

**NUTRIÇÃO MINERAL, PRODUTIVIDADE E
CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS DE
BANANEIRA 'PRATA ANÃ' IRRIGADA DO
NORTE DE MINAS GERAIS SOB APLICAÇÃO
DE ZINCO NO SOLO**

PAULO JORGE DE PINHO

2004

PAULO JORGE DE PINHO

**NUTRIÇÃO MINERAL, PRODUTIVIDADE E CLASSIFICAÇÃO DOS
FRUTOS DE BANANEIRA 'PRATA ANÃ' IRRIGADA DO NORTE DE
MINAS GERAIS SOB APLICAÇÃO DE ZINCO NO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Janice Guedes de Carvalho

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2004**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Pinho, Paulo Jorge de

Nutrição mineral, produtividade e classificação dos frutos de bananeira 'Prata Anã' irrigada do Norte de Minas Gerais sob aplicação de zinco no solo / Paulo Jorge de Pinho. -- Lavras : UFLA, 2004.

64 p. : il.

Orientadora: Janice Guedes de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Banana prata anã. 2. Zinco. 3. Nutrição mineral. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.772891

PAULO JORGE DE PINHO

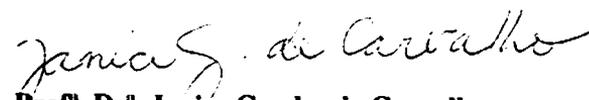
**NUTRIÇÃO MINERAL, PRODUTIVIDADE E CLASSIFICAÇÃO DOS
FRUTOS DE BANANEIRA “PRATA ANÃ” IRRIGADA DO NORTE DE
MINAS GERAIS SOB APLICAÇÃO DE ZINCO NO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
área de concentração em Solos e Nutrição de
Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 09 de Setembro de 2004

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva - FAFEID

Pesq. Dr^a. Miralda Bueno de Paula - EPAMIG



Prof^a. Dr^a. Janice Guedes de Carvalho
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

DEDICO.

Aos meus pais Lourdes e José por terem me ensinado o valor dos estudos.

Aos meus irmãos Nadine e Cristiano, pela força e incentivo.

À minha sobrinha Mariana, pela alegria e pelos telefonemas.

À minha noiva Renata pela compreensão da distância, incentivo e amor.

"No suor do rosto comerás o teu pão, até que tornes à terra, pois dela foste formado; porque tu és pó e ao pó tornarás."

Gênesis 3:19.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência do Solo (DCS), pela oportunidade da realização do curso de pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) - Centro Tecnológico Norte de Minas (CTNM), pela oportunidade concedida disponibilizando o experimento para a dissertação.

Ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), por ter financiado o projeto.

À professora Janice Guedes de Carvalho pelo apoio, orientação, amizade, incentivo e valiosos ensinamentos.

Ao Doutor Enilson de Barros Silva por toda a orientação, oportunidades e amizade desde o tempo de graduação.

À Pesquisadora Maria Geralda Vilela Rodrigues - EPAMIG/CTNM, pela ajuda dedicada no início do projeto.

Ao Técnico agrícola José Ocimar Mendes - EPAMIG/CTNM, pela coleta dos dados no campo.

Aos amigos do laboratório de análise de solos da EPAMIG/CTNM, pela realização das análises foliares e de solos.

Aos professores Luiz Roberto Guimarães Guilherme e João José G. de Sá e Melo Marques pelas revisões de inglês.

Ao técnico Roberto, do laboratório de fertilidade do solo do DCS - UFLA, pelas análises de DTPA.

Aos professores do DCS, pelos valiosos conhecimentos transmitidos neste período.

Aos amigos, Tullio, Fábio, Lucas, Manú, Walfrido, Orlando, Ana Rosa, Tadeu, Zé Roberto, Barberi, Adriana, Felipe, Carol, Serginho, Márcio, Silvana, Xandão, Regilene, Alê, Daniela, Bruno, Toninho, Zé Zilton e Pesão, pela amizade e convívio durante a realização do curso pós-graduação.

Aos colegas da 'República', Caju, Pedro e Ramilo pela convivência em casa e pelo incentivo durante a realização da dissertação.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão do trabalho.

OBRIGADO

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO	iv
ABSTRACT	vi
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Zinco no solo.....	4
2.1.1 Formas de ocorrência e absorvidas pelas plantas.....	4
2.1.2 Fatores que afetam a disponibilidade de zinco no solo.....	5
2.1.2.1 pH.....	5
2.1.2.2 Textura	6
2.1.2.3 Matéria orgânica.....	7
2.1.2.4 Óxidos de Fe e Al.....	8
2.1.2.5 CTC.....	9
2.1.2.6 Outros fatores que afetam a disponibilidade de Zn.....	9
2.2 Zinco na planta.....	10
2.2.1 Essencialidade e funções bioquímicas	10
2.2.2 Absorção e mobilidade.....	12
2.2.3 Distúrbios nutricionais	13
2.3 Zinco na bananeira	14
2.3.1 Sintomas de deficiências visuais.....	14
2.3.2 Níveis críticos foliares de zinco e adubação	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO II - RESPOSTAS DA BANANEIRA ‘PRATA ANÃ’ (AAB) IRRIGADA A DOSES DE ZINCO, VIA SOLO	23
RESUMO	24
ABSTRACT	25

1 INTRODUÇÃO	26
2 MATERIAL E MÉTODOS	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.1 Crescimento vegetativo, produção e classificação dos frutos.	30
3.2 Teores de macronutrientes nas folhas	32
3.3 Teores de micronutrientes nas folhas	36
4 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
CAPÍTULO III	44
CAPÍTULO III - USO DO DRIS NA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA BANANEIRA 'PRATA ANÃ' (AAB) EM RESPOSTA A APLICAÇÃO DE ZINCO VIA SOLO	44
RESUMO	45
ABSTRACT	46
1 INTRODUÇÃO	47
2 MATERIAL E MÉTODOS	49
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4 CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Pag.

- TABELA 2.1.** Análise química e física dos materiais de solo antes do plantio nas profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm. 28
- TABELA 2.2.** Resumo da análise de variância, para altura do pseudocaule (AP), diâmetro do pseudocaule (DP), produtividade (PR), número de pencas (NP), o comprimento (CF) e o diâmetro (DF) do fruto central da segunda penca e classificação dos frutos de primeira (FP) e de segunda (FS), em função de doses de Zn de dois anos de produção. 30
- TABELA 2.3.** Resumo da análise de variância dos teores foliares de macronutrientes na bananeira 'Prata Anã', em função das doses de Zn. 33
- TABELA 2.4.** Resumo da análise de variância dos teores foliares de microelementos da bananeira 'Prata Anã', em função das doses de Zn de dois anos de produção. 36

CAPÍTULO III

- TABELA 3.1.** Análise química e física dos materiais de solo antes do plantio nas profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm. 50
- TABELA 3.2.** Teores foliares médios (TF), índices DRIS (ID), Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) e produtividade (Prod) de banana 'Prata Anã' (AAB), em função de doses de Zn via solo. 54

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Pág.

- FIGURA 2.1.** Produtividade (PR) da bananeira 'Prata Anã' (AAB) e comprimento do fruto central da segunda penca (CF), em função da dose de zinco, no primeiro ano de cultivo. (**significativo a 1% pelo teste de t). 31
- FIGURA 2.2.** Produtividade (PR) da bananeira 'Prata Anã' (AAB) e comprimento do fruto central da segunda penca (CF), em função da dose de zinco, no segundo ano de cultivo. (**significativo a 1% pelo teste de t). 32
- FIGURA 2.3.** Teor foliar de Ca da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em função das doses de Zn aplicadas em dois anos de cultivo. (*significativo a 5%, pelo teste de t). 35
- FIGURA 2.4.** Teor foliar de Fe da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em função das doses de Zn, aplicadas em dois anos de cultivo. (significativo a 5%, pelo teste de t). 38
- FIGURA 2.5.** Teor foliar de Mn da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em função das doses de Zn, aplicadas em dois anos de cultivo. (*significativo a 5% e ^{ns} não significativo, pelo teste de t). 39
- FIGURA 2.6.** Teor foliar de Zn da bananeira 'Prata Anã' (AAB), em função das doses de Zn, aplicadas em dois anos de cultivo (** e * significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste de t). 40

CAPÍTULO III

- FIGURA 3.1.** Relação entre índice DRIS de Zn foliar e doses de Zn aplicado via solo, para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t). 55

- FIGURA 3.2.** Relação entre índice DRIS e teor de Zn foliar, para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t). 56
- FIGURA 3.3.** Relação entre índice DRIS de Zn foliar e teor de Zn disponível (Mehlich 1), para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t). 57
- FIGURA 3.4.** Relação entre índice DRIS de Zn foliar e teor de Zn disponível (DTPA a pH 7,3), para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t). 58
- FIGURA 3.5.** Relação entre produtividade de frutos e doses de Zn aplicado via solo, para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t). 59

RESUMO

Pinho, Paulo Jorge de. Nutrição mineral, produtividade e classificação dos frutos de bananeira 'Prata Anã' (AAB) irrigada do Norte de Minas Gerais sob aplicação de zinco no solo. 2004. 64p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.¹

A produção de banana é influenciada de maneira geral por fatores internos da planta e externos que são as condições de clima, solo e manejo agrônômico praticado na cultura, como a adubação. O objetivo deste trabalho foi de avaliar a nutrição mineral, produtividade e classificação dos frutos de bananeira 'Prata Anã' (AAB) irrigada do Norte de Minas Gerais sob aplicação de zinco no solo. O experimento foi conduzido na área pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Centro Tecnológico Norte de Minas (CTNM), localizada no Perímetro Irrigado do Gorutuba, Nova Porteirinha, MG. O experimento foi iniciado em outubro de 2001, por um período de dois anos com 3 ciclos da cultura. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 3 repetições e 4 tratamentos (0, 10, 20 e 40 kg de zinco ha⁻¹ ano⁻¹), aplicados na forma de sulfato de zinco, em uma área de 5.248,8 m². Os efeitos dos tratamentos foram avaliados através das medidas na época do florescimento (diâmetro do pseudocaule a 30 cm do solo e altura das plantas) e na época de colheita (peso do cacho, número de pencas por cacho, comprimento e diâmetro do fruto central da segunda penca e classificação dos frutos). Foram realizadas análises dos teores foliares da terceira folha, coletadas no momento do florescimento durante o período experimental. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ajustes de regressões. A partir das equações obtidas, estimaram-se as doses correspondentes para a máxima eficiência física (MEF). Foram encontrados a maior produtividade e comprimento do fruto com as doses de 12 e 16 kg de Zn ha⁻¹ ano⁻¹, para o primeiro e segundo ano de cultivo respectivamente. Foi verificado pela análise de variância que houve efeito significativo das doses de Zn aplicadas sobre os teores de Ca, Fe, Mn e Zn. As doses de Zn correlacionaram-se positivamente com os teores foliares de Zn e negativamente com os de Ca, Fe e Mn. Para o índice DRIS foram avaliados a produtividade de frutos de bananeira, teores foliares de macro e micronutrientes e os teores de Zn extraídos pelo Mehlich I e DTPA a pH 7,3. Para o cálculo do índice DRIS dos dados médios dos dois anos de cultivo da bananeira 'Prata Anã'

¹ Comitê Orientador: Prof. Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Orientadora); Prof. Enilson de Barros Silva - FAFEID (Co-orientador)

utilizaram-se as normas de referência obtidas para região Norte de Minas Gerais. Análise de regressão foi usada para ajustar um modelo em que se relacionassem índices DRIS de Zn com as doses de Zn aplicadas via solo, teor de Zn nas folhas e no solo extraído pelo Mehlich 1 e DTPA a pH 7,3 como variável dependente e, por fim, produtividade de frutos de banana com doses de Zn aplicadas. Pelo DRIS, o diagnóstico do estado nutricional da bananeira 'Prata Anã' irrigada foi consistente em avaliar a resposta à aplicação de Zn no solo. A produtividade de frutos de banana 'Prata Anã' de 22,7 Mg ha⁻¹ atingiu o melhor equilíbrio nutricional com a aplicação da dose de 7,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Zn via solo. O teor ótimo de Zn no solo, associado ao melhor equilíbrio nutricional da bananeira 'Prata Anã' foi de 16,7 mg dm⁻³ (Mehlich-1) e 5,7 mg dm⁻³ (DTPA a pH 7,3) e para Zn foliar foi 14,4 mg kg⁻¹.

ABSTRACT

Pinho, Paulo Jorge de. Mineral nutrition, yield, and fruit classification of irrigated 'Prata Anã' (AAB) banana in Northern Minas Gerais as affected by zinc application in the soil. 2004. 64p. Dissertation (Master in Soil Science and Plant Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras – MG.¹

Banana's production is influenced by both plant intrinsic factors and external factors such as climatic conditions, soil type and agronomic practices, e.g., fertilization. This work evaluated the effect of soil zinc application upon the mineral nutrition and the nutritional status (using the diagnosis and recommendation integrated system – DRIS) as well as plant yield, and fruit classification of the 'Prata Anã' banana cultivated under irrigation in Northern Minas Gerais State. The experiment was carried on in an area belonging to the Agricultural Research Institute of Minas Gerais State (EPAMIG), Northern Minas Technological Center (CTNM), located in the Irrigated Perimeter of Gorutuba, Nova Porteirinha, MG, Brazil. The experiment started in October, 2001 and last for 2 years with 3 cropping cycles, following a randomized blocks design, with 4 treatments (0, 10, 20, and 40 kg of zinc ha⁻¹ year⁻¹) and 3 replicates. Zinc was applied as zinc sulphate in an area of 5,248.8 m². The effects of the treatments in the plant were evaluated at flowering (pseudostem diameter at a 30-cm height and plant height) and at harvesting (bunch weight, number of clusters per bunch, length and diameter of the central fruit located in the second cluster and fruit classification). The third leaf was collected at flowering for analyses of mineral contents. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) as well as regression analysis. Regression equations were used for assessing the maximum physical efficiency (MEF). The application of 12 kg of Zn ha⁻¹ year⁻¹ resulted in the highest yield and fruit length in the first year of cultivation, whereas the same effect was observed for 16 kg of Zn ha⁻¹ year⁻¹ in the second year. The ANOVA showed a significant effect of Zn doses upon leaf contents of Ca, Fe, Mn, and Zn. Increasing Zn doses in the soil caused Zn leaf contents to increase and Ca, Fe, and Mn leaf contents to decrease. In a further study with the DRIS index, fruit yields as well as leaf contents of macro and micronutrients and soil Zn contents extracted by Mehlich 1 and DTPA (pH 7.3) were all evaluated for correlation purposes. An average DRIS index was calculated for the two years of cultivation of the 'Prata Anã' banana

¹ Guidance Committee: Prof. Janice G. de Carvalho - UFLA (Major professor); Prof. Enilson de Barros Silva - FAFEID

based on reference norms obtained for Northern Minas Gerais. Regression analysis was used to adjust a model relating Zn DRIS indexes with doses of Zn applied to soil, as well as with Zn leaf contents and Mehlich I- and DTPA-extractable Zn. Additional regression analysis were done also relating fruit yields with doses of Zn applied to soil. The DRIS showed that the diagnosis of the nutritional status of the 'Prata Anã' banana was reliable for evaluating the crop response to Zn application in the soil. The yield of 'Prata Anã' banana of 22.7 Mg ha^{-1} reached the best nutritional balance with a soil application of $7.0 \text{ kg Zn ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. The optimal Zn content in the soil associated with the best nutritional balance of 'Prata Anã' banana was of 16.7 mg dm^{-3} for Mehlich I and 5.7 mg dm^{-3} for DTPA. As for the foliar content, the optimal Zn content in the leaf was 14.4 mg kg^{-1} .

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Estado de Minas Gerais ocupa a quinta posição na produção nacional de bananas. Em 1979, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) iniciou trabalhos de avaliação do comportamento da cultura da bananeira 'Prata Anã', sob regime de irrigação, que constitui a principal exploração frutícola regional.

A região Norte de Minas Gerais vem despontando como um grande pólo frutícola do Brasil. De acordo com dados oficiais, estima-se que a área total ocupada pela cultura da banana está em torno de dez mil hectares e cerca de 90% dessa área é cultivada com a 'Prata Anã'. Nesta região a bananeira encontra condições edafoclimáticas favoráveis para obter elevada produtividade e frutos de boa qualidade.

A produção de banana é influenciada de maneira geral por fatores internos da planta e externos que são as condições de clima, solo e manejo agrônômico praticado na cultura, como a adubação. Esta é uma cultura muito exigente em nutrientes, por causa de sua elevada produtividade, em algumas plantações, podendo alcançar de 50 a 70 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Silva et al., 1999). Segundo Lopez & Espinosa (1995), a nutrição é um fator de produção de extrema importância para a bananeira, devido à grande eficiência destas plantas em produzir grandes quantidades de biomassa em um curto período de tempo.

É de conhecimento geral que para o desenvolvimento normal das plantas e obtenção de altas produtividades, os nutrientes devem estar disponíveis no momento certo no solo. O excesso ou deficiência destes podem provocar desequilíbrios nutricionais, acarretando prejuízos ao desenvolvimento e à produtividade da bananeira.

Os micronutrientes são elementos exigidos em pequenas quantidades para a produtividade ótima da cultura, porém isso, não significa que a sua importância para essa planta seja menor que a dos macronutrientes. Tal fato se fundamenta nos critérios de essencialidade dos nutrientes e na Lei do Mínimo, em que a produção é diretamente proporcional ao nutriente que se encontra em menor quantidade à disposição da planta (Raij, 1991a).

Vários aspectos são considerados importantes quando se trata do uso de micronutrientes na cultura da bananeira. Dentre eles, pode-se citar: a) incorporação ao processo produtivo, de solos com fertilidade marginal, principalmente os solos de textura arenosa da região Norte de Minas; b) aumento de produtividade levando a alta demanda de nutrientes; c) uso de fertilizantes NPK mais concentrados, que contêm muito pouco ou nada de micronutrientes na sua composição; d) esgotamento da reserva de micronutrientes do solo, após anos de cultivo mais intensivo sem a devida reposição; e) pH do solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Zinco no solo

2.1.1 Formas de ocorrência e absorvidas pelas plantas

O metal ocorre em rochas, principalmente como sulfeto, sendo a esfarelita (ZnS) o mais importante. Outros minerais originários do intemperismo dos sulfetos são a smithzonita ($ZnCO_3$) e a hemimorfita [$ZnSi_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$]. Pela semelhança de raio iônico do Zn^{2+} (0,74Å) com o do Mg^{2+} (0,65 Å), há substituições isomórficas de magnésio (Mg) por zinco (Zn), em todos os silicatos que contém Mg^{2+} . Isso assegura uma distribuição bastante ampla de Zn em rochas. Os silicatos e minerais relacionados não resistem às condições de intemperismo mais elevadas. Nessas condições, os minerais são destruídos, liberando Zn^{2+} para a solução dos solos. Este íon forma compostos solúveis em meio ácido, com a maioria dos ânions que ocorrem em soluções e sistemas naturais. Por esta razão, o Zn é um dos metais pesados mais móveis do ponto de vista geoquímico (Raij, 1991b).

O Zn pode ocorrer como cátion na solução do solo, como íon prontamente trocável e adsorvido às cargas negativas de origem orgânica ou inorgânica e, ainda, na forma de quelato, com ligantes orgânicos ou organominerais, oclusos em óxidos de ferro (Fe) ou alumínio (Al) e ligados à rede cristalina de minerais silicatados primários ou secundários (Siqueira, 1998) ou precipitado em compostos pouco solúveis (Lindsay, 1991).

O excesso de Zn no solo é raramente encontrado, exceto próximo a depósitos, minas ou indústrias de chumbo (Pb) ou Zn, onde os gases liberados pelas chaminés contêm quantidades consideráveis do metal. Solos próximos a tais indústrias podem conter de 4 a 5% de Zn (Bergmann, 1992).

É pouco aceito que a absorção radicular de Zn se dê ativamente, embora nas raízes, cerca de 90% do elemento ocorra em sítios de troca ou adsorvidos às paredes celulares das células do parênquima cortical. De acordo com Bowen (1969), a absorção de Zn está sob controle metabólico e ocorre uma competição entre a absorção de Zn e cobre (Cu), pois os dois apresentam o mesmo mecanismo de absorção, ou seja, utilizam os mesmos sítios carregadores, ao passo que Chaudhry & Loneragan (1972) verificaram que um aumento da concentração de cálcio (Ca) e Cu inibe a absorção de Zn.

A forma de Zn predominantemente absorvida pelas raízes é a Zn^{2+} , podendo ser também na forma de quelatos. Entretanto, para alguns autores, a forma como o Zn é absorvido pelas raízes necessita de maiores esclarecimentos (Dechen et al. 1991).

2.1.2 Fatores que afetam a disponibilidade de zinco no solo

2.1.2.1 pH

O efeito do pH na distribuição dos metais, em suas diferentes formas no solo, tem implicações importantes na retenção e mobilidade desses elementos (Zhu & Alva, 1993). Trierweiler & Lindsay (1969) mencionaram que a solubilidade do Zn em água diminui 100 vezes, quando o pH aumenta uma unidade.

Machado & Pavan (1987) estudaram a adsorção de Zn por alguns solos do Paraná, onde o pH afetou a disponibilidade do micronutriente. Com o aumento do pH de 4 para 7 houve um aumento na adsorção. Assim, a diminuição da concentração de Zn na solução do solo, com a elevação do pH, pode ser devida a maior adsorção do metal, em função da menor competição com o íon H^+ e maior afinidade dos sítios de troca, pelas formas hidrolisadas

com menor valência ($ZnOH^+$) e aumento das cargas negativas dependentes de pH.

O aumento do pH do solo causa a precipitação dos cátions metálicos sobre óxidos de Fe e manganês (Mn) cristalinos e amorfos, decrescendo, por sua vez, à forma trocável e ligada à matéria orgânica (Zhang et al., 1997). Segundo Amaral Sobrinho et al. (1997), o aumento de pH favorece a adsorção de Zn aos óxidos de Fe, Al e Mn do solo, nos quais são formados complexos de esfera com os cátions metálicos.

Galvão (1995), avaliando o nível crítico de Zn, para o milho, verificou que o efeito do pH foi significativo, ou seja, à medida que se aumentou o pH aumentou o nível crítico para a planta.

Ritchey et al. (1986) obtiveram decréscimos significativos no rendimento de grãos de milho, num Latossolo Vermelho Escuro, argiloso, pelo uso de doses muito elevadas de calcário. Assim, foi verificado um decréscimo de produção de até 1000 kg ha^{-1} tanto quanto foi aumentada a quantidade do calcário. Resultados semelhantes foram obtidos por Fageria & Zimmermann (1979) com arroz de sequeiro. Avaliando a interação entre Zn e calcário, os autores observaram deficiência de zinco nas plantas, onde sem a aplicação de zinco a produção diminuiu com aplicação de 4 t ha^{-1} nos solos estudados.

Avaliando a adsorção de Zn em três solos dos Estados Unidos Kuo & Baker (1980) observaram que a porcentagem máxima de Zn adsorvido ocorreu nas faixas de pH entre 6,3 e 7,1, dependendo do tipo de solo.

2.1.2.2 Textura

A textura é um atributo físico capaz de influenciar várias características dos solos, tendo papel importante na adsorção do Zn, sendo que solos de

texturas mais grosseiras adsorvem Zn em menor quantidade, quando comparados com solos mais argilosos.

Apenas o silte e a argila adsorvem Zn, o mesmo não acontecendo com a areia, sendo que destes, a argila é a maior responsável pela fixação do elemento (Silveira et al., 1971).

Sims (1986), trabalhando com solo arenoso, com baixo valor de matéria orgânica ($1,6 \text{ dag kg}^{-1}$), verificou que numa variação de pH 4,8 a 7,7, o Zn trocável diminuiu de 42 para 1%, enquanto que o Zn ligado aos óxidos de Fe amorfos aumentou de 4 para 26% respectivamente.

Trabalhando com 20 amostras de solos sob cerrado, com diferenças físico-químicas, Couto et al. (1992) encontraram uma correlação negativa e significativa para a argila. Isso, segundo os autores, pode ser entendido como uma maior capacidade de carga, que confere ao solo maior capacidade em adsorver Zn. Ainda, segundo Couto et al. (1992), foi observado que a recuperação do elemento por um mesmo extrator foi menor nos solos argilosos que nos solos arenosos, implicando em dizer que, para uma mesma quantidade de Zn nos solos, os argilosos requerem maiores quantidades que solos de textura arenosa, contudo, apresentam maior capacidade em suprir o nutriente ao longo do cultivo.

2.1.2.3 Matéria orgânica

Frações de ácidos húmicos e fúlvicos são destacados na adsorção de Zn. Três classes de reações da matéria orgânica com Zn e outros nutrientes têm sido distinguidos. Primeiramente, a imobilização por substâncias orgânicas de alto peso molecular como a lignina, a solubilização e mobilização por ácidos e bases

orgânicos e, por fim, a complexação por substâncias orgânicas inicialmente solúveis, que formam sais insolúveis (Tisdale et al., 1993).

Siqueira (1998), em estudos avaliando a importância da matéria orgânica na adsorção do Zn, observou que a retirada desta fração dos solos mostrou uma influência seletiva na adsorção. Em seus estudos foi constatado que, na maioria das amostras, com a retirada da matéria orgânica houve uma diminuição da adsorção de Zn. Então, a matéria orgânica é um material que participa do fenômeno de adsorção, com os sítios presentes nela e a sua retirada diminui a capacidade máxima de adsorção dos solos em Zn.

2.1.2.4 Óxidos de Fe e Al

Avaliando a adsorção de Zn por diversos solos, Siqueira (1998) observou que a retirada das frações de óxidos de Fe e Al, amorfos e cristalinos, demonstrou que estes exercem grande influência na adsorção de Zn pelos solos, pois ocorreu alteração nos valores de capacidade máxima de adsorção. Segundo a autora, a fração de óxido de Fe influenciou significativamente na adsorção, não sendo possível determinar como a eliminação deste nas amostras interfere na adsorção. Assim, justifica-se que o aumento da capacidade de adsorção de alguns solos ocorreu em função da liberação de sítios encobertos pela formação de argilas e dos óxidos. A diminuição em outros solos pode ser devida a perda de sítios que existiam nos óxidos de Fe nos solos. Não sendo possível inferir, de maneira específica, a influência dos óxidos de Al na adsorção de Zn.

Kalbasi et al. (1978), estudando a adsorção de Zn pelos óxidos de Fe e Al, concluíram que, em valores de pH semelhantes os óxidos de Fe (goetita e hematita) há maior capacidade de adsorção que o óxido de Al (gibbsita), segundo os autores, isto é provavelmente explicado pela maior densidade de cargas e menor superfície específica apresentada pelos óxidos de Fe.

2.1.2.5 CTC

Shuman (1975) observou estreita relação entre Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e capacidade adsortiva do Zn. Shuman (1976) verificou que a remoção de óxidos de Fe aumentou a CTC em algumas amostras de solos e que em outras amostras ocorreu diminuição na capacidade adsortiva. Segundo o autor, a argila e o teor de Fe devem ser considerados quando se pretende prever a capacidade adsortiva do solo. Diferenças nas capacidades adsortivas, para solos argilosos, entre horizontes indicam que as argilas têm diferentes propriedades de superfície. Essas propriedades podem ser alteradas pela complexação com óxido. A CTC é uma propriedade da argila ou do complexo de argila-óxido de Fe, a qual dá razoável prognóstico da relativa capacidade de adsorção de Zn por esta fração do solo não podendo, entretanto, ser considerada como única variável de previsão.

Shukla et al. (1979), em seus estudos observaram que a quantidade de Zn adsorvido variou com o solo e com a concentração inicial de Zn. Foi ainda constatado que o Zn adsorvido foi além da CTC dos solos. Esta adsorção em excesso, em relação à CTC, pode ser atribuída à heterogeneidade de superfície e adsorção de Zn monovalente, como $Zn(OH)^+$ e $ZnCl^+$, juntamente com o Zn^{2+} . Então, todos os solos estudados adsorveram Zn além de sua CTC. Os autores mencionam ainda que vários outros autores também observaram que este fenômeno pode ocorrer em solos com pH neutro ou alcalino.

2.1.2.6 Outros fatores que afetam a disponibilidade de Zn

Em solos inundados, devido à redução do sulfato, ocorre a formação do sulfeto de zinco (ZnS), que fica imobilizado, provocando elevação do pH. Para a mesma condição de inundação, em solos ricos em matéria orgânica, pode ainda

apresentar deficiência acentuada de Zn devido à ação do bicarbonato na disponibilidade, além das condições de redução do solo (Giordano & Mortvedt, 1978).

Sajwan & Lindsay (1986), estudando o efeito do potencial redox na deficiência de Zn em arroz inundado, observaram que em solos submersos há um aumento na disponibilidade do Mn e do Fe, os quais se tornam antagônicos ao Zn. De acordo com os autores, há também um aumento da pressão parcial de CO_2 e, conseqüentemente, de HCO_3^- , o qual diminui a disponibilidade do Zn. O Zn pode ainda ser precipitado com o Fe, formando a franklinita.

2.2 Zinco na planta

2.2.1 Essencialidade e funções bioquímicas

A essencialidade de um elemento deve seguir três critérios sendo que a omissão do elemento em questão tem que resultar em crescimento anormal, fracasso para completar o ciclo de vida ou morte prematura da planta ou o elemento deve ser específico e não substituível por outro e, ainda, o elemento tem que mostrar seu efeito diretamente em crescimento ou metabolismo e não por um pouco de efeito indireto, como através de antagonismo com outro elemento presente a um nível tóxico (Jones Junior et al., 1991).

O Zn foi acrescentado à lista de elementos essenciais, em 1926, por Sommer & Lipman (Jones Junior et al., 1991). A relação entre Zn e as auxinas foi sugerida pela primeira vez por Skoog em 1940 (Gauch, 1973).

Este nutriente desempenha numerosos papéis bioquímicos e fisiológicos das plantas superiores, incluindo a manutenção normal da estrutura terciária e quaternária dos ribossomos citoplasmáticos, mantendo a estabilidade estrutural de organelas das células vegetais, participa da biossíntese de várias proteínas



celulares e metabolismo de hormônios vegetais como o ácido indolacético. A integridade de biomembranas é uma importante função fisiológica do Zn, onde o nutriente protege grupos fosfolipídios e sulfidrilas, constituintes das membranas, ou complexos terciários e, em consequência, protege lipídios e proteínas frente aos danos oxidativos (Marschner, 1997).

Welch & Norvell (1993), avaliando o crescimento e absorção de nutrientes em cevada, observaram que plantas deficientes em Zn perderam grandes quantidades de Mn, Cu e Cl. As raízes continham baixas concentrações de sulfidrilas reativas, quando comparadas às raízes de plântulas com suprimento suficiente de Zn. O Zn pode, então, ser requerido para proteger grupos reativos de sulfidrilas, nas proteínas da superfície externa das membranas de células das raízes e das reações oxidativas, que podem ser causadas por radicais livres ou por metais de transição capazes de sofrer oxiredução.

Um grande número de enzimas possui o Zn como componente integral de sua estrutura. O nutriente possui funções catalíticas, co-catalíticas, como co-ativadores e função estrutural. Em enzimas com funções catalíticas, como a carbonopeptidase, o Zn é coordenado a quatro ligantes, sendo três aminoácidos e uma molécula de água. Em enzimas com função estrutural, como álcool desidrogenase e proteínas envolvidas na replicação do ácido desoxirribonucléico (DNA) e expressão gênica, o Zn estrutural está ligado a quatro grupos sulfídricos, formando uma estrutura terciária de alta estabilidade (Marschner, 1997).

O Zn participa de várias sínteses bioquímicas nas plantas superiores. No metabolismo do DNA e no ácido ribonucléico (RNA), na divisão celular, e síntese de proteínas, tem sido estudado por muito tempo, mas somente recentemente uma nova classe de proteínas dependentes de Zn, as metalproteínas, foi identificada na replicação do DNA, transcrição e, ainda, na

regulação da expressão gênica. Quanto à síntese de proteínas, as taxas e conteúdo de proteínas em plantas com deficiência de Zn são drasticamente reduzidas, considerando o acúmulo de aminoácidos. O Zn é um componente estrutural dos ribossomos e essencial para sua integridade estrutural. Baixos conteúdos de proteínas e altos conteúdos de aminoácidos em plantas deficientes não são somente o resultado da redução da transcrição, mas, também pela degradação de RNA. Altas taxas de RNases são típicas de deficiência de Zn (Marschner, 1997).

Avaliando a inibição de síntese de clorofila em plantas de noz pecã, Hu & Sparks (1991) observaram que a concentração de clorofila aumenta com a concentração de Zn nas folhas, correspondendo às observações morfológicas em folhas cloróticas de folhas deficientes em Zn. E, ainda, que as altas concentrações de CO₂ intercelular associada à baixa taxa fotossintética indica que a abertura estomatal não foi a causa de redução da fotossíntese sob a deficiência de Zn.

2.2.2 Absorção e mobilidade

A mobilidade de Zn em plantas não é grande (Mengel e Kirkby, 1982). Normalmente, as raízes contêm muito mais Zn que a parte aérea, principalmente, se as plantas estiverem crescendo em solos ricos em Zn (Kabata-Pendias & Pendias, 1984).

A literatura cita que a remobilização de Zn das reservas de sementes ocorre facilmente. Sudia & Green (1972) relataram que até 24 % do ⁶⁵Zn radioativo de sementes de primeira geração foi translocado para sementes de soja de segunda geração. Trabalhando com tremoço, Hocking & Pate (1978) definiram que 80 a 90% do Zn nos cotilédones foi remobilizado para as plântulas.

Estudando a absorção e translocação de Zn através das raízes de plantas de amendoim, Chahal et al. (1979) observaram que a única diferença ocorrida na atividade do ^{65}Zn , nas várias partes das plantas foi a absorção e translocação diferencial por raízes e órgãos de frutificação. Através de radiografias das plantas que receberam o Zn radioativo, foi observado que uma quantidade substancial do Zn foi absorvida através dos órgãos de frutificação e translocados para as partes vegetativas das plantas. Então, o Zn foi translocado para diferentes partes das plantas, independente do sítio de absorção. Estes resultados ainda que limitados sugerem que o Zn é prontamente móvel durante o crescimento de plântulas de amendoim.

2.2.3 Distúrbios nutricionais

Tem sido observado que altas concentrações de fósforo (P) podem induzir ou aumentar a deficiência de Zn, principalmente em condições de baixa disponibilidade deste (Cakmak & Marschner, 1987). Isso pode ser devido ao excesso de P aumentar o requerimento fisiológico de Zn, reduzir as taxas de crescimento radicular e de transporte do Zn da raiz para a parte aérea, ou pela presença do cátion acompanhante da fonte fosfatada, o qual pode inibir a absorção de Zn (Loneragan & Webb, 1993).

Avaliando a interação Zn e P em solução nutritiva para alface, Moreira et al. (2001) observaram que nos níveis normais e altos de P e baixo de Zn as plantas apresentavam pouco desenvolvimento, com as raízes claras e folhas mais velhas com clorose nos bordos. Estudando a interação entre o Zn e P, Fageria & Zimmermann (1979) observaram que sem a aplicação de Zn a produção de arroz de sequeiro diminuiu, com a aplicação de altos níveis de P. Os autores justificam esse resultado devido, provavelmente, à ação depressiva do P na

absorção do Zn, como resultado da reação química do solo ou ao antagonismo entre os dois elementos que ocorreu nas plantas.

Galvão (1984), avaliando o efeito de Zn e Cobalto (Co) na produção e composição química de algumas culturas sob cerrado. Concluiu que o Zn foi o único micronutriente, cuja omissão provocou um decréscimo significativo na produção dos quatro primeiros anos de cultivo de arroz, milho e soja. Para este micronutriente, uma dose de 6 kg ha⁻¹, aplicada a lanço, apenas no primeiro ano de condução do experimento foi o suficiente, para manter boas produções nos seis anos consecutivos, o que evidencia prolongado efeito residual do micronutriente.

2.3 Zinco na bananeira

2.3.1 Sintomas de deficiências visuais

A deficiência visual nas folhas da bananeira ocorre nas plantas jovens, durante o período de frio e com alta umidade. Nessas plantas, em ambos os lóbulos das folhas mais novas, há o aparecimento de estreitas (± 15 mm) faixas amarela-esverdeadas, envolvendo duas ou mais nervuras secundárias. Devido a esse fato, tem-se a impressão de que a folha ficou zebrada, dada a alternância dessas faixas (Moreira, 1999).

Quando a deficiência está em fase mais avançada e a planta é quase adulta, as faixas desverdecidas se intensificam, tendendo para o branco amarelado, por falta de clorofila. A vela, o cartucho e a folha nova ficam quase brancas, sendo que o verso da nervura principal tornam-se róseo. Na planta adulta as folhas novas ficam todas amarelo-esverdeadas, tendo o verso da nervura principal bem róseo. Nos bordos da folha velha, aparece uma necrose preta irregular, com grande moldura amarela em degradê, avançando para a

nervura principal de modo desordenado, lembrando labaredas. Os pecíolos ficam curtos, tendo ou não riscos escuros no sentido do seu comprimento, os quais se tornam necrosados. A roseta foliar da “mãe” e do “filho” ficam envassouradas e compactas. As folhas com as necroses pretas emolduradas de amarelo típico, ainda verdes, têm seus pecíolos quebrados junto aos pseudocaulis. Seus pseudocaulis ficam finos e desidratados, tendo as bainhas externas secas (Moreira, 1999).

A inflorescência é magra e pouco mais longa, apresentando-se salpicada de estrias verdes, principalmente nas primeiras brácteas. À semelhança do B, a inflorescência por ser muito leve, permanece em posição horizontal por mais tempo, porém não há quebraimento do engaço. Este sintoma é mais acentuado nos cultivares do subgrupo Prata (Moreira, 1999).

Uma carência pronunciada em zinco pode conduzir a problemas graves de diferenciação e produzir frutos deformados (Borges et al. 1997). É bastante típico da carência de zinco, que os frutos de banana fiquem com as pontas magras e semelhantes ao gargalo de garrafa, as recém granadas ficam com seu pedúnculo torcido e, com isso, a penca fica retorcida. Elas podem ainda ficar apenas fortemente curvas, acentuando seu formato em meia lua, principalmente nas últimas pencas. Por ocasião da colheita, as bananas têm cor verde pálido, são curtas, magras e com formato em conchas (Moreira, 1999).

Na bananeira há uma correlação positiva entre a deficiência de Zn e a incidência do Mal-do-Panamá. O ácido indolacético (AIA) induz a produção de tilose, que completa, efetivamente, os mecanismos de resistência da planta à doença (Cordeiro, 1984).

2.3.2 Níveis críticos foliares de zinco e adubação

Não existem teores-padrão de Zn, para todos os locais de cultivo e cultivares, entretanto, considera-se que uma planta está deficiente, quando os níveis de Zn encontram-se abaixo de 17 mg kg^{-1} e em plantas bem nutridas nesse nutriente, os teores foliares encontram-se entre 17 e 50 mg kg^{-1} (Oliveira & Silva Junior, 1994). Já, Silva et al. (2002) consideram, para bananeiras cultivadas no Norte do Estado de Minas Gerais, o valor de referência de 14 mg kg^{-1} , como aquele que abaixo do qual as plantas se encontram deficientes.

Com base na faixa de suficiência e nos níveis críticos obtidos nos bananais no Norte do estado, Silva et al. (2002) verificaram que o teor de Zn apresentou-se dentro da faixa de suficiência, diante daquela apresentada por Malavolta et al. (1997) e Prezotti (1992), entretanto os bananais mostraram deficiência de Zn.

Essa discrepância entre as faixas de suficiência estabelecidas para os bananais do Norte de Minas e as faixas apresentadas na literatura mostrou os equívocos que ocorreram na interpretação dos teores de nutrientes foliares, levando a recomendações inadequadas de adubação para os bananais da região (Silva et al., 2002).

O zinco é um dos elementos cuja importância tem sido mais relatada na bananeira, recomendando-se a aplicação de 10 a 15 g de sulfato de zinco por família, em cobertura, parcelando em três aplicações (Borges et al., 1997).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; GOMES, M. F.; VELLOSO, A. C. X.; OLIVEIRA, C. Fracionamento de zinco e chumbo em solos tratados com fertilizantes e corretivos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, n. 1, p. 17-21, jan./mar. 1997.

BERGMANN, W. *Nutritional disorders of plants: developments, visual and analytical diagnosis*. New York: Gustav Fischer Verlag Jena, 1992. 741 p.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E. J. (Org.). *A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p. 197-260.

BOWEN, J. E. Adsorption of cooper, zinc and manganese by sugarcane leaf tissue. *Plant Physiology*, Rockville, v. 44, n. 2, p. 255-261, Feb. 1969.

CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Mechanism of phosphorus- induced zinc deficiency in cotton. III. Changes in physiological availability of zinc in plants. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 70, n. 1, p. 13-20, May 1987.

CHAHAL, R. S.; SUKH PAL SINGH; SHUKLA, U. C. Uptake and translocation of zinc absorbed through roots and fruiting organs in peanuts. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 51, n. 1, p. 109-115, 1979.

CHAUDHRY, F. M.; LONERAGAN, J. F. Zinc adsorption by wheat seedlings: II Inhibition by hydrogen ions and by micronutrients cations. *Soil Science Society of American Processing*, Madison, v. 36, n. 2, p. 327-331, Mar/Apr. 1972.

CORDEIRO, Z. J. M. Mal-do-panamá ou murcha do fusarium da bananeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, I., 1984, Jaboticabal, SP. *Anais....* Jaboticabal, SP: UNESP/FUNEP, 1984. p. 307-321.

COUTO, C.; NOVAIS, R. F.; TEIXEIRA, J. L.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Níveis críticos de zinco no solo e na planta para o crescimento de milho em amostras de solo com diferentes valores do fator capacidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 79-87, jan./abr. 1992.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. de C. Diagnose visual. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/ CNPq, 1991. p. 273-308.

FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 88-92, jan./abr. 1979.

GALRÃO, E. Z. Efeito de micronutrientes e do Cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 111-116, jan./abr. 1984.

GALRAO, E. Z. Níveis críticos para o milho cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 255-260, maio/ago. 1995.

GAUCH, H. G. **Inorganic plant nutrition**. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross, 1973. 488 p.

GIORDANO, P. M.; MORTVEDT, J. J. Responses to cotton to Zn in orth- and pyrophosphate fertilizer, as affected by soil temperatures and moisture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n. 4, p. 531-534, July/Aug. 1978.

HOCKING, P. J.; PATE, J. S. Mobilization of minerals to developing seeds of legumes. **Annals of Botany**, London, v. 41, n. 176, p. 1259-1278, 1977.

HU, H.; SPARKS, D. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas exchange in 'Stuart' pecan. **HortScience**, Madison, v. 26, n. 3, p. 267-268, Mar. 1991.

JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation analysis and interpretation guide**. Athens: Micro-macro, 1991. 213 p.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements on soil and plants. Boca Raton: CRC Press, 1984. 351 p.

KALBASI, M.; RACZ, G. J.; LOEWEN-RUDGERS, L. A. Mechanism of zinc adsorption by iron and aluminum oxides. *Soil Science*, Baltimore, v. 125, n. 3, p. 146-150, Mar. 1978.

KUO, S.; BAKER, A. S. Sorption of copper, zinc, and cadmium by some acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 44, n. 5, p. 969-974, Sept./Oct. 1980.

LINDSAY, W. L. inorganic equilibria affecting micronutrients in soils. In: **MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). Micronutrients in agriculture.** 2. ed. Wisconsin: Soil Science Society of America, 1991. p. 94-112.

LONERAGAN, J. F.; WEBB, M. J. Interactions between zinc and others nutrients affecting the growth of plants. In: **ROBSON, A. D. (Ed.). Zinc and soil and plants.** Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. p. 119-134.

LOPEZ, M. A.; ESPINOSA, M. J. Manual de nutrition y fertilización del banano. Quito: Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1995. 82 p.

MACHADO, P. L. O.; PAVAN, M. A. Adsorção de zinco por alguns solos do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 11, n. 3, p. 253-256, set./dez. 1987.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London: Academic Press, 1997. 889 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 2ª Ed. Switzerland: International Potash Institute, 1982. 593 p.

MOREIRA, A. M.; FONTES, P. C. R.; CAMARGOS, M. I. Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade da alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 6, p. 903-909, jun. 2001.

MOREIRA, R. S. *Banana: teoria e prática de cultivo*. Campinas: Fundação Cargill, 1999. CD-ROM.

OLIVEIRA, A. M. G.; SILVA JÚNIOR, J. F. S. Zinco: Sintomas de deficiência e adubação em bananeira. *Banana em foco*, n. 9, Out. 1994.

PREZOTTI, C. *Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo*. 3. aproximação. Vitória: EMCAPAR, 1992. 73 p. (EMCAPAR. Circular Técnica, 12).

RAIJ, B. Van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991a. 343 p.

RAIJ, B. Van. Geoquímica dos micronutrientes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991b. p. 99-111.

RITCHEY, K. D.; COX, F. R.; GALRÃO, E. Z.; YOST, R. S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em latossolo vermelho-escuro, argiloso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 3, p. 215-225, mar. 1986.

SAJWAN, K. S.; LINDSAY, W. L. Effects of redox on zinc deficiency in pody rice. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 50, n. 5, p. 1264-1269, Sept./Oct. 1986.

SHUKLA, U. C.; MITTAL, S. B. Characterization of zinc adsorption in some soils of India. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 43, n. 5, p. 905-908, Sept./Oct. 1979.

SHUMAM, L. M. Zinc adsorption isotherms for soil clays with and without iron oxides removed. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 40, n. 3, p. 349-352, May/June 1976.

SHUMAM, L. M. The effect of soil properties on zinc adsorption by soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 39, n. 3, p. 454-458, May/June 1975.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; DIAS, M. S. C.; COSTA, E. L.; PRUDÊNCIO, J. M. **Diagnóstico nutricional da bananeira “Prata anã” para o norte de Minas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 16 p. (EPAMIG – Boletim técnico, 70).

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 21-36, jan./fev. 1999.

SILVEIRA, R. I.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; MELLO, F. A. F.; ARZOLLA, S.; SARRUGE, J. R. Influência das frações granulométricas sob a fixação de zinco pelo solo. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 32, n. 2, p. 277-284, 1971.

SIMS, J. T. Soil pH effects on the distributions and plant availability of manganese and plant availability of manganese, copper and zinc. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 50, n. 2, p. 367-373, Mar./Apr. 1986.

SIQUEIRA, M. O. **Adsorção de zinco por solos com remoção da matéria orgânica e de óxidos de ferro e de alumínio**. 1998. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SUDIA, T. W.; GREEN, D. G. The translocation of Zn^{65} and Cs^{134} between seed generations in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 37, p. 695:697, 1972.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. B. **Soil fertility and fertilizers**. 5ª Ed. New York: MacMillan, 1993. 754 p.

TRIERWEILER, J. F.; LINDSAY, W. L. EDTA- Ammonium carbonate soil test for zinc. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 3, n. 1, p. 49-53, Jan./Feb. 1969.



WELCH, R. M.; NORVELL, W. A. Growth and nutrient uptake by barley (*Hordeum vulgare* L. cv Herta): Studies using an N-(2-Hydroxyethyl) ethylenedinitrotriactic acid-buffered nutrient solution technique: II Role of zinc in the uptake and root leakage of mineral nutrients. **Plant physiology**, Rockville, v. 101, n. 2. p. 627-631, Feb. 1993.

ZHANG, M.; ALVA, A. K.; LI, Y. C.; CALVERT, D. V. Chemical association of Cu, Zn, Mn and Pb in selected sand citrus soil. **Soil Science**, Madison, v. 162, p. 181-188, 1997.

ZHU, B.; ALVA, A. K.; Distribution of trace metals in some sandy soils under citrus production. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, n. 3, p. 305-355, May/June 1993.

CAPÍTULO II

RESPOSTAS DA BANANEIRA 'PRATA ANÃ' (AAB) IRRIGADA A DOSES DE ZINCO, VIA SOLO

RESUMO

Pinho, Paulo Jorge de. Respostas da bananeira 'Prata Anã' (AAB) irrigada a doses de zinco, via solo. In: ____ **Nutrição mineral, produtividade e classificação dos frutos de bananeira 'Prata Anã' (AAB) irrigada do Norte de Minas Gerais sob aplicação de zinco no solo.** 2004. p. 23-43. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.¹

O objetivo deste trabalho foi de avaliar as respostas da bananeira 'Prata Anã' (AAB) irrigada a doses de zinco (Zn), via solo, no semi-árido do Norte de Minas Gerais. O experimento foi conduzido na área pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Centro Tecnológico Norte de Minas (CTNM), localizada no Perímetro Irrigado do Gortuba, Nova Porteirinha, MG. O experimento foi iniciado em outubro de 2001, por um período de dois anos com 3 ciclos da cultura. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 3 repetições e 4 tratamentos (0, 10, 20 e 40 kg de zinco ha⁻¹ ano⁻¹), aplicados na forma de sulfato de zinco, em uma área de 5.248,8 m². Os efeitos dos tratamentos foram avaliados através das medidas na época do florescimento e na época de colheita. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados através das medidas na época do florescimento (diâmetro do pseudocaule a 30 cm do solo e altura das plantas) e na época de colheita (peso do cacho, número de pencas por cacho, comprimento e diâmetro do fruto central da segunda penca e classificação dos frutos). Foram realizadas análises dos teores foliares da terceira folha, coletadas no momento do florescimento durante o período experimental. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ajustes de regressões. A partir das equações obtidas, estimaram-se as doses correspondentes para a máxima eficiência física (MEF). A análise de variância mostrou que houve resposta significativa à aplicação de Zn, apenas para o peso do cacho e o comprimento do fruto. Foram encontrados a maior produtividade e comprimento do fruto com as doses de 12 e 16 kg de Zn ha⁻¹ ano⁻¹, para o primeiro e segundo ano de cultivo respectivamente. Foi verificado pela análise de variância, que houve efeito significativo das doses de Zn aplicadas sobre os teores de Ca, Fe, Mn e Zn. As doses de Zn correlacionaram-se positivamente com os teores foliares de Zn e negativamente com os de Ca, Fe e Mn.

¹ Comitê Orientador: Prof. Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Orientadora); Prof. Enilson de Barros Silva - FAFEID (Co-orientador).

ABSTRACT

Pinho, Paulo Jorge de. Response of the irrigated 'Prata Anã' (AAB) banana to doses of zinc applied in the soil. In: ____ **Mineral nutrition, yield, and fruit classification of irrigated 'Prata Anã' (AAB) banana in Northern Minas Gerais as affected by zinc application in the soil.** 2004. p. 23-43. Dissertation (Master in Soil Science and Plant Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras – MG.¹

This work evaluated the effect of soil zinc application upon the mineral nutrition and the nutritional status as well as plant yield, and fruit classification of the 'Prata Anã' banana cultivated under irrigation in Northern Minas Gerais State. The experiment was carried on in an area belonging to the Agricultural Research Institute of Minas Gerais State (EPAMIG), Northern Minas Technological Center (CTNM), located in the Irrigated Perimeter of Gorutuba, Nova Porteirinha, MG, Brazil. The experiment started in October, 2001 and last for 2 years with 3 cropping cycles, following a randomized blocks design, with 4 treatments (0, 10, 20, and 40 kg of zinc ha⁻¹ year⁻¹) and 3 replicates. Zinc was applied as zinc sulphate in an area of 5,248.8 m². The effects of the treatments in the plant were evaluated at flowering (pseudostem diameter at a 30-cm height and plant height) and at harvesting (bunch weight, number of clusters per bunch, length and diameter of the central fruit located in the second cluster and fruit classification). The third leaf was collected at flowering for analyses of mineral contents. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) as well as regression analysis. Regression equations were used for assessing the maximum physical efficiency (MEF). The application of 12 kg of Zn ha⁻¹ year⁻¹ resulted in the highest yield and fruit length in the first year of cultivation, whereas the same effect was observed for 16 kg of Zn ha⁻¹ year⁻¹ in the second year. The ANOVA showed a significant effect of Zn doses upon leaf contents of Ca, Fe, Mn, and Zn. Increasing Zn doses in the soil caused Zn leaf contents to increase and Ca, Fe, and Mn leaf contents to decrease.

¹ Guidance Committee: Prof^a. Janice G. de Carvalho - UFLA (Major Professor); Prof. Enilson de Barros Silva – FAFEID.

1 INTRODUÇÃO

A região Norte de Minas Gerais vem despontando como um grande pólo frutícola do Brasil, sendo a cultura da banana a principal atividade agrícola. De acordo com dados oficiais, estima-se que a área total ocupada pela cultura da banana está em torno de dez mil hectares e cerca de 90% dessa área, é cultivada com a 'Prata Anã'. Nesta região, a bananeira encontra condições edafoclimáticas favoráveis para obter elevada produtividade e frutos de boa qualidade.

São observados problemas relacionados ao elevado pH dos solos da citada região, o mesmo deve-se à origem calcária desses solos e, ainda, da aplicação de água subterrânea. Estes fatores implicam em elevados valores de pH, que são responsáveis pelo aumento da adsorção do zinco pelos solos.

A irrigação é imprescindível para a produção de banana na região, sendo que 44% das lavouras são irrigadas com águas subterrâneas (CODEVASF, 1999), onde é alta a concentração de bicarbonatos, que elevam o pH do solo proporcionando complicações no estado nutricional dos bananais (Silva et al., 2001).

A aplicação de Zn, via foliar, é mais eficiente para a maioria das culturas, no entanto, algumas características das plantas de bananeira dificultam essa prática, como a altura e cerosidade das folhas.

Para a bananeira, a aplicação de Zn é feita via solo, entretanto, devido à adsorção aos colóides do solo ou à complexação com a matéria orgânica, a absorção desse nutriente pelas raízes é baixa.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da bananeira, em produtividade e classificação de frutos, à aplicação de doses de zinco, via solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Centro Tecnológico Norte de Minas (CTNM), localizado na Colonização II do Perímetro Irrigado do Gortuba, Nova Porteirinha, MG, ao Norte do estado de Minas Gerais, com altitude de 520 m, longitude Leste, entre 43° 20' e 44° 06', Latitude Sul, entre 14° 33' a 15° 28'. Segundo a classificação de Köppen, o tipo de clima predominante desta área é Aw, caracterizado pela existência de uma estação seca bem acentuada durante o inverno.

O solo da área experimental foi classificado originalmente, como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 1999), de textura média. Os resultados da análise química, realizada de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1997), encontram-se na Tabela 2.1.

O plantio das mudas foi realizado em outubro de 2001, sendo que estas completaram três ciclos de cultivo (dois anos de produção). A cultivar plantada foi 'Prata Anã' (AAB), obtida por cultura de tecidos, no espaçamento 3,0 x 2,7m (1.235 plantas ha⁻¹).

A calagem da área não foi necessária, pois, saturação por bases estava acima da recomendada para bananeira (Alvarez V. & Ribeiro, 1999) que é de 70% (Tabela 2.1). A adubação fosfatada de plantio foi de 120 g de P₂O₅ por cova na forma de superfosfato simples e a cada ano de produção, na forma de MAP (Fosfato monoamônio). A adubação potássica, após o pegamento da mudas foi realizada com aplicação de 741 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio parcelado em 12 aplicações. A adubação nitrogenada foi de 326 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, na forma de uréia, parcelado em 12 aplicações. A adubação com boro (B) foi feita com aplicação de 2,7 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de

bórax, sendo esta quantidade parcelada ao longo do ano com 4 aplicações. A adubação com magnésio foi feita com aplicação de 22 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de sulfato de magnésio, sendo esta quantidade parcelada ao longo do ano com 4 aplicações.

TABELA 2.1. Análise química e física dos materiais de solo antes do plantio nas profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm.

Características	Profundidade (cm)	
	0 a 20	20 a 40
pH (água)	6,9	6,9
P (mg dm ⁻³)	17	3
K (mg dm ⁻³)	250	210
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,0	3,5
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,1	0,9
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,1
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	6,8	5,0
CTC a pH 7 (cmol _c dm ⁻³)	8,1	6,1
V (%)	84	80
B (mg dm ⁻³)	0,7	0,4
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	0,3
Fe (mg dm ⁻³)	25	20
Mn (mg dm ⁻³)	84	40
Zn (mg dm ⁻³) – M-1	8,0	4,0
Zn (mg dm ⁻³) – DTPA	2,7	1,4
M.O. (g kg ⁻¹)	24	10
Areia (g kg ⁻¹)	530	490
Silte (g kg ⁻¹)	270	270
Argila (g kg ⁻¹)	200	240

pH_{água} – Relação solo-água 1:2,5; P, K, Cu, Fe, Mn e Zn – Extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al – Extrator KCl 1 mol L⁻¹; B – água quente, MO – Teor de matéria orgânica determinado pelo método da oxidação do carbono por dicromato de potássio em meio ácido multiplicado por 1,724, V – Saturação por bases e análise textural pelo método da pipeta.

O preparo do solo, plantio, tratos culturais e o controle de pragas e doenças seguiram as recomendações de Souto et al. (1997). A irrigação, com frequência diária, foi feita por microaspersão, aplicando-se uma lâmina equivalente a 80% da evaporação do tanque classe A, de acordo Costa et al. (1999).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições e quatro tratamentos (0, 10, 20 e 40 kg ha⁻¹ ano⁻¹). O micronutriente foi aplicado na forma de sulfato de zinco. A parcela útil constou de quatro plantas centrais em 32,4 m², enquanto a parcela total de 18 plantas em 145,8 m². A área total do experimento foi de 5.248,8 m².

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados através das medidas na época do florescimento e na época da colheita, em dois anos de cultivo (2001 a 2003).

Na época do florescimento foram avaliados o diâmetro do pseudocaula a 30 cm do solo e altura de plantas. Na época da colheita foi avaliado o peso do cacho, número de pencas por cacho, o comprimento e o diâmetro do fruto central da segunda penca e a classificação dos frutos de Primeira e de Segunda de acordo com EMBRAPA (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ajustes de regressões, cujas equações foram ajustadas às variáveis dependentes, em função das doses de Zn aplicadas. Os critérios para escolha dos modelos de regressão foram aqueles que apresentaram maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de regressão até 5% de probabilidade, pelo teste de t e significado biológico do modelo.

A partir das equações obtidas, estimaram-se as doses correspondentes, para máxima eficiência física (MEF), máxima produção, que foi obtida igualando-se a primeira derivada da equação, correspondente à produção, ao valor zero.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento vegetativo, produção e classificação dos frutos.

A análise de variância mostrou que houve resposta significativa à aplicação de Zn, via solo, apenas para peso de cacho (PC) e comprimento do fruto (CF) (Tabela 2.2), não sendo observado efeito significativo dos tratamentos nas variáveis: altura do pseudocaule (AP), diâmetro do pseudocaule (DP), número de pencas (NP), fruta de primeira (FP), fruta de segunda (FS), diâmetro do fruto central da segunda penca (DC) e comprimento do fruto central da segunda penca (CF).

TABELA 2.2. Resumo da análise de variância para altura do pseudocaule (AP), diâmetro do pseudocaule (DP), produtividade (PR), número de pencas (NP), o comprimento (CF) e o diâmetro (DF) do fruto central da segunda penca e classificação dos frutos de primeira (FP) e de segunda (FS), em função de doses de Zn de dois anos de produção.

Primeiro ano de cultivo									
FV	GL	AP	DP	PR	NP	CF	DF	FP	FS
Bloco	2	0,016	0,08	8,78	0,08	4,95	0,104	3,97	2,00
Doses Zn	3	0,046	1,67	19,78*	0,06	6,23*	0,053	3,31	1,43
Resíduo	30	0,026	0,86	6,46	0,23	1,67	0,068	3,32	1,72
Média geral		2,18	19,50	13,69	8,00	15,90	3,11	5,00	95,00
CV (%)		7,32	4,76	18,55	5,77	8,12	8,36	119,69	13,46
Segundo ano de cultivo									
Bloco	2	0,032	5,146	5,72	0,049	2,825	0,019	2,219	4,880
Doses Zn	3	0,006	2,019	127,06**	0,991	2,932*	0,031	5,032	7,077
Resíduo	30	0,022	2,988	9,61	0,463	0,691	0,025	2,115	3,854
Média geral		3,63	30,67	28,42	11,00	19,77	3,45	72,00	28,00
CV (%)		4,08	5,63	10,90	6,50	4,19	4,58	17,02	48,42

** e * Significativo a 1 e 5% pelo teste de F, respectivamente.

Verificaram-se que as maiores PR e CF foram encontrados com a dose de 10 kg de Zn ha⁻¹ ano⁻¹ (Figuras 2.1 e 2.2), a qual está próxima daquela recomendada por Silva et al. (1999).

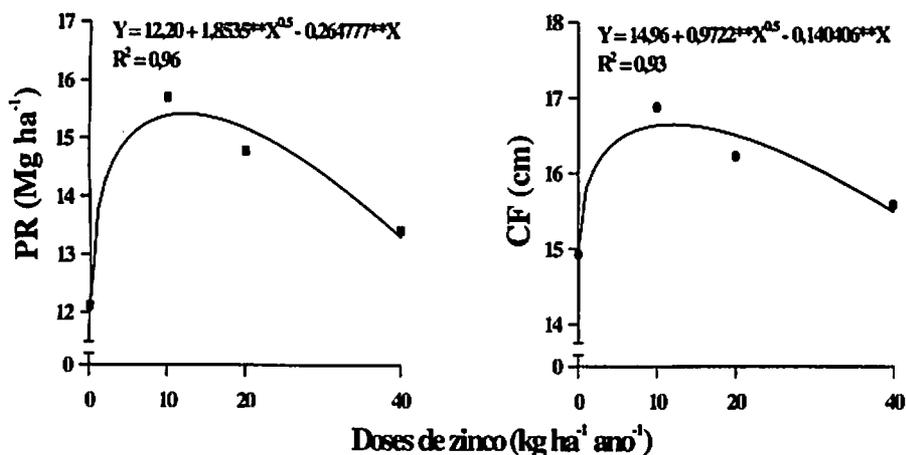


FIGURA 2.1. Produtividade (PR) da bananeira 'Prata Anã' (AAB) e comprimento do fruto central da segunda penca (CF), em função da dose de zinco no primeiro ano de cultivo. (**significativo a 1% pelo teste de t)

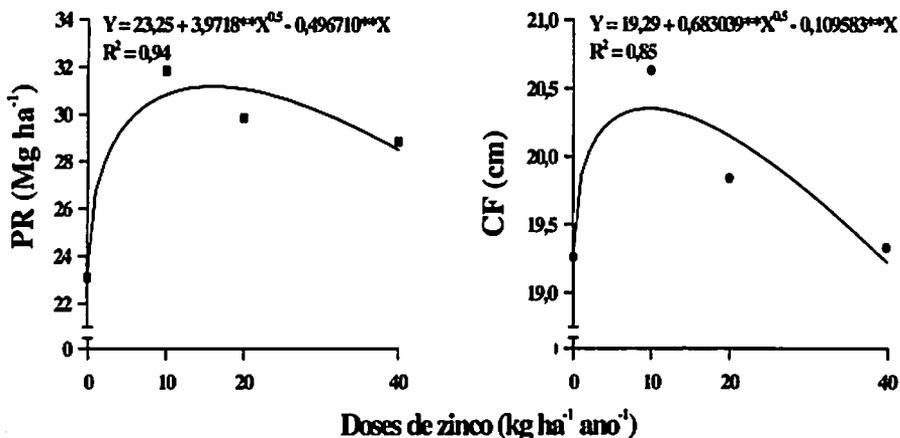


FIGURA 2.2. Produtividade (PR) da bananeira 'Prata Anã' (AAB) e comprimento do fruto central da segunda penca (CF), em função da dose de zinco no segundo ano de cultivo. (**significativo a 1% pelo teste de t).

3.2 Teores de macronutrientes nas folhas

Observando a análise de variância apresentada na Tabela 2.3, verifica-se que para os teores foliares dos macronutrientes, apenas os de Ca foram significativos.

O teor médio foliar de N, na dose de Zn que proporcionou maior produtividade da bananeira, foi de 27,7 g kg⁻¹ e 22,2 g kg⁻¹ para o primeiro e segundo ano de produção respectivamente.

TABELA 2.3. Resumo da análise de variância dos teores foliares de macronutrientes na bananeira 'Prata Anã' em função das doses de Zn.

Primeiro ano de produção							
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	2	5,92	0,01	1,42	0,04	0,01	0,08
Doses Zn	3	5,31	0,02	6,71	4,82**	0,04	0,09
Resíduo	30	3,06	0,01	2,54	0,69	0,04	0,06
Média geral		27,61	1,58	31,68	6,27	2,64	1,76
CV (%)		6,33	5,15	5,02	13,25	7,75	13,41
Segundo ano de produção							
Bloco	2	4,20	0,01	7,93	6,19	0,22	0,01
Doses Zn	3	4,67	0,05	4,24	16,83**	0,20	0,02
Resíduo	30	2,54	0,02	7,91	1,73	0,38	0,02
Média geral		22,51	1,86	34,01	6,20	2,83	1,77
CV (%)		7,07	7,89	8,26	21,20	21,83	7,59

** Significativo a 1 pelo teste F.

Paiva (2000), trabalhando em solução nutritiva, observou efeito significativo nos teores foliares de P com a aplicação de Zn em ipê-roxo e cedro, ao contrário do que ocorreu com as plantas de bananeira 'Prata Anã'. Isto pode ser explicado pelo fato de que o autor utilizou doses elevadas de Zn, testando sua toxidez às plantas. Os teores foliares médios, para a dose de maior produção, dos dois anos de cultivo foram de 1,6 e 1,9 g kg⁻¹ de P respectivamente, estando de acordo com os valores descritos por Silva et al. (2002) como os ideais para o Norte de Minas Gerais, que são de 1,5 a 1,9 g kg⁻¹, assim como para a faixa (1,8 a 2,7 g kg⁻¹ de P) preconizada por Malavolta et al. (1997) e Prezotti (1992).

Quanto ao K, assim como descrito em Paiva (2000), nenhum efeito significativo foi observado. A ausência do efeito significativo do Zn sobre o teor de K nas folhas está de acordo com os resultados obtidos por Soares (1999), onde a concentração de K na parte aérea de eucalipto não foi afetada pelo aumento da dose de Zn. Quanto aos teores foliares médios, para a dose de maior produção foram de 31,7 e 33,4 g kg⁻¹ de K, estando dentro da faixa descrita por Silva et al. (2002) como a ideal para o Norte de Minas Gerais, que é de 27 a 35 g kg⁻¹, assim como para a faixa (30 a 54 g kg⁻¹ de K) preconizada por Malavolta et al. (1997) e Prezotti (1992).

Em relação aos teores foliares de Ca, quando correlacionados às doses de Zn aplicadas ao solo, percebe-se que houve uma diminuição dos teores desse macronutriente com o aumento das doses de Zn, denotando uma correlação inversa tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo (Figura 2.3).

Estes resultados concordam com o observado por Paiva (2000), onde o Zn afetou o teor foliar de Ca, induzindo uma redução linear. Comportamento semelhante foi observado por Marques (1996). De acordo com Marschner (1997), cátions divalentes como o Zn²⁺, competem com outros cátions divalentes, como o Ca²⁺. Entretanto, seus teores foliares estiveram dentro da faixa de suficiência preconizada como ideal por Silva et al. (2002), para a banana 'Prata Anã' cultivadas no Norte de Minas, que é de 4,5 a 7,5 g kg⁻¹ e de acordo com Malavolta et al. (1997) e Prezotti (1992), que preconizam uma faixa de 2,5 a 12,0 g kg⁻¹. O teor foliar médio de Ca para o primeiro e segundo ano de produção, na dose de Zn, que proporcionou a maior produção, foi de 6,7 e 7,0 g kg⁻¹ respectivamente.

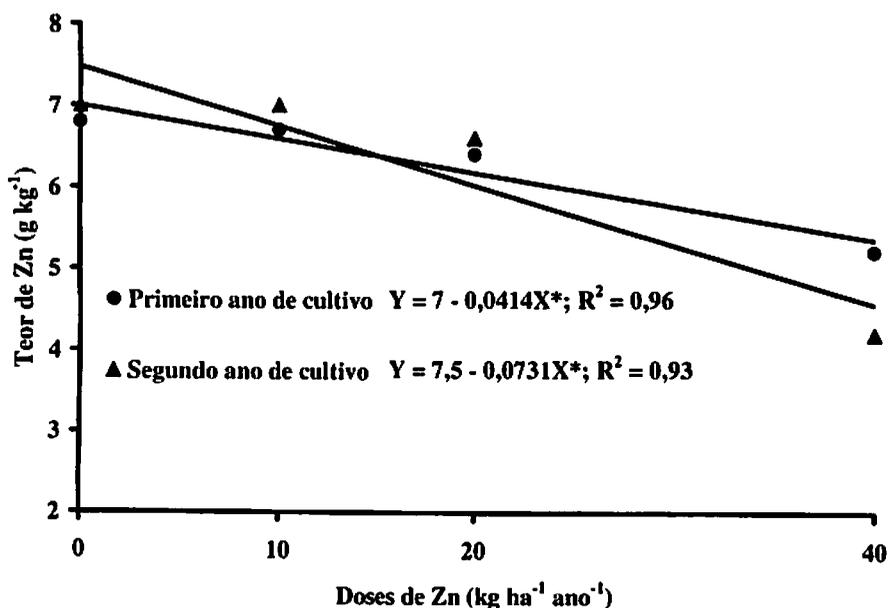


FIGURA 2.3. Teor foliar de Zn da bananeira 'Prata Anã' (AAB), em função das doses de Zn aplicadas em dois anos de cultivo. (*significativo a 5%, pelo teste de t).

O teor de Mg não foi afetado significativamente pelas doses de Zn, ao contrário do que foi relatado por Paiva (2000), que observou resposta tipo raiz-quadrática negativa. Os teores foliares de Mg observados neste trabalho, na dose de Zn, em que se verificou a maior produção da bananeira, foram de 2,6 e 2,9 g kg⁻¹ no primeiro e segundo ano de produção respectivamente. O Mg se apresentou dentro da faixa de suficiência apresentada por Silva et al. (2002) como a ideal (2,4 a 4 g kg⁻¹) para o Norte de Minas Gerais, porém, fora da faixa apresentada por Malavolta et al. (1997) e Prezzoti (1992), que varia de 3,0 a 6,0 g kg⁻¹.

O teor foliar de S não foi afetado pelas doses de Zn. Resultados semelhantes foram observados por Soares (1999), em *Eucalyptus urophylla* e *E.*

maculata e em milho por Yang et al. (1996). O teor foliar médio do tratamento que apresentou melhor produção foi de 1,7 e 1,8 g kg⁻¹, para o primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente, estando dentro da faixa apresentada por Silva et al. (2002), como a ideal para o Norte de Minas Gerais (1,7 a 2 g kg⁻¹), porém assim como para o Mg foi diferente daquelas citadas por Malavolta et al. (1997) e Prezzoti (1992), que é de 2 a 3 g kg⁻¹.

3.3 Teores de micronutrientes nas folhas

A análise de variância revelou que os teores foliares de Cu e B não foram afetados significativamente pelas doses de Zn (Tabela 2.4).

TABELA 2.4. Resumo da análise de variância dos teores foliares de microelementos da bananeira 'Prata Anã', em função das doses de Zn de dois anos de produção.

Primeiro ano de produção						
FV	GL	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	2	3,7	0,36	354	121	5
Doses Zn	3	47,6	0,79	2934*	9050*	382**
Resíduo	30	21,4	0,29	429	640	9
Média geral		35,21	8,39	69	139	18,39
CV (%)		13,12	6,42	30,18	18,19	16,41
Segundo ano de produção						
Bloco	2	24,2	14,2	48	435	7
Doses Zn	3	56,6	11,3	618*	3022*	327**
Resíduo	30	24,7	4,8	197	1011	3
Média geral		18,09	6,62	55	172	17,67
CV (%)		27,48	33,18	25,37	18,46	9,61

** e * Significativo a 1 e 5% pelo teste F, respectivamente.

Os teores foliares médios de Cu, para a dose de Zn, na qual se verificou a maior produção foram de 8,3 e 6,7 mg kg⁻¹ de Cu, para o primeiro e segundo ano de produção respectivamente. Estes teores se apresentaram dentro da faixa de suficiência preconizada por Silva et al. (2002), como a ideal para o Norte de Minas Gerais, que é de 2,6 a 8,8 mg kg⁻¹.

Para o B não foram observadas diferenças significativas nos seus teores foliares, independentemente da dose de Zn aplicada ao solo. Malavolta (1980) relata que na faixa de pH 4,0 a 8,0 o B é absorvido na forma de H₃BO₃ e H₂BO₃⁻, não disputando por sítios de absorção com elementos catiônicos como o Zn. Os teores foliares médios para o primeiro ano de produção, para a dose de Zn que proporcionou a maior produção, foram de 35,0 e 21,1 mg kg⁻¹ respectivamente. O teor foliar médio do primeiro ano de produção se apresentou maior que o preconizado por Silva et al. (2002), que é de 25 a 32 mg kg⁻¹, assim como para Malavolta et al. (1997) e Prezotti (1992), que é de 10 a 25 mg kg⁻¹. Entretanto, para o segundo ano de produção os teores foliares de B se apresentaram dentro dessas faixas.

Efeitos significativos foram observados nos teores foliares de Zn, Fe e Mn. Os teores de Fe e Mn, sobre maior competição catiônica, estão abaixo da faixa adequada proposta por Malavolta et al. (1997) e Prezotti (1992) para bananeira 'Prata Anã' que é de 80 a 360 e 200 a 2000 mg. kg⁻¹ respectivamente.

Para o Fe houve uma correlação inversa dos seus teores foliares com a dose de Zn aplicada ao solo nos dois anos de cultivo, sendo esta diminuição mais acentuada no primeiro ano de produção (Figura 2.4). Os seus teores foliares médios, no primeiro e segundo ano de produção foram 72,0 e 57,9 mg kg⁻¹ respectivamente, para a dose de Zn de maior produção. Para o primeiro ano este teor é igual ao limite inferior da faixa de suficiência preconizada por Silva et al. (2002). No segundo ano de produção seus teores apresentaram valores ainda

menores. Contudo, apesar de estar abaixo da faixa de suficiência as plantas apresentaram boa produção.

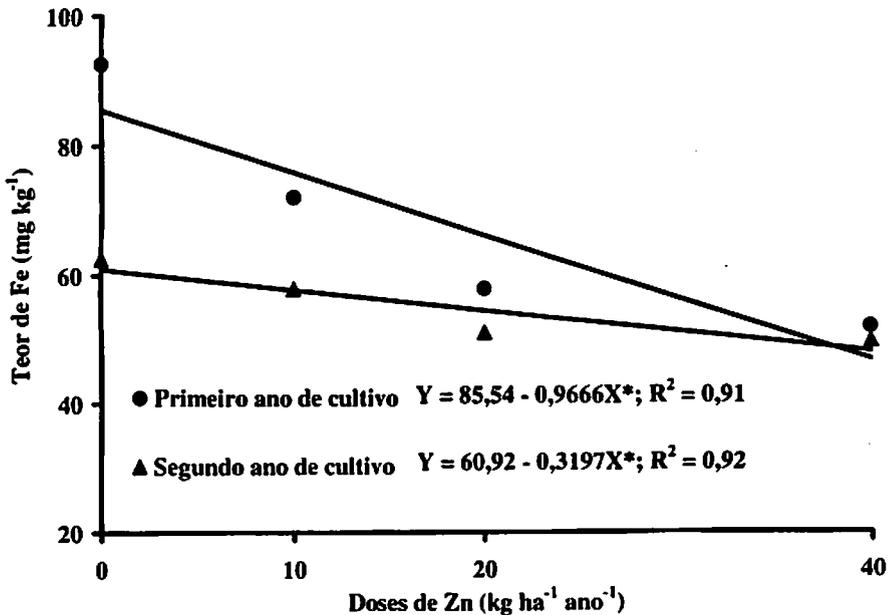


FIGURA 2.4. Teor foliar de Fe da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em função das doses de Zn aplicadas em dois anos de cultivo. (significativo a 5%, pelo teste de t).

Os teores foliares de Mn sofreram redução com o aumento das doses de Zn, denotando uma correlação inversa. Entretanto, esta correlação não foi significativa para o primeiro ano de cultivo (Figura 2.5). Também, Paiva (2000) observou uma diminuição de forma linear no teor de Mn como o aumento das doses de Zn.

Apenas para a testemunha, para o primeiro ano de cultivo, as plantas apresentaram teores foliares de Mn dentro da faixa estabelecida por Silva et al.

(2002), como ideais para a bananeira 'Prata Anã' cultivada no Norte de Minas, que é de 173,0 a 630,0 mg kg⁻¹. Em relação ao ano seguinte, as plantas do tratamento testemunha e as plantas que receberam a dose de 10 kg ha⁻¹, de maior produção, apresentaram teores dentro da faixa mencionada anteriormente. Seus teores foliares médios para o primeiro e segundo ano de produção, para a maior produção, foram de 137,4 e 178,1 mg kg⁻¹, respectivamente. Assim, no segundo ano de produção os teores foliares de Mn se apresentaram dentro da faixa de suficiência ideal para o Norte de Minas.

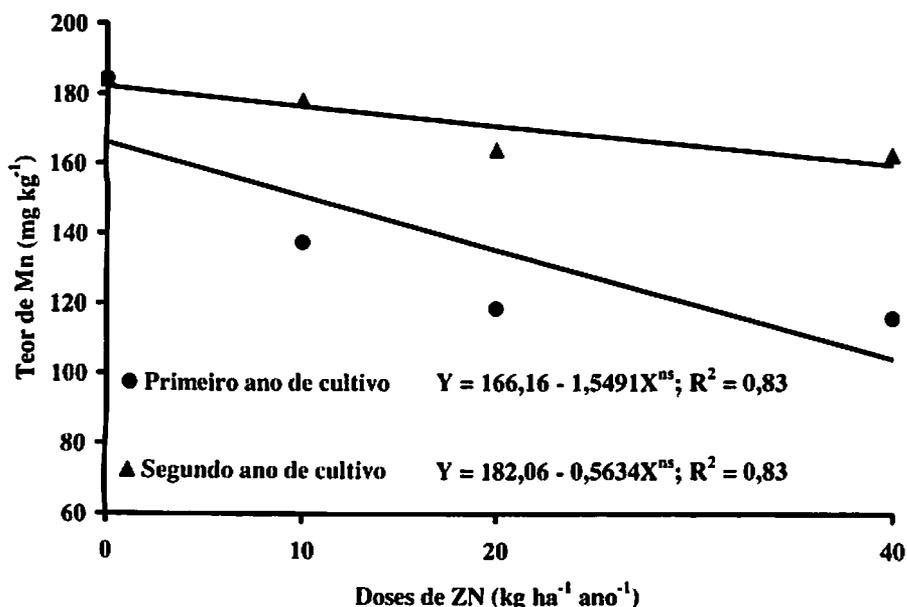


FIGURA 2.5. Teor foliar de Mn da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em função das doses de Zn aplicadas em dois anos de cultivo. (*significativo a 5% e ^{ns} não significativo, pelo teste de t).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes, 5ª aproximação.** Viçosa, 1999. p.43-60.
- CODEVASF. **Cadastro Frutícola 1999 do Vale do São Francisco.** Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999. CD-ROM.
- COSTA, E. L.; MAENO, P.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Irrigação da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 67-72, jan./fev. 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Produção de Informação, 1999. 412 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: SNLCS, 1997. 212 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARQUES, T. C. L. L. S. M. **Crescimento e absorção mineral de mudas de espécies arbóreas em material de solo contaminado com metais pesados.** 1996. 116 p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. London: Academic Press, 1997. 889 p.

PAIVA, H. N. **Toxidez de Cd, Ni, Pb e Zn em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e Ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standll.)**. 2000. 283 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PREZOTTI, C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 3. aproximação. Vitória: EMCAPAR, 1992. 73 p. (EMCAPAR. Circular Técnica, 12).

SILVA, E. B.; RODRIGUES, M. G. V.; SANTOS, J. O. Estado nutricional de um bananal irrigado com água subterrânea. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova porteirinha. **Anais...** Nova Porteirinha: EPAMIG, 2001. p. 263-266.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; DIAS, M. S. C.; COSTA, E. L.; PRUDÊNCIO, J. M. **Diagnóstico nutricional da bananeira “Prata anã” para o norte de Minas**. Belo Horizonte, Mg. EPAMIG, 2002. 16 p. (EPAMIG. Boletim técnico, 70).

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p21-36, jan./fev. 1999.

SOARES, C. R. F. S. **Toxidez de zinco, cobre, cádmio e chumbo para o eucalipto em solução nutritiva**. 1999. 132 p. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOUTO, R. F.; RODRIGUES, M. G. V.; ALVARENGA, C. D.; SILVA, J. T. A. da; MAENO, P.; GONZAGA, V. **Sistema de produção para a cultura da banana prata anã no Norte de Minas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1977. 32 p. (EPAMIG. Boletim técnico, 48).

YANG, X.; BALIGAR, V. C.; FOSTER, J. C.; MARTENS, D. C. Plant tolerance to nickel toxicity: II. Nickel effects on influx and transport of mineral nutrients in four plant species. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 19, n. 2, p. 265-279, Feb. 1996.

CAPÍTULO III

USO DO DRIS NA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA BANANEIRA 'PRATA ANÃ' (AAB) EM RESPOSTA A APLICAÇÃO DE ZINCO VIA SOLO.

RESUMO

Pinho, Paulo Jorge de. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da bananeira 'Prata Anã' (AAB) em resposta a aplicação de zinco via solo. In: ____ **Nutrição mineral, produtividade e classificação dos frutos de bananeira 'Prata Anã' (AAB) irrigada do Norte de Minas Gerais sob aplicação de zinco no solo.** 2004. p. 44-64. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.¹

O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) é uma metodologia de interpretação de resultados de análise foliar. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional da bananeira 'Prata Anã' (AAB) através de normas DRIS em resposta à aplicação de zinco via solo. Um experimento foi conduzido na área pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada no Perímetro Irrigado do Gortuba, Nova Porteirinha, MG. O experimento foi conduzido por um período de dois anos com 3 ciclos da cultura. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 3 repetições e 4 tratamentos (0, 10, 20 e 40 kg de zinco ha⁻¹ ano⁻¹), aplicados na forma de sulfato de zinco, em uma área de 5.248,8 m². Foram avaliados a produtividade de frutos de bananeira, teores foliares de macro e micronutrientes e os teores de Zn extraídos pelo Mehlich 1 e DTPA a pH 7,3. Para calcular os índices DRIS dos dados médios dos dois anos de cultivo da bananeira 'Prata Anã' utilizaram-se as normas de referência obtidas para região Norte de Minas Gerais. Análise de regressão foi usada para ajustar um modelo que relacionasse índices DRIS de Zn com as doses de Zn aplicada via solo, teor de Zn nas folhas e no solo extraído pelo Mehlich 1 e DTPA a pH 7,3 como variável dependente e, por fim, produtividade de frutos de banana com doses de Zn aplicada. Pelo DRIS, o diagnóstico do estado nutricional da bananeira 'Prata Anã' irrigada foi consistente em avaliar a resposta à aplicação de Zn no solo. A produtividade de frutos de banana 'Prata Anã' de 22,7 Mg ha⁻¹ atingiu o melhor equilíbrio nutricional com a aplicação da dose de 7,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Zn via solo. O teor ótimo de Zn no solo, associado ao melhor equilíbrio nutricional da bananeira 'Prata Anã' foi de 16,7 mg dm⁻³ (Mehlich-1) e 5,7 mg dm⁻³ (DTPA a pH 7,3) e para Zn foliar foi 14,4 mg kg⁻¹.

¹ Comitê Orientador: Prof. Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Orientadora); Prof. Enilson de Barros Silva - FAFEID (Co-orientador).

ABSTRACT

Pinho, Paulo Jorge de. Use of DRIS for evaluating the nutritional status of the 'Prata Anã' (AAB) banana in response to application of zinc in the soil. In: _____ **Mineral nutrition, yield, and fruit classification of irrigated 'Prata Anã' (AAB) banana in Northern Minas Gerais as affected by zinc application in the soil.** 2004. p. 44-64. Dissertation (Master in Soil Science and Plant Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras – MG.¹

The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) it is a methodology of interpretation of leaf analysis results. The objective of this work was to evaluate the nutritional status of the 'Prata Anã' (AAB) banana through DRIS norms in response to the application of zinc in the soil. The experiment was carried on in an area belonging to the Agricultural Research Institute of Minas Gerais State (EPAMIG), Northern Minas Technological Center (CTNM), located in the Irrigated Perimeter of Gorutuba, Nova Porteirinha, MG, Brazil. The experiment started in October, 2001 and last for 2 years with 3 cropping cycles, following a randomized blocks design, with 4 treatments (0, 10, 20, and 40 kg of zinc ha⁻¹ year⁻¹) and 3 replicates. Zinc was applied as zinc sulphate in an area of 5,248.8 m². There were appraised the fruit yields as well as leaf contents of macro and micronutrients and soil Zn contents extracted by Mehlich 1 and DTPA (pH 7.3) were all evaluated for correlation purposes. An average DRIS index was calculated for the two years of cultivation of the 'Prata Anã' banana based on reference norms obtained for Northern Minas Gerais. Regression analysis was used to adjust a model relating Zn DRIS indexes with doses of Zn applied to soil, as well as with Zn leaf contents and Mehlich 1- and DTPA-extractable Zn. Additional regression analysis were done also relating fruit yields with doses of Zn applied to soil. The DRIS showed that the diagnosis of the nutritional status of the 'Prata Anã' banana was reliable for evaluating the crop response to Zn application in the soil. The yield of 'Prata Anã' banana of 22.7 Mg ha⁻¹ reached the best nutritional balance with a soil application of 7.0 kg Zn ha⁻¹ year⁻¹. The optimal Zn content in the soil associated with the best nutritional balance of 'Prata Anã' banana was of 16.7 mg dm⁻³ for Mehlich 1 and 5.7 mg dm⁻³ for DTPA. As for the foliar content, the optimal Zn content in the leaf was 14.4 mg kg⁻¹.

¹ Guidance Committee: Prof. Janice G. de Carvalho - UFLA (Major Professor); Prof. Enilson de Barros Silva – FAFEID.

1 INTRODUÇÃO

O planejamento da adubação leva ao aumento de produtividade por meio de uma adequada correção de deficiências e desequilíbrios nutricionais e, assim, é possível obter-se um uso eficiente dos adubos, reduzir custos de produção da cultura e evitar contaminação do meio ambiente, principalmente nos casos onde a quantidade de fertilizantes utilizada é superior à necessária.

A análise foliar pode ser uma ferramenta útil para a correção das deficiências e desequilíbrios nutricionais das plantas (Baldock & Schulte, 1996), otimização da produção das culturas (Walworth et al., 1986) e recomendação eficiente dos adubos. Para que a diagnose foliar seja aplicada com sucesso, é necessário que se cumpram adequadamente três etapas. A primeira delas refere-se à normatização da amostragem, preparo das amostras e análise química do tecido. A segunda refere-se à obtenção de padrões de referência e a terceira refere-se à interpretação dos resultados analíticos (Martinez et al., 1999).

Dentro desta terceira etapa, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) é uma metodologia recentemente usada para interpretar a análise de tecidos vegetais. Esta metodologia tem recebido considerável atenção desde seu desenvolvimento por Beaufils (1973).

O sistema DRIS realiza comparações múltiplas entre níveis de vários nutrientes na planta e integra esta comparação em uma série de índices de nutrientes (Walworth et al., 1986), tratando-se de uma metodologia holística. A escala de índices DRIS que resulta desses cálculos é contínua e fácil de entender (Baldock & Schulte, 1996). Essa metodologia tem como objetivo determinar quando os teores de nutrientes da cultura são excessivos (índices positivos), adequados (índice zero) ou deficientes (índices negativos). O desenvolvimento do DRIS para uso em lavouras envolve a compilação de um banco de dados

(Payne et al., 1990), a partir do qual relações ótimas, média e coeficiente de variação para todas as combinações de nutrientes são determinadas (Snyder et al., 1989), que são chamadas de normas DRIS.

O sistema DRIS de interpretação de análise de tecidos vegetais oferece várias vantagens e desvantagens sobre o tradicional sistema de Nível Crítico, as quais já foram discutidas em detalhes por outros autores (Walworth & Sumner, 1987; Baldock & Schulte, 1996).

Vários autores têm afirmado que as normas DRIS desenvolvidas para uma espécie vegetal podem ser usadas independentemente do cultivar ou das condições locais (Sumner, 1979; Walworth & Sumner, 1987; Payne et al., 1990), mas outros constataram o fato de que normas DRIS desenvolvidas localmente são mais precisas do que aquelas desenvolvidas em uma grande área (Dara et al., 1992; Jones Jr., 1993). Isso demonstra que as normas do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação, determinadas a partir de um grupo finito de dados, devem ser testadas, para assegurar sua validade e precisão (Walworth & Sumner, 1987). As normas DRIS, para a bananeira 'Prata Anã', em sistema irrigado do Norte de Minas Gerais já foram realizadas por Silva (2004).

A relação entre teor de nutriente e índices DRIS pode ser outro critério para validar as normas DRIS. A relação entre produção e teor de nutriente é um fato. Se existe uma relação entre índices DRIS e teor de nutriente, existe uma relação entre índices DRIS e produção e, logo, índices DRIS podem ser usados para prever a produção das culturas.

O objetivo deste trabalho foi diagnosticar o estado nutricional da bananeira 'Prata Anã' (AAB), através de normas DRIS desenvolvidas por Silva (2004), em resposta à aplicação de zinco via solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Centro Tecnológico Norte de Minas (CTNM), localizado na Colonização II, do Perímetro Irrigado do Gortuba, Nova Porteirinha, MG, ao Norte do estado de Minas Gerais, com altitude de 520 m, longitude Leste entre 43° 20' e 44° 06', Latitude Sul entre 14° 33' a 15° 28'. Segundo a classificação de Köppen, o tipo de clima predominante desta área é Aw, caracterizado pela existência de uma estação seca bem acentuada durante o inverno.

O solo da área experimental foi classificado originalmente, como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 1999), de textura média. Os resultados da análise química e física, realizadas de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1997) encontram-se na Tabela 3.1.

O plantio das mudas foi realizado em outubro de 2001, sendo que estas completaram três ciclos de cultivo (dois anos de produção). A cultivar plantada foi 'Prata Anã', obtida por cultura de tecidos, no espaçamento 3,0 x 2,7m (1.235 plantas ha⁻¹).

A calagem da área não foi necessária pelo motivo da saturação por bases estar acima da recomendada para bananeira (Alvarez V. & Ribeiro, 1999) que é de 70% (Tabela 1). A adubação fosfatada de plantio foi de 120 g de P₂O₅ por cova na forma de superfosfato simples e a cada ano de produção na forma de MAP (Fosfato monoamônio). A adubação potássica após o pegamento da mudas foi realizada com aplicação de 741 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio em 12 aplicações. A adubação nitrogenada foi de 326 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, na forma de uréia, parcelado em 12 aplicações. A adubação com boro (B) foi feita com aplicação de 2,7 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de bórax, sendo esta

quantidade parcelada ao longo do ano com 4 aplicações. A adubação com magnésio foi feita com aplicação de 22 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de sulfato de magnésio, sendo esta quantidade parcelada ao longo do ano com 4 aplicações. O preparo do solo, plantio, tratos culturais e o controle de pragas e doenças seguiram as recomendações de Souto et al. (1997). A irrigação, com frequência diária foi feita por microaspersão, aplicando-se uma lâmina equivalente a 80% da evaporação do tanque classe A, de acordo Costa et al. (1999).

TABELA 3.1. Análise química e física dos materiais de solo antes do plantio nas profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm.

Características	Profundidade (cm)	
	0 a 20	20 a 40
pH (água)	6,9	6,9
P (mg dm ⁻³)	17	3
K (mg dm ⁻³)	250	210
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,0	3,5
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,1	0,9
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,1
V (%)	84	80
Zn (mg dm ⁻³) Mehlich-1	8,0	4,0
DTPA a 7,3	2,7	1,4
M.O. (g kg ⁻¹)	24	10
Areia (g kg ⁻¹)	530	490
Silte (g kg ⁻¹)	270	270
Argila (g kg ⁻¹)	200	240

pH_{água} – Relação solo-água 1:2,5; P, K, Cu, Fe e Mn – Extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al – Extrator KCl 1 mol L⁻¹; B – água quente, MO – Teor de matéria orgânica determinado pelo método da oxidação do carbono por dicromato de potássio, em meio ácido multiplicado por 1,724, V – Saturação por bases e análise textural pelo método da pipeta.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições e quatro tratamentos (0, 10, 20 e 40 kg ha⁻¹ ano⁻¹). O micronutriente foi aplicado na forma de sulfato de zinco. A parcela útil constou de quatro plantas centrais em 32,4 m², enquanto a parcela total de 18 plantas em 145,8 m². A área total do experimento foi de 5.248,8 m².

Foram avaliados a produtividade de frutos de bananeira, teores foliares de macro e micronutrientes da terceira folha, a partir do ápice retiradas no início da emissão da inflorescência (Malavolta et al., 1997) e os teores de Zn extraídos pelo Mehlich I e DTPA a pH 7,3 (EMBRAPA, 1997), na profundidade de 0 a 20 cm durante dois os anos de cultivo.

Os teores de N nas folhas foram determinados por micro Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). No extrato, obtido por digestão nitroperclórica, foram dosados os teores totais de P por colorimetria, o K por fotometria de chama, os de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e os de S total por turbidimetria (Malavolta et al., 1997).

Para calcular os índices DRIS dos dados médios dos dois anos de cultivo da bananeira 'Prata Anã' (AAB) utilizaram-se as normas de referência obtidas para região Norte de Minas Gerais por Silva (2004).

Os índices DRIS foram calculados, para cada nutriente, por meio da fórmula: $IN = [Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N) - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)] / [(n+m)]$.

Para o cálculo da função Z(A/B) foi utilizada a fórmula recomendada por Jones (1981): $Z(A/B) = [(A/B) - (a/b)].K/s$, em que:

Z(A/B) = função da relação entre os nutrientes A e B da amostra;

(A/B) = valor da relação entre os nutrientes A e B na amostra;

a/b = valor da norma média para as relações A/B, na população de referência obtida por Silva (2004);

K = valor constante e arbitrário (valor = 10)

s = desvio padrão dos valores da relação A/B, da população de referência, obtida por Silva (2004);

n = número de funções onde o nutriente A aparece no denominador;

m = número de funções onde o nutriente A aparece no numerador.

O cálculo do índice de balanço nutricional médio (IBNm) foi realizado por meio do somatório dos valores absolutos dos índices DRIS, conforme a equação: $IBN = |IN_A| + |IN_B| + \dots + |IN_N|$ dividido pelo número de nutrientes envolvido, para verificar o balanço nutricional global dos tratamentos frente à resposta à aplicação de zinco via solo.

Análise de regressão foi usada para ajustar um modelo que relacionasse índices DRIS de Zn com as doses de Zn aplicadas via solo, teor de Zn nas folhas e no solo extraído pelo Mehlich 1 e DTPA a pH 7,3, como variável dependente e, por fim, produtividade de frutos de banana com doses de Zn aplicadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obtiveram-se os índices DRIS (Beaufils, 1973) dos nutrientes para verificar o balanço destes nas folhas em relação a resposta à aplicação de doses de Zn, via solo na bananeira 'Prata Anã' irrigada, do Norte do estado de Minas Gerais (Tabela 3.2).

As normas de referência utilizadas para determinar os índices DRIS foram compostas por dados da mesma região obtidos por Silva (2004), permite que este teor foliar que resulta em índice DRIS ajustado nulo, seja usado para avaliar o estado nutricional da cultura, de forma semelhante ao nível crítico. Estes teores foliares que resultaram em índices DRIS ajustados nulos poderiam ser considerados como teores ótimos, pois se a cultura apresentar teores foliares inferiores ou superiores a este teor ótimo, ela apresentaria índices DRIS negativos ou positivos, respectivamente, os quais limitariam a produção da cultura por deficiência ou excesso nutricional respectivamente.

A aplicação das doses crescentes de Zn proporcionou variações somente dos índices DRIS de Zn desde deficientes (índice -2,1) a excesso (índice 4,4), passando pelo índice nulo, os demais nutrientes apresentaram deficientes (N, P, K e Cu) índices negativos e excesso (Ca, Mg, S, B, Fe e Mn) índices positivos. Em adição, o IBNm que o somatório dos índices DRIS, desconsiderado o sinal positivo ou negativo, dividido pelo número de nutrientes permite comparar o equilíbrio nutricional das plantas de bananeira verificando que somente a testemunha ($0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de Zn) apresentou o maior valor desse índice. Dessa forma, as doses de Zn aplicadas no solo apresentaram o mesmo balanço nutricional, sendo que a diferença de produtividade de frutos foi devido a diferença de teor de Zn nas folhas de bananeira 'Prata Anã'.

TABELA 3.2. Teores foliares médios (TF), índices DRIS (ID), Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) e produtividade (Prod) de banana 'Prata Anã' (AAB), em função de doses de Zn via solo.

Doses Zn (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Prod. (Mg ha ⁻¹)		N ^{1/}	P	K	Ca	Mg	S	B ^{2/}	Cu	Fe	Mn	Zn	IBNm
0	17,6	TF	24,9	1,8	33,2	6,9	2,8	1,8	28,1	7,5	77,6	184,3	10,3	
		ID	-16,7	-16,3	-15,6	8,9	0,5	4,5	29,5	-2,1	8,6	0,8	-2,1	9,6
10	23,8	TF	25,0	1,8	32,6	6,9	2,8	1,8	27,0	7,5	65,0	157,8	16,8	
		ID	-16,8	-16,8	-16,7	9,0	0,5	3,5	28,4	-1,0	7,7	0,8	1,4	9,3
20	22,3	TF	25,0	1,7	33,1	6,5	2,7	1,8	26,1	7,6	54,5	141,3	19,8	
		ID	-16,6	-16,4	-15,7	8,6	1,0	3,2	27,8	-2,6	7,7	0,4	2,6	9,3
40	21,1	TF	25,5	1,7	32,6	4,7	2,7	1,8	25,4	7,5	50,9	139,2	25,3	
		ID	-15,4	-17,6	-15,0	6,0	2,2	4,0	26,6	-3,2	7,6	0,4	4,4	9,3

^{1/}Teores de macronutrientes em g kg⁻¹

^{2/}Teores de micronutrientes em mg kg⁻¹

Os índices DRIS de Zn aumentaram com seus respectivos teores de Zn foliar. A correlação entre produção e teor de nutriente na planta é uma premissa para usar a análise de plantas como critério de diagnose. Se existe uma correlação entre teor de nutriente na planta e índices DRIS, estes índices podem ser usados para realizar a diagnose nutricional.

Desse modo, modelos de regressão foram ajustados entre os índices DRIS de Zn com as doses de Zn aplicadas (Figura 3.1), teores de Zn nas folhas (Figura 3.2) e disponível no solo pelo extrator Mehlich 1 (Figura 3.3) e DTPA a pH 7,3 (Figura 3.4) e, por fim, a produtividade de frutos de bananeira com a doses de Zn, que proporcionou índice DRIS nulo de Zn, que corresponde ao melhor equilíbrio de Zn foliar de plantas de elevada produtividade (Figura 3.5).

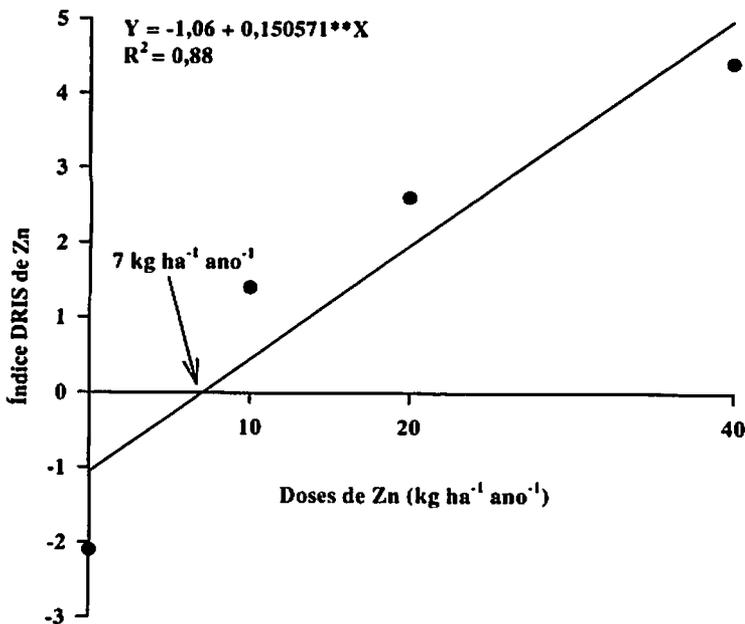


FIGURA 3.1. Relação entre índice DRIS de Zn foliar e doses de Zn aplicado via solo, para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t).

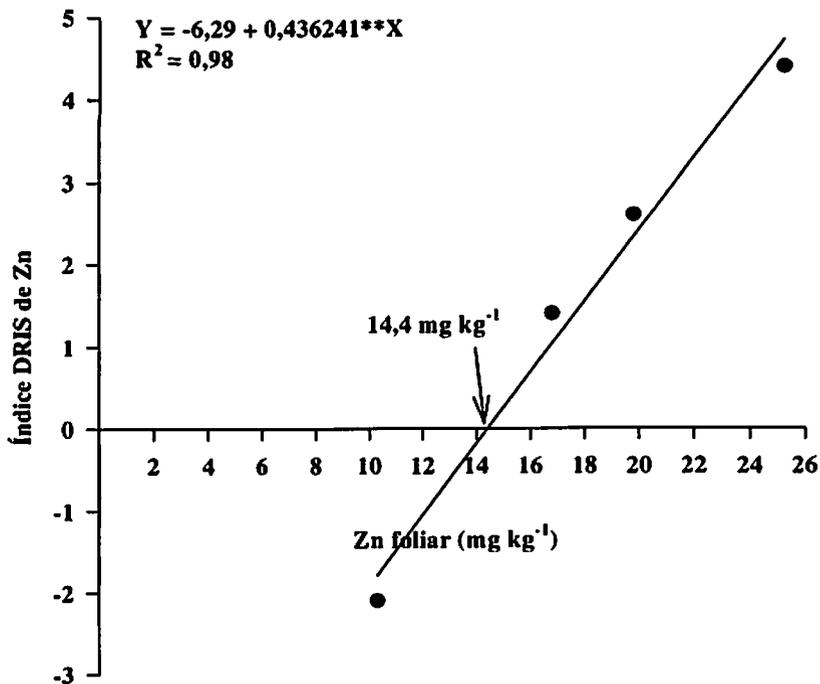


FIGURA 3.2. Relação entre índice DRIS e teor de Zn foliar para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t)

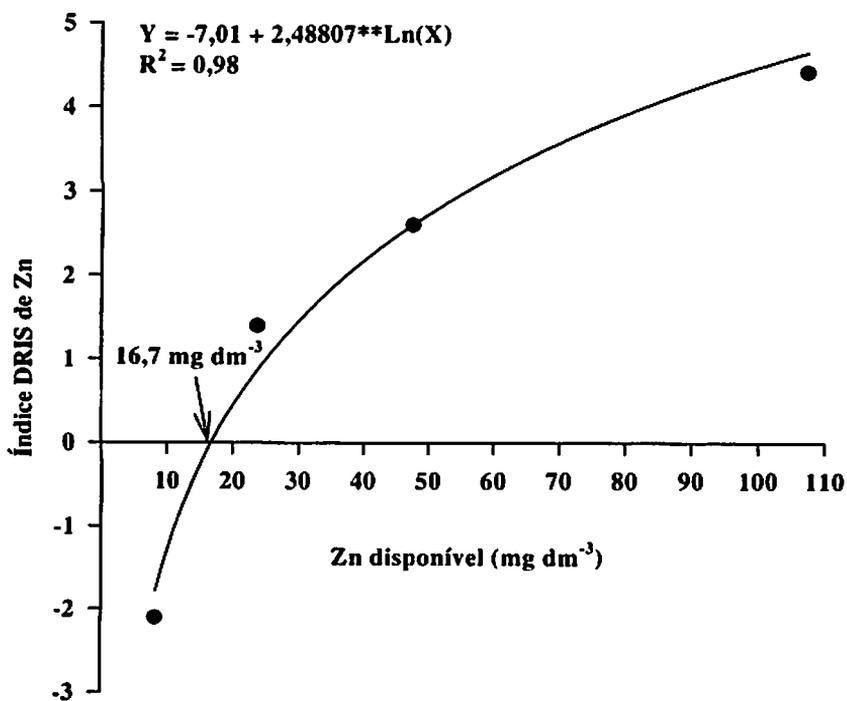


FIGURA 3.3. Relação entre índice DRIS de Zn foliar e teor de Zn disponível (Mehlich 1), para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t)

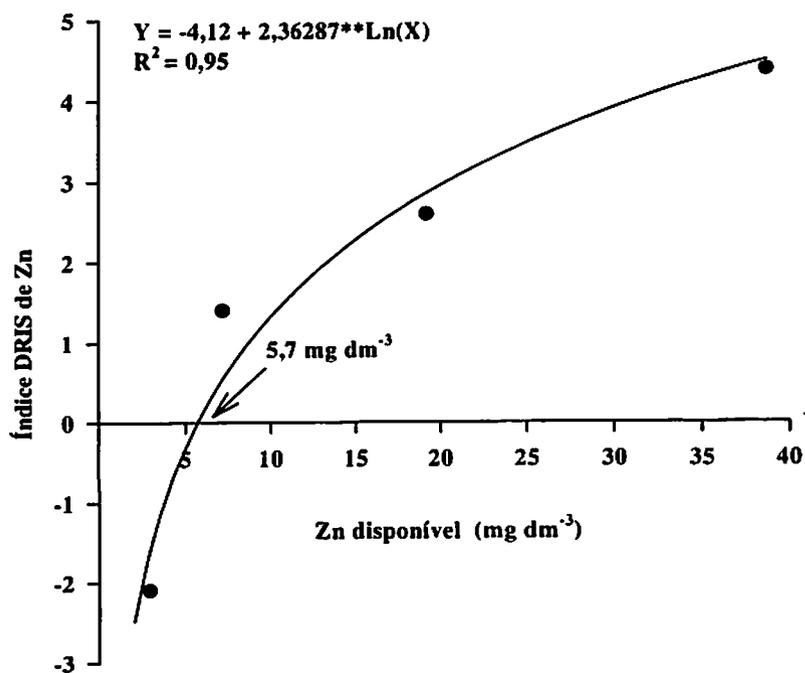


FIGURA 3.4. Relação entre índice DRIS de Zn foliar e teor de Zn disponível (DTPA a pH 7,3), para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t)

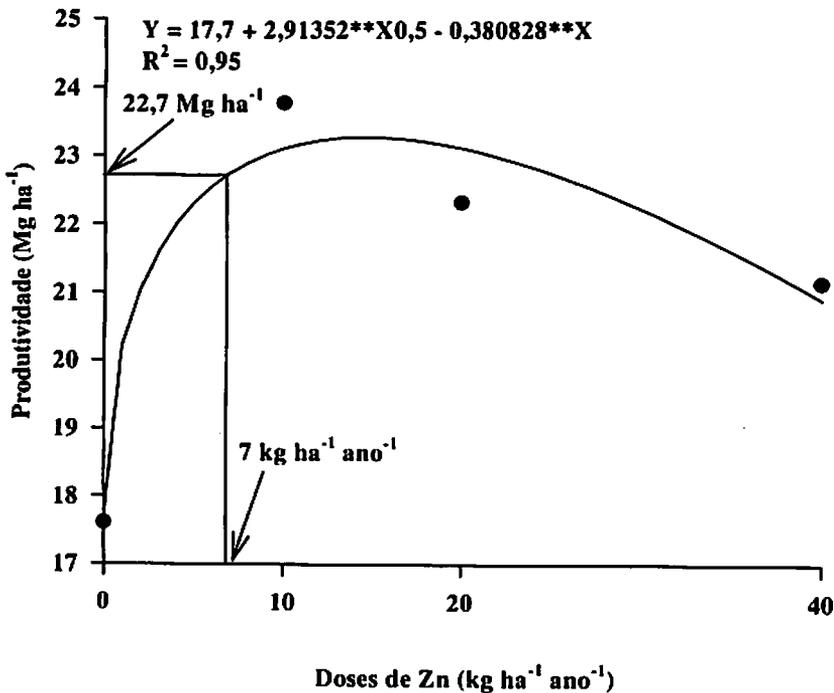


FIGURA 3.5. Relação entre produtividade de frutos e doses de Zn aplicadas via solo para média de dois anos de cultivo de bananeira 'Prata Anã' (AAB). (**significativo a 1% pelo teste de t)

As doses de Zn aplicadas no solo (Figura 3.1), que proporcionam índice DRIS nulo de Zn, que corresponde ao melhor equilíbrio nutricional nas plantas de bananeira 'Prata Anã' foram obtidas com a dose de 7 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Zn.

Em relação ao teor foliar de Zn, utilizou-se o princípio da associação entre o teor do nutriente e seu respectivo índice DRIS, sendo este dependente da concentração do nutriente em estudo (Costa, 1995). Observa-se que houve aumento linear do índice DRIS do Zn, com aumento do teor foliar deste micronutriente. O teor ótimo de Zn foliar foi de 14,4 mg kg⁻¹. Para as condições climáticas do Norte de Minas Gerais, o nível crítico foliar de Zn está abaixo do

preconizado por Prezotti (1992) e Malavolta et al. (1997), devido às diferenças das condições edafoclimáticas e de manejo daqueles do Norte de Minas e próximo do obtido por Silva (2002) nas mesmas condições.

Para diagnóstico da deficiência de Zn, é importante realizar a análise do solo antecipadamente, para fazer possíveis correções na adubação e assim, minimizar quedas na produtividade e classificação dos frutos. Desse modo, o melhor extrator de nutrientes do solo é a própria planta, que reflete nos seus teores foliares. Em contrapartida, a análise de solo é uma ferramenta que necessita de critérios a serem utilizados, para interpretação dos resultados analíticos para fins de recomendação de corretivos e fertilizantes.

O modelo que melhor se ajustou entre o índice DRIS e teor de Zn disponível foi a logaritmo (Figuras 3.3 e 3.4). O teor de Zn no solo (camada de 0 a 20 cm) obtido pelo extrator Mehlich-1 foi de 16,7 mg kg⁻¹ e para o DTPA foi de 5,7 mg kg⁻¹ para produtividade média de três ciclos.

O nível crítico de Zn no solo pelo extrator Mehlich-1 é bastante elevado para os teores preconizados por Moreira (1999) e Alvarez V. et al. (1999), pois proporciona a produção de dois cachos por ano nas condições climáticas do Norte de Minas Gerais, necessitando de elevada disponibilidade desse micronutriente no solo.

A produtividade de frutos de banana 'Prata Anã' que proporcionou o melhor equilíbrio nutricional foi de 22,7 Mg ha⁻¹, com a dose de 7 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 3.5) estimadas com a equação ajustada entre a produtividade e a doses de Zn aplicadas via solo.

4 CONCLUSÕES

Pelo DRIS, o diagnóstico do estado nutricional da bananeira 'Prata Anã' irrigada foi consistente em avaliar a resposta à aplicação de Zn no solo.

A produtividade de frutos de banana 'Prata Anã' de 22,7 Mg ha⁻¹ atingiu o melhor equilíbrio nutricional com a aplicação da dose de 7,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Zn via solo.

O teor ótimo de Zn no solo, associado ao melhor equilíbrio nutricional da bananeira 'Prata Anã' foi de 16,7 mg dm⁻³ (Mehlich-1) e 5,7 mg dm⁻³ (DTPA a pH 7,3) e para Zn foliar foi 14,4 mg kg⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, 1999. p. 25-32.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, 1999. p. 43-60.

BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 3, p. 448-456, May/June 1996.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. South Africa: Pietermaritzburg, University of Natal, 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).

COSTA, A. N. da. **Uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Estado do Espírito Santo**. 1995. 94 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos, Viçosa, MG.

COSTA, E. L.; MAENO, P.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Irrigação da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 67-72, jan./fev. 1999.

DARA, S. T.; FIXEN, P. E.; GELDERMAN, R. H. Sufficiency level and Diagnosis and Recommendation Integrated System approaches for evaluating the nitrogen status of the corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 1006-1010, Nov./Dec. 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Produção de Informação, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

JONES JR., J. B. Modern interpretation systems for soil and plant analysis in the USA. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 33, n. 6, p. 1039-1043, 1993.

JONES, C. A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. **Communication in Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 12, n. 5, p. 785-794, 1981.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Viçosa, 1999. p. 143-168.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo.** Campinas: Fundação Cargill, 1999. CD-ROM.

PAYNE, G. G.; REHCIGL, J. E.; STEPHENSON, R. L. Development of Diagnosis and Recommendation Integrated System norms for Bahiagrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 5, p. 930-930, Sept./Oct. 1990.

PREZOTTI, C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 3ª aproximação.** Vitória: EMCAPAR, 1992. 73 p. (Circular Técnica, 12).

SILVA, J. T. A. Avaliação nutricional das bananeiras 'Prata Anã'(AAB) cultivadas no semi-árido do Norte de Minas Gerais. 2004. 129 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; DIAS, M. S. C.; COSTA, E. L.; PRUDÊNCIO, J. M. Diagnóstico nutricional da bananeira 'Prata anã' para o norte de Minas. Belo Horizonte, MG. EPAMIG, 2002. 16 p. (EPAMIG – Boletim técnico, 70).

SNYDER, G. H.; SANCHEZ, C. A.; ALRICHS, J. S. DRIS evaluation of the nutrient status of Bahia and St Augustine turfgrasses. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Orlando, v. 102, p. 133-137, 1989.

SOUTO, R. F.; RODRIGUES, M. G. V.; ALVARNGA, C. D.; SILVA, J. T. A. da; MAENO, P.; GONZAGA, V. Sistema de produção para a cultura da banana 'Prata Anã' no Norte de Minas. Belo Horizonte: EPAMIG, 1997. 32 p. (EPAMIG. Boletim técnico, 48).

SUMNER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. *Agronomy Journal*, Madison, v. 71, n. 2, p. 343-348, Mar./Apr. 1979.

WALWORTH, J. L. , SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Advances in Soil Science*, New York, v. 6, p. 149-188, 1987.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; ISAAC, R. A.; PLANK, C. O. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with the Midwest norms. *Agronomy Journal*, Madison, v. 78, n. 6, p. 1046-1052, Nov./Dec. 1986.

