab
Média	363,7	363,7	359,4	364,7	
Controle					347,8
CV (%)			2,26		

Médias seguidas por mesma letra, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas por asterísco diferem significativamente do controle a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnet.

A maior massa de grãos obtida foi referente ao tratamento que recebeu a fonte sulfato duplo de potássio e magnésio. Contudo, é importante ressaltar que esta fonte apresentou os menores teores foliares de potássio. Portanto, as plantas desse tratamento foram favorecidas pela absorção de magnésio, ou seja, a menor absorção de potássio proporcionou uma maior absorção de magnésio.

Este fato provavelmente possibilitou uma maior translocação (partição e alocação) de fotoassimilados para os grãos, que eram os drenos principais no final do ciclo da cultura. Este comportamento está de acordo com os resultados de Fernandes & Souza 2007, em que plantas melhores nutridas com magnésio translocam os fotoassimilados mais eficientemente aos seus drenos. Segundo os mesmos, este comportamento representa uma das principais funções do magnésio.

A capacidade dos grãos (drenos) de alocar e utilizar os fotoassimilados produzidos e as relações estabelecidas entre esses fatores determina o potencial da massa de grãos na cultura (Magalhães & Jones, 1990).

A absorção de potássio é mais acentuada no início do ciclo da planta e vai reduzindo gradativamente. Assim, os tratamentos que receberam KCl em cobertura podem ter limitado a disponibilidade de K antes da cobertura, quando a absorção é acentuada.

Portanto, não houve limitação de potássio pelas demais fontes a ponto de influenciar a massa de mil grãos. Este fato pode estar relacionado à marcha de absorção dos tratamentos que receberam KCl em cobertura, que podem ter limitado a disponibilidade de K no início.

As demais fontes não diferiram estatisticamente entre si. Houve uma tendência de aumento da massa de mil grãos de acordo com o acréscimo das doses de magnésio, porém as variações observadas estão vinculadas aos fatores relacionados ao erro experimental.

4.9. Produtividade de grãos da cultura

Em relação à produtividade de grãos, todos os tratamentos testados não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 13). Os níveis foliares de todos os nutrientes encontravam-se na faixa adequada.

Tabela 13. Produtividade de grãos em função de fontes e doses de magnésio

Fontes	Doses (kg ha ⁻¹ de Mg)				
	25	50	75	100	Média
	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
Calcário	7305,2	7142,7	7138,3	6863,5	7112,4
Sulfato duplo de potássio e magnésio	7198,5	7307,5	7990,5	6949,5	7361,5
Sulfato de magnésio	7663,5	7934,2	7902,5	7354,3	7713,6
Silicato de magnésio	7398,7	6861,5	7414,2	7252,5	7231,7
Óxido de Magnésio	7918,7	7398,5	7271,5	7499,0	7521,9
Média	7496,9	7328,9	7543,4	7183,7	
Controle					7791,5
CV (%)			8,34		

Segundo Bull (1993), o magnésio é o quarto elemento mais absorvido pela planta de milho, em contrapartida a sua exportação é inferior ao fósforo e nitrogênio. De acordo com Caíres et al. (2013), o calcário aplicado na superfície em plantio direto proporciona a redução no teor de K no tecido foliar do milho, sem alterar a produção de grãos. A aplicação superficial de calcário em solo ácido com teores suficientes de Ca e Mg trocáveis proporciona substituição de K por Ca e, principalmente, Mg no tecido foliar do milho, sem causar consequências na produção de grãos.

Diferentemente dos resultados obtidos nesse trabalho, estudos realizados por Mazaeva (1955), citado por Celestrino et al. (2013), verificaram que aplicações de magnésio proporcionaram aumento na produtividade, além de promoverem indiretamente a melhoria da qualidade das sementes de milho.

Os teores dos nutrientes no solo não foram limitantes para a produtividade. Portanto, não houve limitação na absorção dos mesmos, fato comprovado pelos resultados dos teores foliares, que por sua vez, se apresentaram acima da faixa adequada para vários nutrientes.

Considerando que o enchimento de grãos do milho está fortemente relacionado às condições predominantes durante a fase reprodutiva, qualquer condição desfavorável nessa fase afeta significativamente a massa de grãos e, conseqüentemente seu rendimento. Assim, é necessário adotar um criterioso planejamento da cultura para que esse período ocorra em condições favoráveis de radiação, temperatura, disponibilidade hídrica e disponibilidade de outros nutrientes.

5. CONCLUSÃO

Não houve resposta à fonte e dose de magnésio no solo com teor de magnésio de $0,37 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o índice de clorofila e para os teores foliares dos macronutrientes N, P, Ca, Mg e S.

A fonte óxido de magnésio proporcionou maiores teores foliares de potássio, em relação à fonte sulfato duplo de potássio.

A fonte sulfato duplo de potássio e magnésio proporcionou maior massa de mil grãos em relação ao sulfato simples de potássio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C.. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.29, n.3, p.467-473, 2005.

BENITES, V. Magnésio: o elemento esquecido nas adubações. In: Workshop Centro Tecnológico COMIGO, 11, 2012, Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: COMIGO, 2012. p.11-12.

BULL, L. T. **Influência da relação $K/(Ca + Mg)$ do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras**. 1986. 107 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993.

BULL, L. T.; NAKAGAWA, J. Desenvolvimento, produção de bulbos e absorção de nutrientes na cultura do alho vernalizado em função de relações cálcio: magnésio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 409-415, 1995.

CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. **Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema de plantio direto**. 2013. Disponível em: <sbc.solos.ufv.br/solos/revistas/v26n4a19.pdf>. Acesso em: 23/06/2013.

CAKMAK, I.; YAZICI, A.M.. **Magnésio**: um elemento esquecido na produção agrícola. Informações Agronômicas, nº 132, dez. 2010, p. 14-16.

CALPAR. Calcário Agrícola. **Calcário Dolomítico**. Boletim Técnico 1. 2014. Disponível em: <http://www.calpar.com.br/artigoscalpar/artigos_boletim1.html>. Acesso em: 26/06/2014.

CANIZELLA, B. T.. **Eficiência do uso de magnésio por cultivares de feijoeiro**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

CELESTRINO, T.S.; BUZETTI, S.; DINALLI, R.P.; GAZOLA, R.N.. **Efeito Residual de Magnésio e Enxofre na cultura do milho: diferentes doses e modos de aplicação de kieserita**. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP,SP, 2013.

COELHO, A. M. Eficiência Agronômica de Compostos de Aminoácidos Aplicados nas Sementes e em Pulverização Foliar na Cultura do Milho In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DOCARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina-PR. **Anais...** Londrina-PR: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

COELHO, A.M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Circular Técnica nº 96. Sete Lagoas, MG; EMBRAPA, 2007.

COELHO, A.M. **Nutrição e adubação de milho**. Circular Técnica nº 78. Sete Lagoas, MG; EMBRAPA, 2006.

COELHO, A.M; FRANÇA, G.E.. **Seja o doutro do seu milho: nutrição e adubação**. Piracicaba: POTAFOS, 1995. Arquivo do Agrônomo, n. 2, 2.ed. ampliada e totalmente modificada. Encarte de Informações Agronômicas, Piracicaba, n.71, 1995.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**, v. 1 - Safra 2013/14, n. 10 - Décimo Levantamento, Brasília, jul. 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**, v. 2 - Safra 2014/15, n. 6 - Sexto Levantamento, Brasília, mar. 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Balanco do Mercado de Milho**. Brasília: Conab, 2012. Disponível em: <<http://www.ruralcentro.com.br/analises/balanco-do-mercado-de-milho-producao-mundial-atingira-9458-milhoest-na-safra-201213-2556>>. Acesso em: 02/02/2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Custo de produção – Culturas de Verão: Milho – Plantio direto – Alta tecnologia**. Brasília: Conab, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1276&ordem=titulo&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 01/12/2011.

CORREIA, D.M.B.. **Magnesita. Balanço Mineral Brasileiro 2001**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/magnesita.pdf>>. Acesso em: 26/26/2014.

CRUZ, J.C.; GARCIA, J.C.; FILHO, I.A.P.; PINTO, L.B.B.; QUEIROZ, L.R.. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades**. Circular Técnica nº 124. Sete Lagoas, MG. EMBRAPA, 2009.

DEAGRO/FIESP – Departamento do Agronegócio/FIESP. **Safra Mundial de Milho 2014/15 – 9º Levantamento do USDA**. Informativo DEAGRO. Janeiro de 2015. Disponível em: <http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2015/01/boletim_safra-mundial-milho_janeiro2015.pdf>. Acesso em: 30/01/2015.

EPISTEIN, E.; BLOOM, A. J.. **Nutrição Mineral de Plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Tradução de Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FANCELLI, A.L. **Nutrição e adubação do milho**. Piracicaba: Departamento de Agricultura/ESALQ/USP, 2000.

FANCELLI, A.L.. Milho. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institutel, 2010. p.39-93.

FAQUIM, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Curso de Pós Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Transporte no floema. In: KERBAUY, G. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 179-196.

FERREIRA, C. F. **Diagnose nutricional de diferentes cultivares de milho (*Zea mays* L.) de diferentes níveis tecnológicos**. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

FERREIRA, C. F. **Diagnose nutricional de diferentes cultivares de milho (*Zea mays* L.) de diferentes níveis tecnológicos**. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

FONSECA, D.M.. **Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus*, *Panicum maximum* e *Brachiaria decumbens*, em casa de vegetação e no campo**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 150p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

FREITAS, M. S. M.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C.; VASCONCELLOS, M. A. S.. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 4, p. 1329-1341, Dezembro 2011.

GUERRA, A. P. T.. **A importância do magnésio nas culturas hortícolas**. Ficha técnica n. 33. Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte. 1 ed., dez., 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986, 319 p.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto de Potassa & Fosfato – Potafós, 1998. p.79-85.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.. **Uso eficiente dos fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos**. 72p. ANDA, Boletim Técnico 4, São Paulo, 2000.

MAGALHÃES P. C.; JONES, R. Aumento de fotoassimilados na taxa de crescimento e peso final dos grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1990.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 5.ed., 292 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A.. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Milho**. Brasília: Mapa, 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 15/12/2014.

MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O.. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, 2003.

MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H.; OLIVEIRA, J.A.; SILVA, J.A.. **Avaliação da fertilidade do solo de cafezais do estado de Minas Gerais**. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2000. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio1/Solos1.pdf>. Acesso em: 27/06/2014.

NASCIMENTO, M.; MONTE, M.B.M.; LOUREIRO, F.E.L.. **Agrominerais – Potássio. Rochas e Minerais Industriais**, CETEM, 2.ed., 2008.

OURO BRANCO. Minérios Ouro Branco. **Silicato de Magnésio**. 2014. Disponível em: <<http://www.ourobranco.com.br/main.php?lang=por&pag=produtos&val=8>>. Acesso em: 26/06/2014.

PHBIO. Photogenesis Biotecnologia LTDA. **Fertilizantes (Adubos)**. 2014. Disponível em: <<http://www.phbio.com.br/produtos/fertilizantes/sulfatodemagnesio>>. Acesso em: 26/06/2014.

PIONEER – Pioneer Sementes. **O milho no Brasil, sua importância e evolução**. 2014. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/Media-Center/Pages/Detalhe-do-Artigo.aspx?p=165>>. Acesso em: 23/06/2014.

RAIJ, B. V.. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 266p.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p.233-243. (IAC. Boletim técnico, 100).

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **R. Bras. Ci. Solo**, 2006.

RAMOS, M.J.M.; MONNERAT, P.H.; CARVALHO, A.J.C.; PINTO, J.L.A.; SILVA, J.A.. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'imperial'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.252-256, 2009.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. K.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 12, 1984.

SALVADOR, J.T., CARVALHO, T.C.; LUCCHES, L.A.C.. Relações cálcio e magnésio presente no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica**. Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v.9, n.1, p.27-32, 2011.

SATIRO, L.S.; ALTOÉ, A.; STAUFFER, E.; ANDRADE, F.V.; DONAGEMMA, G.K.. Óxido de Magnésio e Gesso Agrícola na forma de fertilizante granulado e a nutrição do cafeeiro (*Coffea canephora*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013. Florianópolis. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SILVA, F.F. **Sistema de visão artificial para a identificação da nutrição de milho submetido a níveis de cálcio, magnésio e enxofre**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2011.

SOUSA, D. M.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TIVELLI, S.W.; FACTOR, T.L.; TERAMOTO, J.R.S.; FABRI, E.G.; MORAES, A.R.A.; TRANI, P.E.; MAY, A.. **Beterraba: do plantio à comercialização**. Boletim Técnico IAC, n. 210. Campinas, 2011.

VASCONCELLOS, C. A.; BARBOSA, J. V. A.; SANTOS, H. L. dos; FRANÇA, G. E. de. Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 8, p. 887- 901, ago. 1983.

VITTI, G.C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1989.

Vitti, G.C.; Lima, E.; Cicarone, F.. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

WIEND, T. Palestra: Magnésio no solo e nas plantas. Potabrasil, São Paulo, SP. **Informações Agronômicas**. nº 117, Março, 2007.

YAMADA, T. Melhoria na eficiência da adubação aproveitando as interações entre nutrientes. Piracicaba, SP. **Informações Agronômicas**. nº 100, Dezembro, 2002.

ZAGO, V. S.. **Performance de diferentes tipos de cultivares de milho sob adubação orgânica e mineral**. 2011. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Londrina, Londrina, 2011.