

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 03/10/2018.

DEISE PAULA DA SILVA

**DOSES DE COBALTO VIA FOLIAR, NO DESENVOLVIMENTO E NA QUALIDADE DA
MATÉRIA PRIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Botucatu

2016

DEISE PAULA DA SILVA

**DOSES DE COBALTO VIA FOLIAR, NO DESENVOLVIMENTO E NA QUALIDADE
DA MATÉRIA PRIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol
Coorientador: Dr. Richard M. Johnson

Botucatu

2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S586d Silva, Deise Paula da, 1981-
Doses de cobalto via foliar, no desenvolvimento e na qualidade da matéria prima da cana-de-açúcar / Deise Paula da Silva. - Botucatu : [s.n.], 2017
59 p. : fots. color., grafs. color., ils., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Coorientador: Richard M. Johnson
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Cultivo. 2. Plantas - Efeitos dos metais pesados. 3. Cobalto - Absorção. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Johnson, Richard M. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

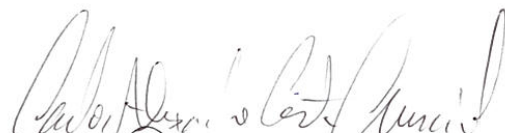
TÍTULO: "DOSES DE COBALTO, VIA FOLIAR, NO DESENVOLVIMENTO E NA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR"

AUTORA: DEISE PAULA DA SILVA

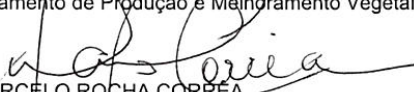
ORIENTADOR: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

COORDENADOR: RICHARD MALCOLM JOHNSON

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Dr. MARCELO ROCHA CORRÊA
TECHFIELD ASSESSORIA E CONSULTORIA EM AGRICULTURA LTDA



Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA
Depto de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Dr. EDUARDO NEGRIZOLI
TECHFIELD ASSESSORIA E CONSULTORIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL



Dra. GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA
Pós-doutoranda - Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Botucatu, 03 de outubro de 2016.

A Deus

À minha mãe Maria Inês Soares da Silva e ao meu pai Aparecido da Silva, que sempre me ensinaram que vale a pena lutar pelos sonhos, mesmo quando tudo e todos são contra.

Aos meus irmãos Aparecido Luiz da Silva Junior, Maria Gabriela da Silva Bandeira, Antônio Geraldo da Silva Neto, Ana Graziela da Silva e Pedro Gabriel da Silva.

Ao meu avô (*in memoriam*) Antônio Geraldo da Silva.

“Eu tive um sonho sonhei que meus filhos fossem julgados pelo caráter e não pela cor da pele”.

Martin Luther King

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as vitórias concedidas.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol por toda ajuda em todos esses anos, por toda paciência e ensinamento.

A Dr. Richard M. Johnson por ter me recebido na USDA – Houma, LA, EUA, por toda a paciência e persistência comigo.

Ao professor Dr. Rogério Peres Soratto por toda ajuda no Mestrado.

Ao Pesquisador Dr. Jair Rosas do IAC.

Aos meus amigos Marcelo Giroto, Ana Cláudia de Lima Silva, Natália Soares, Paula Caroline, Tiara Guimarães, Maria Julia Carreiro Ferreira, Gabriela Ferraz de Siqueira, Renata Pincelli de Souza, Augusto Gabriel Claro, Franciana Francisca de Sousa Pereira, David Palomeque, Kafui Sobo e Julia, Miracema, Brenda D. Aysenne dos Santos meu eterno obrigada pelas horas que passamos juntos. Em á especial para Tiara por toda ajuda.

Aos amigos Katie Authement, Brenda King, Jeffrey Carrillo e Brenda D. Aysenne por tornar meus dias na Louisiana mais alegres.

Aos funcionarios da Biblioteca da FCA – Botucatu por todo atenção, paciência e colaboração nessa fase tão importante: Ana Lúcia de Grava Kempinas, Denise, Maísa Coelho França, Célia Regina Inoue, Solange Aparecida Paulossi Spadim, Nilson de Camargo, Airton Fioravante, Joel Di Creddo, Messias Victor Telles de Carvalho, Maria Lúcia Martins Frederico, Valdemir Ramos Domingues Célia, Maísa, Eliane Lucas Pimentel.

Aos funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal. Ilanir Rosane R. Bocetto, Vera Lúcia Rossi, Dorival de Arruda Pires, Eliane Gonçalves, Valeria Cristina R. Giandoni e Amanda Bedette, por toda ajuda.

Aos funcionários da USDA da unidade de Houma: Dr. Michel Grisham, Brenda D. Aysenne, Lionel Lomax.

Á Dra. Maria José por todas as horas de incentivo e perseverança.

As minhas colegas de republica Gleize, Prinscilla, Alejandra.

Aos colegas da Pós-Graduação: Jader Nantes, José Geraldo Espinoza Véliz e Claudio Hideo Martins da Costa pela ajuda na elaboração da tese.

A Capes pelo apoio financeiro concedido através das bolsas de estudos.

Agradeço a todos os funcionários da Usina Raízen por todo ajuda na execução de

vários experimentos ao longo do meu mestrado e doutorado.

Enfim, agradeço Hamid Demdoun, meu namorado, meu amigo, parceiro, cúmplice, que me fez sorrir todas às horas que eu quis chorar. Meu muito obrigada por entender minhas horas de ausência, por todas as horas de Skype, enfim, por você existir na minha vida, meu muito **“Obrigada”**.

RESUMO

O Co é um elemento classificado como benéfico para as plantas cultivadas, podendo influenciar o potencial produtivo da cultura. Os principais estudos sobre a aplicação de cobalto em culturas agrícolas relatam a experiência em leguminosas e, nestes casos, descrevem a elevação da relação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio as interferências na biossíntese de etileno e nos índices de clorofila das plantas. O presente estudo objetivou compreender a ação do cobalto no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, em experimento implantado em março de 2015 na unidade de pesquisa pertencente ao USDA - United States Department of Agriculture, Houma – LA. Utilizando-se a variedade LCP 85-384. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de quatro doses de cobalto T1: Controle (sem aplicação de cobalto), T2: 70,42 mL ha⁻¹, T3: Aplicação 140,87 mL ha⁻¹, T4: 210,08 mL ha⁻¹ e T5: 281,70 mL ha⁻¹. Os tratamentos foram aplicados aos 80 e 100 dias após o plantio e as avaliações realizadas aos 30 e 120 dias após a primeira aplicação. Foram avaliadas variáveis biométricas (altura, número de folhas, diâmetro de colmo), fisiológicas (condutância estomática, índice de SPAD), produtividade, número de colmos vaso⁻¹, peso de colmos vaso⁻¹, produtividade de colmos e açúcar vaso⁻¹ e variáveis tecnológicas (sacarose (%), pureza (%) e fibra. Nas condições em que foi realizado o presente estudo, pode-se concluir que, a falta de cobalto na cultura da cana-de-açúcar limitou o desenvolvimento das plantas e a produção de colmos e de açúcar. A aplicação de doses de 140,9 ml de cobalto ha⁻¹ proporcionou aumento na condutância estomática, o número de perfilhos, folhas e de colmos, refletindo diretamente em aumento da produção de colmos. As variáveis tecnológicas, como teor de sacarose, pureza do caldo e teor de fibra, não foram alterados pela aplicação do cobalto, porém a produção de açúcar aumentou, como reflexo da produção de colmos. O uso de doses acima de 200 ml de cobalto ha⁻¹ prejudicaram o desenvolvimento da cultura, provavelmente por toxidez.

Palavras-chave: *Saccharum* spp. Elementos benéficos. Metais pesados. Perfilhos.

ABSTRACT

Cobalt is an element classified as beneficial to the crop plants and can influence the productive potential of the crop. The major studies on the application cobalt crops experience reported in legumes and in these cases, describing the increase in symbiotic relationship with nitrogen-fixing bacteria and interference in the biosynthesis of ethylene in plant chlorophyll contents. This study aims to understand the action of cobalt (Co) in the vegetative development of sugarcane. The experiment was established in March 2015 in the research unit belonging to the USDA - United States Department of Agriculture, Houma - LA. The variety used was the LCP 85-384. The treatments consisted of application of four cobalt doses Control (no cobalt), T2: 70,42 mL ha⁻¹, T3: aplicação 140,87 mL ha⁻¹, T4: 210,08 mL ha⁻¹ e T5: 281,70 mL ha⁻¹. Treatments were applied at 80 and 100 days after planting and evaluations carried out at 30 and 120 days after the first application, biometric variables were evaluated (height, number of leaves, stem diameter) physiological (stomatal conductance, SPAD index), productivity, culm number pot⁻¹, stem weight pot⁻¹, weight stem (g) pot⁻¹ and technological variables (sucrose (%) purity (%) and fiber (%)). In the conditions under which the present study was carried out, it can be concluded that the lack of cobalt in the sugarcane crop limited the development of the plants and the production of stalks and sugar. The application of 140.9 ml doses of ha⁻¹ cobalt provided an increase in stomatal conductance, the number of tillers, leaves and stalks, directly reflecting an increase in stem yield. The technological variables, such as sucrose content, broth purity and fiber content, were not altered by cobalt application, but sugar production increased as The use of doses above 200 ml ha⁻¹ cobalt impaired the development of the crop, probably due to toxicity.

Keywords: *Saccharum* spp. Beneficial elements. Heavy metal. Tillers.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Rota metabólica do etileno, atuação do cobalto como inibidor. Adaptado de Medeiros, 2001.....29
- Figura 2.** Precipitação pluviométrica e temperatura máxima, média e mínima entre março e dezembro de 2015, registradas na Estação Meteorológica da USDA Sugarcane Research Unit, Houma, LA. – EUA.35
- Figura 3.** Equipamento utilizado para a aplicação dos tratamentos em plantas de cana-de-açúcar. Houma- LA, 2015.36
- Figura 4.** Plantas de cana-de-açúcar submetidas a aplicação de diferentes doses de cobalto. Houma- LA, 2015.....37
- Figura 5.** Condutância estomática (gs) da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384.USDA – LA –EUA aos 30 DAA em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.41
- Figura 6.** Condutância estomática (gs) da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384.USDA – LA –EUA aos 120 DAA em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.42
- Figura 7.**Índice de SPAD da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384.USDA – LA –EUA. Aos 30 (.....) e 120 (____) DAA em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.43
- Figura 8.** Altura de plantas da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Aos 30 (.....) e 120 (____) DAA em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.44
- Figura 9.** Número de perfilhos da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Aos 30 DAA em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.....45
- Figura 10.**Número de perfilhos da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Aos 120 DAA em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.....45
- Figura 11.** Número de folhas da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Aos 30 DAA em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.....46
- Figura 12.** Número de folhas da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Aos 120 DAA em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.....47
- Figura 13.**Número de colmos (vaso-1), da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Aos 120 DAA em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.....47

- Figura 14.** Peso do colmo g (colmo-1) da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Na ocasião da colheita em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t. 48
- Figura 15.** Diâmetro de colmo (mm) da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Na ocasião da colheita em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t. 49
- Figura 16.** Produção de colmos (kg vaso-1), da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Na ocasião da colheita em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t. ... 49
- Figura 17.** Teor de sacarose (%), da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t. 50
- Figura 18.** Pureza do caldo (%), da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t. 51
- Figura 19.** Teor de fibra (%), da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t. 51
- Figura 20.** Produção de açúcar (gramas vaso-1), da variedade de cana-de-açúcar LCP 85-384. USDA – LA –EUA. Em função da aplicação de diferentes doses de cobalto ** é significativo a 10% de probabilidade pelo teste t. 52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Datas de Plantio, aplicações do Co e colheita36

Tabela 2. Análise de variância (probabilidade de F) das variáveis condutância estomática (gs), número de perfilhos, número de folhas, altura de plantas, e índice de SPAD aos 30 e 120 dias após aplicação (DAA). Número de colmos, peso médio de colmo-1, produção de colmo (kg vaso^{-1}), produção de açúcar (g vaso^{-1}), diâmetro de colmo (mm), sacarose (%), pureza (%) e fibra (%) avaliações realizadas na ocasião da colheita. Houma – LA. 2015.....40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	A cana-de-açúcar	23
2.2	O cobalto no solo	24
2.3	O cobalto nas plantas	25
2.4	Absorção e transporte de cobalto em plantas	31
2.5	Interação do cobalto com outros nutrientes	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1	Localização e caracterização da área experimental	34
3.2	Dados meteorológicos	34
3.3	Delineamento experimental	35
3.4	Instalação e condução do experimento	35
3.5	Variáveis fisiológicas	37
3.6	Variáveis morfológicas	37
3.7.1	Número de colmos vaso⁻¹	38
3.7.2	Número de perfilhos por vaso⁻¹	38
3.8	Variáveis tecnológicas	38
3.8.1	Pol cana (%)	38
3.8.2	Pureza do caldo (%)	38
3.8.3	Fibra cana (%)	39
3.8.4	Produção de colmos	39
3.8.5	Produção de açúcar vaso⁻¹	39
3.9	Análises estatísticas	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	Variáveis fisiológicas	41
4.2	Variáveis biométricas	43
4.3	Variáveis tecnológicas (sacarose, pureza e fibra)	49
5	CONCLUSÃO	53
6	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícolas mundiais, sendo o Brasil o maior produtor, com aproximadamente 8.654,2 milhões de hectares cultivados na safra 2015/2016, dos quais produziram aproximadamente 665.586,2 milhões de toneladas de colmos e com previsão de produtividade média de 76.909 kg ha⁻¹ ao final de 2016. Seu cultivo está concentrado nas regiões Sudeste, responsável por aproximadamente 63% da produção nacional (CONAB, 2016).

Além do Brasil, a cana-de-açúcar também é cultivada na Índia, Estados Unidos, União Europeia, África do Sul, Austrália e Tailândia. Em todos estes países, a cultura é emergente, devido ao impacto econômico, aumento da demanda por açúcar e/ou álcool e por se tratar de matéria prima para diversos ramos econômicos, como alimentícios, cosméticos e energéticos (MOORE et al., 2014).

Devido à busca incessante de aumento em produtividade, novos estudos envolvendo aplicação de nutrientes benéficos vêm sendo realizados (SARMA et al., 2014; SINHA et al. 2015 SMITS et al. 2009;). Os nutrientes considerados benéficos são aqueles que podem auxiliar as plantas em seu desenvolvimento, não sendo absolutamente necessários à sobrevivência vegetal, mas que interagem sinérgica ou antagonicamente com os nutrientes essenciais, alterando diversos processos metabólicos (ÖPIK et al., 2005).

O cobalto (Co) é considerado um nutriente benéfico em baixas concentrações na planta e, segundo Evans et al (1964), trata-se de um componente enzimático importante que pode estar envolvido no controle da absorção e translocação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) (GAD et al., 2013; GAD, 2012). Apesar de ser classificado como um metal pesado, alguns autores associaram baixas dosagens de Co na planta com a elevação dos parâmetros fisiológicos (HUNTER et al., 1953), biométricos (BALAI et al. 2005) e, conseqüentemente, produtivos (KADIL, 2010).

Além de participar das atividades enzimáticas, Gad et al. (2011) acreditam que o Co interage com outros elementos para formar complexos, e estes participam de diversas reações fitoquímicas durante os estádios vegetativos. Porém, essas funções ainda não estão claras na literatura.

Balai et al. (2005), Collins et al (2011), El-Moez et al., (2002), Gad et al. (2013) e Gad (2012) em seus estudos sobre a atuação do Co em leguminosas, associaram

este nutriente com a elevação e qualidade das relações simbióticas com bactérias fixadoras de N, bem como com a interferência deste com o teor de etileno e clorofila. Estes autores, ainda foram unânimes em afirmar que trata-se de um nutriente promissor para a agricultura, e que, a escassez de estudos em outras culturas impossibilita sua aplicação prática e a obtenção dos benefícios agregados.

A atuação do Co no metabolismo e fisiologia vegetal ainda não está bem definida, bem como as suas funções e as concentrações ideais. Por já haver estudos que indicam que a aplicação deste elemento proporciona um melhor desenvolvimento vegetativo e possivelmente aumento produtivo, objetivou-se com este trabalho compreender a ação do cobalto no desenvolvimento da cana-de-açúcar.

5 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizado o presente estudo, pode-se concluir que, a falta de cobalto na cultura da cana-de-açúcar limitou o desenvolvimento das plantas e a produção de colmos e de açúcar.

A aplicação de doses de 140,9 ml de cobalto ha^{-1} proporcionou aumento na condutância estomática, número de perfilhos, folhas e de colmos, refletindo diretamente em aumento da produção de colmos.

As variáveis tecnológicas, como teor de sacarose, pureza do caldo e teor de fibra, não foram alteradas pela aplicação do cobalto, porém a produção de açúcar aumentou, como reflexo da produção de colmos.

O uso de doses acima de 200 ml de cobalto ha^{-1} prejudicaram o desenvolvimento da cultura, provavelmente por toxidez.

REFERÊNCIAS

ADRIANO, D.C.; BOLAN, N.S.; KOO.; BOM-JUN.; NAIDU, R.; LELIE, D.; VAN DER.; VANGRONSVELD J.; WENZEL, W.W. **Natural remediation processes: bioavailability interactions in contaminated soils.** WCSS, 14-21, Thailand Symposium n°. 42. Paper n°. 501. August, 2002.

AERY, N.C.; SARKAR, S.; JAGETIYA, B.K.; JAIN, G.S. **Cadmium zinc tolerance in soybean and fenugreek.** Journal Ecotoxicology & Environmental Monitoring, v 4 (1), p.39- 44,1994.

ALESHIN, E.P.; SHEUDZHEN, A.K.; DOSEEVA, O.A.; RYMAR, V.T. **Photosynthetic and respiratory activity in rice leaves as a function of cobalt supply to the plants.** Dokl. Akad. Nauk SSSR, v. 261, p.15-17, 1987.

ANISIMOV, A.A.; GANICHEVA, O.P. Possible interchangeability between cobalt and zinc in plants. **Fiziologiya Biokhimiya Kul'turnykh Rastenii**, v. 10: 613-617,1978.

KLAUS, A; HERIBERT, H. **REACTIVE OXYGEN SPECIES: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction.** Annual Review of Plant Biology, v.55, p.373-399, 2004.

ATTA- ALY, M.A. **Soaking summer squash seeds in low concentrations of cobalt solution before sowing increased plant growth, femaleness and fruit yield via increasing plant ethylene level.** Journal of Plant Growth Regulation, v. 17, p.25-32,1998.

BABALAKOVA, N.; KUDREV, T.; PETROV, I. Copper, cadmium, zinc and cobalt interactions in their absorption by pea plants. **Fizioloski Rastvor**, v. 12, p.67-73, 1986.

BALAI, C.M.; MAJUMDAR, S.P. **Metabolites content and water relations of cowpea [Vigna unguiculata (L.) Walp as influenced by different levels of compaction, potassium and cobalt.** Current Agriculture, v.31 (1-2), p. 47-53, 2005.

BLAYLOCK, A.D.; JOLLEY, V.D.; BROWN, J.C.; DAVIS, T.D.; WALSER, R.H. **Iron-stress response mechanism and iron uptake in iron-efficient and inefficient tomatoes and soybeans treated with cobalt.** Journal of Plant Nutrition, v.8 (1),1-14, 1985.

BAXTER, I.R.; VITEK, O.; LAHNER, B.; MUTHUKUMAR, B.; BORGHI, M.; MORRISSEY, J.; GUERINOT, M.L.; SALT D.E. **The leaf ionome as a multivariable system to detect a plant's physiological status.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v.105, p.12081-12086, 2008.

BONNETT, G.; KUSHNER, J.; SALTONSTALL, K. The reproductive biology of *Saccharum spontaneum* L.: implications for management of this invasive weed in panama. **Neo Biota**, v. 20, p. 61–79, 2014.

BOURETO, A.E.; CASTRO, M.C.; KAGAWA, J.W. Journal of Plant Nutrition, v. 8: 823-838. **Effect of cobalt on tomato growth and minerals content.** Revista

Brasileira- Sementes, p.18: 36-40, 2001.

COCUCCI, S.M.; MORGUTTI, S. Stimulation of proton extrusion by potassium ion and divalent cations (nickel, cobalt, zinc) in maize (*zea mays* cultivar Dekalab XL85) root segments. **Physiology**.p.497-501,1986.

COLLINS, R. N. E.; BAKKAUS, M.; CARRIEFIRE, H.; KHODJA, O.; PROUX, J. L.; MOREL, G.B. **Uptake, localization, and speciation of cobalt in *Triticum aestivum* L. (wheat) and *Lycopersicon esculentum* M. (tomato).** *Environmental Science and Technology*, v. 44, p.2904–2910, 2010.

COLLINS, R.; KINSELA, A. **Pedogenic Factors and Measurements of the Plant Uptake of Cobalt.** *Plant of soil*, 339, p.499-512, 2011.

COPPENET, M.; MORE, E.; CORRE, L.L.; MAO, M.L. Variations in ryegrass cobalt content: Investigating enriching methods. **Annals of Agronomy**, v. 23, p.165-192. 1972.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra Brasileira de Cana-de-açúcar - Terceiro Levantamento**, Brasília: p. 1-20, setembro, 2016.

DANG, W.; WEI, Z.M. **High frequency plant regeneration from the cotyledonary node of common bean.** *Biology of Plants*, v. 53 (2), p.312-316,1988.

DAVIS, R.D.; BECKETT, P.H.T.; OLLEN E. **Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley.** *Plants of Soil* 49, p. 395-408, 1978.

DILLEWIJN, C. V. **Botany of sugar cane. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371p.**

EL-MOEZ, A.M.R.; GAD, N. **Effect of organic cotton compost and cobalt application on cowpea plants growth and mineral composition.** *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, v.17, p.426-440, 2002.

EVANS, H.J.; KLIWER M. **Vitamin B₁₂ compounds in relation to the requirements of cobalt for higher plants and nitrogen fixing organisms.** *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.112, Art., 2: p.732-755,1964.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.

FREIBERG, G.Y. Absorption of trace elements Cu and Co by some Field cultivars in relation to the content of organic matter in soil. **Izv Akad Nauk Latvijk SSR**, v. 2, p.116-12, 1970.

GAD, N.; MHANA, A.; MOHAMME, D.; BEKBAYEVA, L. K. **Role of Cobalt on Cowpea Growth and Yield under Different levels of Nitrogen.** *World Application Science Journal*, v. 22 (4),p. 470-478, 2013.

GAD, N. Physiological and chemical response of groundnut (*Arachis hypogaca*) to cobalt nutrition. **World Application Science Journal**, v. 20, p.359-36. 2012.

- GAD, N.; AZIZ, E. E. Physiological and Chemical Response of Lemongrass (*Cymbopogon Citratus L.*) to **Cobalt Nutrition, B-Endogenous hormones, chemical and nutritional contents**. Journal Application Science Research, v. 7 (12), p.1778-1784. 2011.
- GAD, N.; KANDIL, H. Influence of cobalt on phosphorus uptake, growth and yield of tomato. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Egypt, v.1(5), p.1069-1075, 2010.
- GAD N. **Increasing the efficiency of water consumption through cobalt application in the newly reclaimed soils**. Journal Application Science Research, v. 2 (11), p.1081-1091, 2006.
- GAD, N. **Interactive effect of cobalt and salinity on tomato plants I- Growth and mineral composition as affected by cobalt and salinity**. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences Pakistan, p.261-269, 2005.
- GAD, N. **Uptake of Cobalt and some other trace elements as affected by phosphorous levels and Mycorrhizae inoculation**. Egypt Journal of Soil Science, v. 42, (3), p.609-623, 2002.
- GAD, N. **Effect of cobalt on growth and mineral composition of plant**. M.Sci. Thesis, Faculty Agriculture Ain Shams University of Egypt. 1989.
- GASCHO, G.J. Water-sugarcane relationships. **Sugar Journal**, v.48, p.11-17, 1985.
- HALL, J. **Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance**. Journal Experimental Botany, v.53, p.1-11, 1984.
- HUNTER, J.G.; VERGHANO, O. **Trace-element toxicities in oat plants**. Annals of Applied Biology, v.40, p.761-777. 1953.
- International Plant Nutrition Institute (IPNI). Georgia. Disponível em: PDF: <<http://www.ipni.net/nutrifacts>> Acessado em 10/08/2016.
- JAYAKUMAR, K. P.; VIJAYARENGAN.; CHANG, X.; JALEEL,C.A. **Soil applied cobalt alters the nodulation, leg-haemoglobin content and antioxidant status of *Glycine max (L.) Merr.*** Colloids and Surfaces. B: Biointerfaces, v.67, p.272, 2008.
- KIM, B.Y.; KIM, K.S.; KIM, B.J.; HAN, K.H. **Uptake and yield of the rice plant related to the concentration of heavy metals (Cu, Ni, Cr, Co, Mn)**. Research Report to Rural Development, v.20, p.1-10,1978.
- KHANDIL, H. **Effect of Cobalt Fertilizer**. Method of analysis Association of Growth, Yield and Nutrients Status of Faba Bean Official Agriculture Chemists.16 Ed. Washington, (*Vicia faba L.*) Plants. Journal of Applied Sciences D.C.USA. Research, v.3 (9), p.867-872, 2007.
- LAU, O.L.; JOHN, W.W.; YANG, S.F. **Effect of different cytokinins on ethylene production by mungbean hypocotyls in the presence of indole-3-acetic acid or calcium ion**. Physiology Plants, p.1-3, 1977.

LEGENDER, B. L. **The Core/Press Method for Predicting the Sugar Yield from Cane for Use in Cane Payment.** Sugarcane Research Unit .Agricultural Research Service U.S. Department of .Agriculture P.O. Box 470, Houma, Louisiana.1992.

LIPSKAYA, G. A.; MATVYEYENTSAVA, V. S.; CHARKASKAYA, S. K. **Effect of Various Combination of Cobalt with Other Trace Elements on the Change of Activity of the Hill Reaction,** Vysti.Akad.Nauk.B.SSR Syer Biyal Nevuk. p.32- 36, 1973.

LIPSKAYA, G. A. **Effect of Cobalt and Heteroauxin on the Morphology and Structure of a Barley Leaf.** Vysti.Akad.Nauk.B.SSR Syer. Biyal.Nevuk, No.2, p.121-123, 1974.

LIPSKAYA, G.A. **Structural organization of photosynthetic apparatus of leaves of potato supplied with different cobalt rates.** Batanika (Issledovaniya), USSR, v.22, p.203-212, 1980.

LIU, X.M.; KIM, K.E.; KIM, K.C.; NGUYEN, X.C.; HAN, H.J.; JUNG, M.S, et al. **Cadmium activates *Arabidopsis* MPK3 and MPK6 via accumulation of reactive oxygen species.** *Phytochemistry*, 71(5–6),p.614–618,2010.

MEDEIROS, S. A. "**Moduladores da biossíntese e do mecanismo de ação do etileno sobre o crescimento *in vitro* do porta-enxerto de macieira marubakaido**". 2001. 59f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of Plant Nutrition.** Netherlands. Kluwer Academic Publishers, p.849, 2001.

MYSLIVA-KURDZIEL, B.; PRASAD, M.N.V.; STRZALKA, K. **Photosynthesis in heavy metal stressed plants.** In: Prasad MNV, editor. Heavy metal stress in plants: From biomolecules to ecosystems. Berlin: Springer-Verlag, p. 146-181, 2004.

MOHANTY, N.; VASS, I.; DEMETER, S. **Impairment of photosystem 2 activity at the level of secondary quinone electron acceptor in chloroplasts treated with cobalt, nickel and zinc ions.** *Physiology Plants*, 76, p.386-390, 1989.

MORENO-CASELLES, J.; PEREZ-ESPINOSA, A.; PÉREZ-MURCIA, M.D.; MORAL, R.; GOMEZ I. **Effect of increased cobalt treatments on cobalt concentration and growth of tomato plants.** *Journal of Plants Nutrition*. v.20, p.805–811, 1997.

MOORE, P. H.; PATERSON, A. H.; TEW, T. **Sugarcane: The Crop, the Plant, and Domestication.** In: MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. (Ed.). **Sugarcane: physiology, Biochemistry, and Functional Biology.** Ames: John Wiley & Sons, p.01-07, 2014.

ÖPIK, H.; ROLFE, S. "**The Physiology of Flowering Plants**" Cambridge University Press, UK, 2005.

PALIT, S.; SHARMA, A.; TALUKDER, G. **The effect of cobalt on plants.** *The Botanic Review*.60, p.149–18,1994.

PLATASH, I.T.; DYERYUHINA, L.I.; ART'OMCHENKO, V.S. **Astragalus microelement**. Farm Zhurn. v.27, p. 64-65, 1972.

PETTERSSON, O. **Heavy metal ion uptake by plants from nutrient solutions with metal ion**, plant species and growth period variations. Plant and soil, v.45, 445-459, 1976.

PEREZ- ESPINOSA, A.; MORENO-CASELLES, J.; MORAL, R.; PEREZ-MURCIA, M. D.; GOMEZ, I. Effect of cobalt on chlorophyll and carotenoid contents in tomato plants. New York. **Journal of plant nutrition**, v.25 (9), p.1933–1940, 2002.

PRASAD, M. N. V. **Heavy metal stress in plants: from biomolecules to ecosystems**. Department of Sciences, University of Hyderabad., India. p.462, 2004.

RAUSER, W.E.; DUMBROFF, E.B. Effects of excess cobalto, nickel and zinco on the water relations of phaseolus vulgaris. **Environmental and Experimental Botany**, v.21, p. 249-255, 1981.

SALASSI, M. A.; DELIBERTO, J.W.; GRAVOIS K. Economic importance of Louisiana sugarcane production in 2015. **Informativo sugarcane**.

SCHRAUZER, G.N. **Cobalt**, p.879-892 in E. Merian (ed.), Metals and their compounds in the environment, 1991.

SCHUTZEND; UBEL, A; POLLE, A. **Plant responses to abiotic stresses: heavy metals-induced oxidative stress and protection by mycorrhization**. Journal Experiment Botanic, 53, 1351–1365. 2002.

SMITH, S.; MACNAIR, M. **Hypostatic modifiers cause variation in degree of copper tolerance in *Mimulus guttatus***. Heredity, 80, p.760-768, 1998.

SINHA, P.; CHATTERJEE, C. **Disturbance in growth, yield, sucrose concentration and antioxidative defense system by excess cobalt in surgacane**. Journal of Plant Nutrition, v. 38, p.541-550, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 848p.

TERRY, N. Physiology of trace element toxicity and its relation to iron stress. **Journal Plant Nutrition**, v.3, p.561-578, 1981.

TRIPATHY, B.C.; BHATIA, B.; MOHANTY, P. **Cobalt ions inhibit electron-transport activity of photosystem II without affecting photosystem I**. Biochim Biophys Acta, 722, p.88-93, 1983.

WALLACE, A.; ABOU-ZAMZAM, A.M. **Low levels, but excesses, of five different trace elements, singly and in combination, on interactions in bush beans grown in solution culture**. Soil Science, v. 147, n. 6, p. 439-4, 1989.

WALLACE, A. **Effect of chelating agents on uptake of trace metals when chelating agents are applied to soil in contrast to when they are applied to solutions cultures**. Journal of Plant Nutrition, v. 2, p. 171-175

WANG, K.L.C.; LI, H.; ECKER., JR. Ethylene biosynthesis and signaling networks. ***The Plant Cell***, vol. 14, n. suppl. 1, p. S131-S151. 2002.

WALSER, R.H.; JOLLEY, V.D.; DAVIS, T.D. **Effect of cobalt application on structural organization of photosynthetic apparatus of tomato leaves.** *Journal Plant Nutrition*, v. 19, p.358-368,1996.

WERNER, V. **Effect of nickel, cadmium and cobalt on the uptake of copper by intact barley (*Hordeum distichon*) roots.** *Z. Pflanzenphysiol*, v.93, p.1-10, 1979.

WHITE, C.; GADD, G.M. Uptake and cellular distribution of copper, cobalt and cadmium in strains of *Saccharomyces cerevisiae* cultured on elevated concentrations of these metals. ***FEMS Microbiology Ecology***. 38, p.277-284, 1986.

YANG S.F.; HOFFMAN, N.E. **Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants.** *Annual Review of Plant Physiology.*, 35(1), p.155-189,1984.

YU, Y.B.; ADAMS, D.O.; YANG, S.F. I-Aminocyclopropanecarboxylate synthase, a key enzyme in ethylene biosynthesis. ***Arch Biochem Biophys***. 1979.