

Teor de nitrogênio, clorofila e relação clorofila-carotenoide em café arábica em solo submetido a diferentes corretivos de acidez

Natiélia O. Nogueira¹, Lima D. Martins¹, Marcelo A. Tomaz¹, Felipe V. Andrade¹ & Renato R. Passos¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alto Universitário, s/n, Centro, CEP 29500-000, Alegre-ES, Brasil. E-mail: natielia_nogueira@yahoo.com.br; deleon_lima@hotmail.com; tomazamarcelo@yahoo.com; felipevazandrade@gmail.com; renatoribeiropassos@hotmail.com

RESUMO

Alguns resíduos industriais possuem potencial de utilização para a correção da acidez do solo, como a escória e o óxido de magnésio; no entanto, os processos fisiológicos e bioquímicos e a relação solo-planta influenciados por resíduos no desenvolvimento das culturas, são pouco estudados. O objetivo deste estudo foi avaliar os teores de nitrogênio, clorofila e a relação clorofila total e carotenoides em folhas de café arábica, em função da aplicação de diferentes doses de calcário, escória de siderurgia e óxido de magnésio, em dois Latossolos. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação da Universidade Federal do Espírito Santo, em plantas desenvolvidas em vasos de 10 dm³. O delineamento experimental foi instalado em blocos casualizados, com distribuição fatorial de 2 x 3 x 6, com três repetições, sendo os fatores: dois solos; três corretivos e seis doses dos materiais corretivos. Após 180 dias de cultivo foram realizadas a leitura da clorofila (SPAD-502) e a análise do teor de nitrogênio foliar. A relação entre os teores de clorofila total e carotenóides foi estimada segundo a equação $\hat{Y} = 0,5227 + 0,1589x + 0,001x^2$, $R^2 = 0,95$. Verificou-se que os materiais corretivos estudados apresentaram potencial de utilização em substituição ao calcário.

Palavras-chave: clorofilômetro, *Coffea arabica*, corretivos alternativos

Foliar nitrogen content, chlorophyll and carotenoid-chlorophyll relationship in Coffee arabica under different amendments of soil acidity

ABSTRACT

Some industrial residues, as the slag and magnesium oxide have a potential use on the correction of soil acidity. However, the physiologic, biochemical processes and the soil-plant relation, influenced by residues in the crop development are poorly studied. The objective of this study was to evaluate the nitrogen proportions, chlorophyll, total chlorophyll relation and carotenoids in coffee arabica leaves as a function of application of different doses of lime, metallurgic slag and magnesium oxide, on two oxisols. The study was conducted at the Universidade Federal do Espírito Santo in greenhouse, on plants grown in pots of 10 dm³. The experimental design was in randomized blocks, with factorial distribution of 2 x 3 x 6, with three replications. The analysed factors were: two soils, three amendments and six doses of corrective material. After 180 days of cultivation the chlorophyll reading (SPAD-502) and the analysis of the proportion of leaf nitrogen were carried out. The relation between the proportions of total chlorophyll and carotenoids was estimated according the equation $\hat{Y} = 0.5227 + 0.1589x + 0.001x^2$, $R^2 = 0.95$. It was verified that the corrective materials studied presented potential use as substitute to lime.

Key words: chlorophyll, *Coffea arabica*, correctives alternative

Introdução

A acidez do solo é um dos principais fatores capazes de reduzir o potencial produtivo dos solos tropicais. Esta condição limita o desenvolvimento do sistema radicular das culturas e a absorção de água e nutrientes, o que ocasiona redução na produtividade (Nolla et al., 2009). Desta forma, utiliza-se da prática da correção da acidez do solo, sendo o calcário o material mais utilizado para tal manejo.

Alguns resíduos industriais apresentam potencial de uso em substituição ao calcário destacando-se a escória de siderurgia (Oliveira et al., 2010) e o óxido de magnésio (Nogueira et al., 2012). O estudo do efeito de diferentes resíduos industriais sobre os processos fisiológicos do cafeeiro e sua relação com componentes, como o teor foliar de nitrogênio, a fração ativa da clorofila e os carotenoides, proporcionariam informações importantes.

No solo e na planta, o nitrogênio (N) influencia todo o metabolismo vegetal. Após ser absorvido por fluxo de massa pelas raízes das plantas, o N é reduzido à forma amoniacal e transformado em compostos orgânicos formando ácido glutâmico e outros aminoácidos. Esses compostos constituem as unidades básicas para a formação de proteínas, as quais têm importantes papéis funcionais e estruturais nas plantas (Marschner, 1995).

A absorção de N promove alterações na morfologia das plantas e, em condições de suprimento adequado, ocorre aumento na área foliar; como consequência, a curvatura das folhas é ampliada de modo a interferir na interceptação de luz refletindo na produção de gemas vegetativas, no número de ramos e na capacidade produtiva das culturas (Malavolta, 2006).

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela conversão da radiação luminosa em energia, sob a forma de ATP e NADPH. Por esta razão, são estreitamente relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, em consequência, ao seu crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes. Presentes nos vegetais superiores nas formas a e b, as clorofilas são constantemente sintetizadas e destruídas em processos influenciados por fatores internos e externos às plantas. Entre os fatores externos o N se destaca por integrar a estrutura molecular das plantas e também por atuar em alguma etapa das reações que levam à síntese desses pigmentos (Taiz & Zeiger, 2004).

A concentração de clorofila das folhas correlaciona-se positivamente com a concentração foliar de N uma vez que 70% do N contido nas folhas estão nos cloroplastos que participam da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila e influenciam o desenvolvimento e a produção das culturas (Gil et al., 2002).

Entre as formas de quantificação da clorofila o medidor de clorofila Minolta SPAD-502 tem sido citado como instrumento para um rápido diagnóstico do estado nutricional de diversas culturas em relação ao conteúdo de N (Pinkard et al., 2006) agregando vantagens, como economia substancial no tempo, espaço e recursos e simplicidade no uso, além de possibilitar uma avaliação não-destrutiva do tecido foliar (Netto et al., 2005).

Devido ao fato da existência de correlação positiva entre o N foliar e o teor relativo de clorofila nas folhas, o clorofilômetro SPAD-502 vem sendo utilizado para estudos em várias culturas de importância econômica, como o arroz (Argenta et al., 2001), o milho (Rambo et al., 2008), a soja (Hacisalihoglu & Lampley, 2009), o citros (Decarlos Neto et al., 2002) e o café (Netto et al., 2005).

Além do N o teor de clorofila da folha também se correlaciona positivamente com o teor de carotenoides (Netto et al., 2001). Os carotenoides influenciam no ciclo da zeaxantina, que participa intensamente na regulação da dissipação de calor no fotossistema II, quando este sofre uma sobrecarga energética e evita a fotodegradação do fotossistema (Havaux, 1988). Portanto, uma quantificação indireta é de grande importância para estudos de adaptabilidade entre culturas e insumos.

Neste contexto objetivou-se avaliar o teor de nitrogênio, a clorofila e a relação clorofila total e carotenoides em folhas de café arábica (*Coffea arabica* L.), em função da aplicação de diferentes doses de calcário, escória de siderurgia e óxido de magnésio, em dois tipos de solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo em Alegre-ES, situado a uma altitude de 250 m, com coordenadas geográficas 20°45'48" de latitude Sul e 41°31'57" de longitude oeste.

Foram coletadas amostras superficiais de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa (LVAarg) e de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média (LVAméd), no Município de Alegre-ES. O solo foi secado ao ar, destorroado e passado em peneira de 2,0 mm para obtenção da terra fina secada (TFSA) e realizada sua caracterização física e química (Tabela 1).

O Delineamento experimental utilizado foi em Blocos Casualizados (DBC), com distribuição fatorial de 2 x 3 x 6,

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas dos solos usados no experimento

Atributos	LVAarg ¹	LVAméd ²
Areia Grossa (g kg ⁻¹) ³	340,1	457,4
Areia Fina (g kg ⁻¹) ³	134,7	158,4
Silte (g kg ⁻¹) ³	63,7	35,1
Argila (g kg ⁻¹) ³	461,6	349,1
Densidade do solo (kg dm ⁻³) ⁴	1,20	1,05
pH ⁵	4,0	4,2
Ca ²⁺ (cmolc dm ⁻³) ⁶	0,7	2,0
Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³) ⁶	0,4	0,4
Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³) ⁷	0,9	0,6
H+Al (cmolc dm ⁻³) ⁸	8,5	3,5
Matéria orgânica (g kg ⁻¹) ⁹	31,4	13,3
Soma de Bases (cmolc dm ⁻³)	1,2	2,5
CTC potencial (cmolc dm ⁻³)	9,7	6,0
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	2,1	3,1
Saturação por bases (%)	12,0	41,8
Saturação por alumínio (%)	43,7	19,3

¹ LVAarg: Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa; ² LVAméd: Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média; ³ Método da Pipeta (Agitação Lenta); ⁴ Método da Proveta; ⁵ pH em água (relação 1:2, 5); ⁶ Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; ⁷ Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria; ⁸ Extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e determinado por titulação (EMBRAPA, 1997); ⁹ Determinação por oxidação, em via úmida, com dicromato de potássio em meio ácido (Yeomans & Bremner, 1988)

com três repetições, cujos fatores são: dois solos (LVAarg e LVAméd), três corretivos (calcário como controle, escória de siderurgia e óxido de magnésio como corretivos alternativos) e seis doses dos corretivos (0, 25, 50, 75, 100 e 125 % da necessidade de calagem). As doses foram definidas utilizando-se o método da elevação da saturação de bases para 60%, conforme sugerido por Prezotti et al. (2007).

As amostras de materiais corretivos utilizados foram padronizadas através de passagem em peneira de 60 mesh (250 µm) e secadas em estufa a 105 °C; uma subamostra foi encaminhada para caracterização química (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas dos corretivos utilizados no experimento

Parâmetro	Calcário	Escória	Oxido de Magnésio
Óxido de cálcio (%)	31,4	37,0	-
Óxido de magnésio (%)	10,6	12,6	53,0
Dióxido de silício (%)	-	21,3	-
Poder de neutralização ¹	82,5	97,5	195,0
Eficiência Relativa (%) ²	100	100	100
PRNT (%) ³	82,5	97,5	195,0

¹ Poder de neutralização: %CaO x 1,79 + %MgOx2,48; ² Eficiência relativa: [(A x 0,0) + (B x 0,2) + (C x 0,6) + (D x 1,0) / 100], sendo A, B, C = % de corretivo que fica retido, respectivamente, nas peneiras nº 10, 20 e 50 e D = % de corretivo que passa na peneira nº 50; ³ PRNT = PN x ER / 100.

Após as análises os solos foram separados em amostras de 10 dm³ e submetidos à aplicação dos tratamentos (aplicação das fontes e doses dos corretivos); em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas e incubadas durante 28 dias, mantendo-se a umidade do solo a 60% do volume total de poros (VTP), de acordo com Freire et al. (1980). Foram realizadas, também, pesagens diárias para reposição das perdas de água do solo.

Após o período de incubação as amostras foram secadas a sombra e homogêneas em peneira de malha 2 mm, para realização da adubação com fósforo (4,55 g vaso⁻¹ de P₂O₅) e potássio (3,55 g vaso⁻¹ K₂O), de acordo com Prezotti et al. (2007). Para os tratamentos com óxido de magnésio utilizou-se KH₂PO₄ como fonte de potássio e, fósforo e para os tratamentos com calcário e escória, utilizou-se o KCl como fonte de potássio e CaHPO₄, CaSO₄ como fonte de cálcio e fosfato, com o objetivo de se igualar a relação cálcio e magnésio entre os corretivos em 3:1; esta relação é ideal para a nutrição do cafeeiro e propicia melhor desenvolvimento das plantas.

As amostras de solo foram acondicionadas em vasos plásticos e em seguida efetuou-se o plantio das mudas de café da cultivar Catuaí 44 que apresentavam três pares de folhas. A irrigação foi realizada diariamente com água destilada mantendo-se a umidade constante em todos os vasos, por meio de pesagem.

A adubação nitrogenada com sulfato de amônio foi realizada com base na marcha de acúmulo de nutrientes, conforme Malavolta (1984). As doses (20 mg de nitrogênio por vaso) foram divididas em cinco aplicações, aos 30; 60; 90; 120 e 150 dias após o plantio; o controle de plantas daninhas e pragas foi realizado manualmente, quando necessário.

Após 180 dias do plantio mediram-se os valores de clorofila das folhas com o medidor portátil SPAD-502; a amostragem ocorreu no terceiro ou quarto par de folhas, a partir do ápice do ramo localizado no terço médio da planta anotando o valor médio avaliado em dois lados da planta. A relação entre os teores de clorofila total e carotenoides (CT/CAR) foi estimada

segundo equação proposta por Netto et al. (2001), por meio do ajuste da curva $\hat{Y} = 0,5227 + 0,1589x + 0,001x^2$, R² = 0,95, em que y é a relação CT/CAR e x é o valor da clorofila (leitura mostrada no aparelho SPAD-502).

Após medição do teor de clorofila as plantas foram cortadas na altura do colo, as folhas foram levadas ao laboratório, lavadas com água destilada e colocadas em estufa de circulação forçada a 70 °C, por 72 horas. O material, já seco, foi triturado em moinho Willey, provido de peneira de aço inoxidável com malhas de 0,42 mm e acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e só então encaminhado ao laboratório para análises, de acordo com métodos propostos por Silva (1999).

Os dados foram submetidos aos testes preliminares para verificação da normalidade e homogeneidade de variância dos mesmos, aos testes de Lilliefors e teste de Bartlett, respectivamente; posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (p ≤ 0,05) utilizando-se o Software SISVAR 5.3 (Ferreira, 2008); quando significativo foi utilizada, para os fatores qualitativos, a comparação por contraste, paramétrica pelo teste de Scheffé (p ≤ 0,05) e, para os fatores quantitativos, a análise de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t de Student a nível de 5% de probabilidade e pelo coeficiente de determinação (R²).

Resultados e Discussão

Verifica-se que não houve diferença significativa entre o calcário e os corretivos alternativos, quando analisados o teor foliar de N, a clorofila e para a relação CT/CAR, para ambos os solos em estudo (C1, Tabela 3); isto mostra que os dois corretivos alternativos podem ser utilizados em substituição ao calcário.

Na avaliação individual dos corretivos alternativos pelo contraste C2 (Esc x Oxm), a não significância dos coeficientes, denota, em ambos os solos, que os mesmos obtiveram influência semelhante para as variáveis analisadas.

Esses resultados são semelhante aos apresentados por Prado et al. (2002), que estudaram o efeito do silicato de cálcio e do calcário nos teores foliares dos macronutrientes na cana-de-açúcar e observaram que não houve diferença entre os tratamentos, tanto para o teor foliar de nitrogênio quanto para os demais macronutrientes no tecido foliar da cana-planta.

Também corroboram com os resultados de Bastos (2008) em que, após estudar a interação entre a correção do solo, realizada com calcário e escória de siderurgia, e a adubação nitrogenada com vários níveis de nitrogênio, concluiu não haver diferença significativa entre o calcário e a escória de siderurgia, quando se considera a variável teor de N foliar.

Um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e à adaptabilidade a diversos ambientes, é o conteúdo de clorofila e carotenoides, sentido, em que o conteúdo de clorofila nas folhas é frequentemente utilizado para estimar o potencial fotossintético das plantas em função da sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa; uma planta com alta concentração de clorofila é capaz de atingir altas taxas fotossintéticas.

Tabela 3. Coeficientes e significância dos contrastes, entre corretivos e solos, para teor foliar de N (mg kg^{-1}), clorofila (%) e relação CT/CAR em folhas de café arábica

	Coeficientes dos contrastes					Nitrogênio	Clorofila	CT/CAR
	Cal ⁽¹⁾	Esc ⁽²⁾	Oxm ⁽³⁾	LVAméd ⁽⁴⁾	LVAarg ⁽⁵⁾			
C1 (Cal vs Esc + Oxm)	-2	1	1	0	0	0,116 ^{ns}	0,107 ^{ns}	0,031 ^{ns}
C2 (Esc vs Oxm)	0	-1	1	0	0	0,467 ^{ns}	-1,028 ^{ns}	-0,301 ^{ns}
							LVAarg	
C1 (Cal vs Esc + Oxm)	-2	1	1	0	0	-0,226 ^{ns}	-2,887 ^{ns}	-0,811 ^{ns}
C2 (Esc vs Oxm)	0	-1	1	0	0	-0,155 ^{ns}	2,826 ^{ns}	0,801 ^{ns}
C3 (LVAméd vs LVAarg)	0	0	0	-1	1	6,46 [*]	1,05 [*]	1,74 [*]

* Significativo e ^{ns}não-significativo, de acordo com teste de Scheffé a 5% de probabilidade; ¹ Calcário; ² Escória de siderurgia; ³ Óxido de magnésio; ⁴ Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa; ⁵ Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média. C1 = Cal vs Esc + Oxm; C2 = Esc vs Oxm e C3 = LVAméd vs LVAarg

Os carotenoides são de extrema importância para as plantas, visto que desempenham papel significativo no sentido de proteger o aparelho fotossintético contra a fotodegradação dos fotossistemas, por interconversões entre as moléculas de xantofila (Ort, 2001).

Quando contrastados os solos, nota-se diferença significativa para o contraste C3 (LVAméd x LVAarg), quando então se verificam valores positivos e significativos do LVAméd em relação ao LVAarg, para todas as variáveis estudadas (Tabela 3). Este fato é justificável visto que o alto teor de argila, presente no LVAarg (Tabela 1), aumenta a adsorção de compostos orgânicos e nutrientes no solo o que proporciona maior capacidade tampão e, conseqüentemente, maior imobilização de N (Carvalho, 2006).

Verifica-se, para o LVAarg, comportamento linear e crescente quando utilizado o calcário, para todas as variáveis estudadas, ocasionando aumento das médias, à medida em que as doses dos corretivos foram aumentadas (Figura 1: A, C e E).

O corretivo alternativo, escória de siderurgia, apresentou tendência semelhante de reposta nas três variáveis estudadas para o LVAarg, sendo o modelo quadrático o mais ajustável. Nota-se, para o valor de clorofila, que para o teor de N e para a relação CT/CAR, os pontos de máxima da curva foram, justamente onde se espera maior média, próximos à dose de 75%, evidenciando supressão de alguns processos fisiológicos em função do excesso de aplicação do corretivo escória de siderurgia (Figura 1: A, C e E). Esses resultados confirmam os encontrados por Prado et al. (2002) para a cultura da cana de açúcar.

Para o LVAméd, o óxido de magnésio apresentou efeito quadrático para as variáveis clorofila e teor de N na folha enquanto se verificou, para a relação CT/CAR, um comportamento linear e crescente, em função das doses estudadas (Figura 1).

Acompanhando a evolução dos efeitos da aplicação do corretivo calcário nas variáveis estudadas para o LVAméd, verificou-se comportamento semelhante ao apresentado no LVAarg; sendo ajustada uma função linear crescente ocasionando médias superiores em função do aumento das doses (Figura 1: B, D e F).

Para a escória de siderurgia e o óxido de magnésio, no LVAméd, ajustou-se um modelo quadrático para as três variáveis em estudo (Figura 1: B, D e F). Nota-se que nas variáveis clorofila e relação CT/CAR, há uma disparidade entre as curvas da escória de siderurgia e do óxido e magnésio (Figura 1: D e F). Esta disparidade é evidenciada pela declividade da curva representada pelos valores influenciados

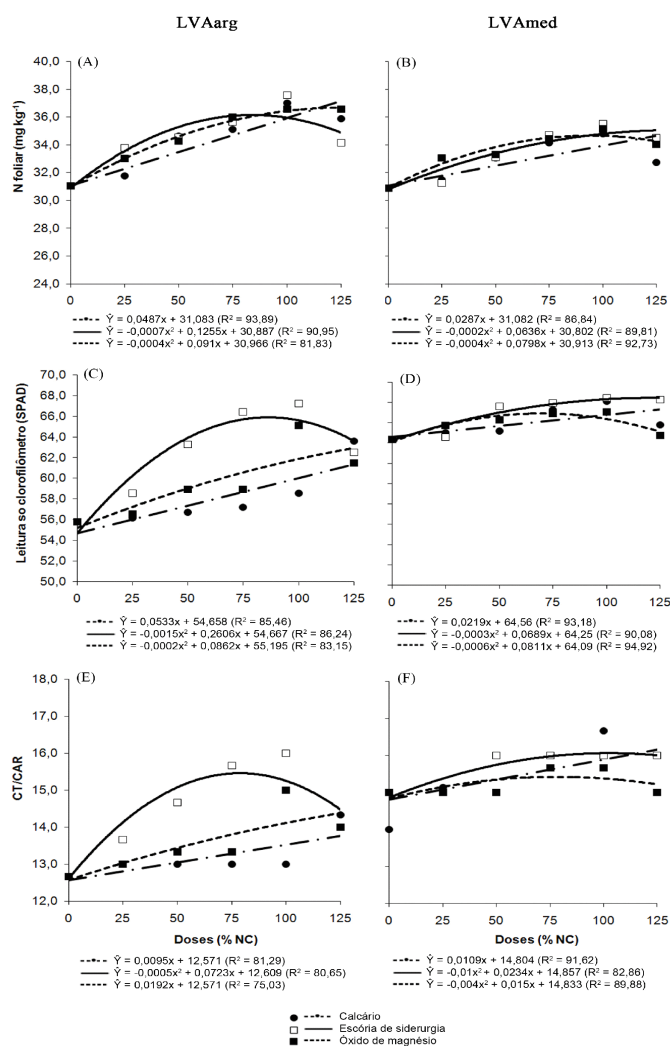


Figura 1. Valores de teor de nitrogênio foliar (A e B), clorofila (C e D) e relação CT/CAR (E e F) em plantas de café arábica para cada tipo de corretivo (calcário, escória e óxido de magnésio) em função das doses (0, 25, 50, 75, 100 e 125 % da necessidade de corretivo) estudadas para o Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa (LVAarg) e Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média (LVAméd)

pela escória de siderurgia, serem maiores em relação à curva representada pelo óxido de magnésio e, também, pelo ponto de inflexão da curva gerada pela escória de siderurgia ser próximo da dose padrão, fato que não foi verificado no estudo do teor de N nas folhas, em que os três corretivos mostraram influência semelhante.

O estudo das variáveis envolvidas no metabolismo da planta, como o teor de clorofila e o teor de N, se justifica

pelo fato do processo fotossintético se destacar, nos vegetais, como força motriz para as reações que se processam em seu metabolismo. A unidade principal deste processo é a clorofila responsável pela conversão de energia luminosa em química. A ausência de N e a clorofila significam que a planta não vai utilizar a luz do sol como fonte de energia para realizar suas funções essenciais como à absorção de nutrientes (Reis et al., 2006).

Conclusões

Os corretivos alternativos apresentaram potencial de utilização em substituição ao calcário, em referência às variáveis estudadas.

As diferentes doses dos materiais corretivos estudadas influenciaram os valores de clorofila, os teores de nitrogênio foliar e a relação CT/CAR.

O LVAméd apresentou-se mais responsivo à aplicação dos corretivos de acidez nas variáveis avaliadas quanto ao LVAarg.

Agradecimentos

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, pelo apoio técnico científico.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pela disponibilização dos laboratórios de análises de solos e plantas.

Ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa ao primeiro autor.

À Magnesita S.A., pelo fornecimento do óxido de magnésio utilizado neste estudo.

Literatura Citada

- Argenta, G.; Silva, P. R. F. da E.; Bortolini, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. *Ciência Rural*, v.31, n.4, p.715-722, 2001. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000400027>>.
- Bastos, J. C. H. A. G. A escória de siderurgia como material corretivo e a interação com a adubação nitrogenada em cana-de-açúcar. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2008. 65p. Dissertação Mestrado.
- Carvalho, J. L. N. Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no meio ambiente. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2006. 95p. Dissertação Mestrado.
- Decarlos Neto, A.; Siqueira, D. L.; Pereira, P. R. G.; Alvarez, V. H. Diagnóstico do estado nutricional de nitrogênio em porta-enxertos de citros, utilizando-se de teores foliares de clorofila. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, p.204-207, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452002000100044>>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- Ferreira, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, n.1, p.36-41, 2008.
- Freire, J. C.; Ribeiro, M. A. V.; Bahia, V. G.; Lopes, A. S.; Aquino, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras-MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.4, n.1, p.5-8, 1980.
- Gil, P. T.; Fontes, P. C. R.; Cecon, P. R.; Ferreira, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.4, p.611-615, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000400020>>.
- Hacisalihoglu, G.; Lampley, A. Genotypic variation and physiological response of 10 soybean genotypes to low-zn stress in hydroponics. In: *International Plant Nutrition Colloquium*, 16., 2009, Davis. *Proceedings...* Davis: University of California, 2009. <<http://escholarship.org/uc/item/1n14d70h>>. 05 Dec. 2011.
- Havaux, M. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. *Trends Plant Science*. v.4, n.1, p.147-151, 1988. <[http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385\(98\)01200-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01200-X)>.
- Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- Malavolta, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: *Seminário sobre corretivos agrícolas*, 1984, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Cargill, 1984. v.único, p.3-57.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1995. 889p.
- Netto, A. T.; Campostrini, E.; Oliveira, J. G.; Lima, J. T.; Perini, J. L. Plantas de *Coffea canephora* Pierre propagadas vegetativamente em cinco volumes de recipientes: influências sobre os teores de pigmentos fotossintéticos, a emissão da fluorescência da clorofila e as trocas gasosas. In: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 2001, Vitória. *Anais...* Brasília: Embrapa Café, 2001. CD Rom.
- Netto, A. T.; Campostrini, E.; Oliveira, J. G.; Bressan-Smith, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, v.104, n.1, p.199-209, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2004.08.013>>.
- Nogueira, N. O.; Tomaz, M. A.; Andrade, F. V.; Reis, E. F. dos; Brinate, S. V. B. Influência da aplicação de dois resíduos industriais nas propriedades químicas de dois solos cultivados com café arábica. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, n.1, p.11-21, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000100002>>.
- Nolla, A.; Palma, I. P.; Sander, G.; Volk, L. B. S.; Silva, T. R. B. Desenvolvimento de milho submetido à aplicação de calcário e silicato de cálcio em um Argissolo arenoso do noroeste paranaense. *Cultivando o saber*, v.2, n.4, p.154-162, 2009. <<http://www.fag.edu.br/graduacao/agronomia/csvolume24/18.pdf>>. 15 Dez. 2011.
- Oliveira, C. M. R.; Passos, R. R.; Andrade, F. V.; Reis, E. F. dos; Sturm, G. M.; Souza, R. B. de. Corretivos da acidez do solo e níveis de umidade no desenvolvimento da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, n.1, p.25-31, 2010. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v5i1a541>>.

- Ort, D. When there is too much light. *Plant Physiology*, v.125, n.1, p.29-32, 2001. <<http://dx.doi.org/10.1104/pp.125.1.29>>. 19 Jan. 2012.
- Pinkard, E. A.; Patel, V.; Mohammed, C. Chlorophyll and nitrogen determination for plantation-grown *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* using a non-destructive meter. *Forest Ecology and Management*, v.223, n.1, p.211-217, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.11.003>>.
- Prado; R. de M.; Fernandes, F.M.; Natale, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.129-135, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000100019>>.
- Prezotti, L. C.; Gomes, J. A.; Dadalto; G. G; Oliveira, J. A. de. Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª aproximação. Vitória: SEEA/ INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- Rambo, L.; Silva, P. R. F.; Strieder, M. L.; Delatorre, C. A.; Bayer, C.; Argenta, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.3, p.401-409, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000300016>>.
- Reis, A. R.; Furlani Junior, E.; Buzetti, S.; Andreotti, M. Diagnóstico da exigência em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. *Bragantia*, v.65, n.1, p.163-171, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052006000100021>>.
- Silva, F. C. Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Plant Physiology*. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 792p.
- Yeomans, J. C.; Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Science Plant Analysis*, v.19, n.1, p.1467-1476, 1988. <<http://dx.doi.org/10.1080/00103628809368027>>.