



ANDERSON RICARDO TREVIZAM

**TEORES DE ZINCO EM FRUTOS DE
MORANGUEIRO EM FUNÇÃO DOS TIPOS DE
SOLOS**

LAVRAS – MG

2020

ANDERSON RICARDO TREVIZAM

**TEORES DE ZINCO EM FRUTOS DE MORANGUEIRO EM FUNÇÃO
DOS TIPOS DE SOLOS**

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Agronomia,
para obtenção do título de Bacharel.

Orientadora

Prof.^ª. Dr.^ª. Luciane Vilela Resende

LAVRAS – MG

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família de forma geral pela paciência e compressão nessa minha nova jornada de estudos, muitas vezes precisei escolher entre os momentos de família e os estudos.

Em especial agradeço a minha esposa Maria Ligia e a princesa Isabel (filha) e ao final deste curso aos meus pequenos Felipe e Vinicius (filhos) que chegaram para completar o time.

A orientadora Profa. Luciane Vilela Resende pela amizade e ajuda na orientação desse trabalho.

Ao Cleber Lázaro Rodas e Douglas pela participação na banca e suas contribuições.

A empresa TERRAS GERAIS experimental pelas oportunidades ocorridas nesse último ano de graduação.

A todos os colegas de curso pelo companheirismo e compreensão as minhas dificuldades.

A todos os professores do curso de agronomia e que participaram da minha formação acadêmica.

A Universidade Federal de Lavras, com toda a sua estrutura me concedeu a oportunidade de uma nova formação curricular.

A todos que diretamente ou indiretamente participaram da minha formação.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O zinco (Zn) é um dos nutrientes fundamentais para um bom desenvolvimento das plantas, podendo comprometer a produção e a qualidade dos alimentos tanto nos aspectos produtivos e nutricionais. Com isso objetivou-se avaliar a produção, o teor de Zn nos frutos e predição dos teores Zn nos frutos de morango com extrator Mehlich-I após a adição de doses Zn em dois solos distintos. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, arranjados em esquema fatorial 2 x 5, correspondendo a dois tipos de solo, Latossolo Vermelho distroférico (LVd) e Neossolo Quartzarênico órtico (NQo), e cinco doses de Zn (0; 0,75; 1,5; 3,0 e 6,0 mg dm⁻³). Foram realizadas as seguintes avaliações: Produção de massa fresca e seca, número de frutos, teor Zn nos frutos, porcentagem de absorção de Zn e correlação entre teor Zn no fruto e extraído pelo extrator Mehlich-I. O LVd apresentou os maiores índices de produção, porém os maiores teores de Zn nos frutos com aumento das doses foi obtido no NQo. Houve correlação significativa entre o teor de Zn extraído por Mehlich – I e o teor de Zn no fruto. Em relação à porcentagem de absorção a mesma decresceu com aumento das doses de Zn. A produção de massa fresca e seca de frutos e teores de Zn nos frutos em ambos os solos aumentaram em função das doses.

Palavras-chave: Nutrição de plantas. Micronutrientes. Solos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1. Morangueiro.....	7
2.2. Zinco no solo e na planta	7
2.3. Adubação do morangueiro com zinco e sua importância na saúde humana .	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1. Coleta do solo.....	13
3.2. Delineamento experimental e tratamentos	15
3.3. Condução do experimento.....	15
3.4. Colheita e preparo das amostras.....	16
3.5. Determinação de zinco.....	16
3.6. Atributos avaliados nos experimentos	16
3.7. Análise estatística.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÃO	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

O morangueiro possui grande importância no cenário nacional, seja ela econômica ou social. Do ponto de vista alimentar, está presente na mesa dos brasileiros sendo este consumido *in natura* ou na forma de produtos industrializados, sobretudo geleias. Do ponto de vista agrícola, é uma alternativa de produção para pequenos produtores pouco tecnificados, estendendo-se até aos grandes produtores. Seu cultivo contribui para complementação da renda de agricultores familiares e é responsável por gerar empregos, ocupando mão de obra menos qualificada.

Os solos brasileiros, devido ao alto grau de intemperização e ao material de origem, são deficientes em nutrientes. Caracterizam-se por baixas concentrações de cálcio e magnésio, por alta acidez, baixa disponibilidade de fósforo no solo e deficiência de micronutrientes, principalmente boro e zinco.

Indicações de correção do solo e adubações com macronutrientes são abundantes na literatura e englobam uma ampla gama de espécies de plantas. Porém, estudos relacionados aos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Cl, Ni, Zn, Mo) são escassos, muitas vezes destinadas a poucas culturas e/ou determinada região. Isso faz com que, muitas vezes, as adubações com macronutrientes sejam excessivas, ao passo que os micronutrientes são deixados de lado.

Os nutrientes aplicados ao solo estão propensos a interações, que podem prejudicar sua absorção ou disponibilidade. Malavolta (2006) relata que à medida que o pH do solo aumenta, ferro, cobre, manganês e Zn se tornam indisponíveis para a planta. Outra interação bastante conhecida é a deficiência de Zn induzida pelo fósforo. Tendo em vista que o uso adequado de calagem e de adubação fosfatada é fundamental para alcançar altas produtividades, a deficiência de Zn torna-se algo recorrente, e de certa forma esperada, nos sistemas de produção.

Diante o exposto, objetivou-se avaliar a produção, o teor de Zn nos frutos e predição dos teores Zn nos frutos de morango com extrator Mehlich-I após a adição de doses Zn em dois solos distintos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Morangueiro

O morangueiro (*Fragaria x ananassa*) é uma planta da família das Rosáceas de porte rasteiro herbácea, perene, mas cultivada também como anual. Destaca-se entre as pequenas frutas vermelhas por ser atraente e possuir sabor agradável, podendo ser consumido *in natura* ou industrializado, em diversas maneiras de processamento (MADAIL et al., 2007). O fruto do morangueiro sendo apreciado por muitos países, continua ganhando espaço no mercado nas principais economias mundiais.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma produção de 40 milhões de toneladas ao ano, mas participa com apenas 2% do comércio global do setor, o que demonstra o forte consumo interno (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2010). A produção de morango no Brasil, nos últimos anos teve uma ascensão do crescimento, estimando-se uma produção anual de 100 mil toneladas em 3.500 ha (ANTUNES et al., 2010; COSTA et al., 2011).

Minas Gerais é o maior produtor de morangos do país, sendo responsável por 65% da produção total – segundo dados do Governo de Minas Gerais. A cultura do morangueiro possui um elevado potencial de consumo, e é bem valorizada no mercado e garante um bom retorno financeiro.

2.2. Zinco no solo e na planta

Nos solos brasileiros, o zinco (Zn) é um dos nutrientes mais limitantes e conseqüentemente que apresenta maiores deficiências (VENDRAME et al.,

2007), apresentando como sintoma de deficiência a clorose internerval das folhas novas, começando nas pontas e nas margens.

O Zn é absorvido pelas plantas na forma de Zn^{2+} ; nesta mesma forma é transportado, das raízes para a parte aérea das plantas pelo xilema (MALAVOLTA, 2006). Entretanto a sua absorção pode ser afetada por interações com outros nutrientes dentre elas destaca-se a competição entre P e Zn (OLSEN, 1972); entre Ca e Zn (BERTON et al., 1997); entre Fe e Zn (PRADO et al., 2007) e entre Zn e Cu (ARZOLLA et al., 1955/1956). Quanto à redistribuição do zinco, sabe-se que este apresenta baixa mobilidade no floema, e sua maior ou menor translocação depende de sua disponibilidade na parte vegetativa (MARSCHNER, 2011).

Além do mais, a absorção de zinco pode ser afetada pela competição com o fósforo (P), o que reduz a translocação de Zn para a parte aérea da planta (CARNEIRO et al., 2008), podendo causar desordem metabólica pelo desbalanceamento entre os dois nutrientes sendo que uma vez em excesso, o P aumenta o requerimento fisiológico de Zn na planta (WEBB; LONERAGAN, 1988), principalmente, em razão de estar ocorrendo o favorecimento do crescimento radicular pela maior disponibilidade de P no solo.

A adubação de zinco surge então como solução para diminuir os efeitos da competição entre Zn e P, além de enriquecer a cultura, melhorando assim a nutrição humana. Além de que a aplicação de micronutrientes por muda é pequena, tendo-se assim alta relação custo/benefício.

Suas funções na planta estão relacionadas ao metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos, além da formação da estrutura das auxinas, RNA e ribossomos (BORKET, 1989), no metabolismo dos fenóis, no aumento do tamanho e multiplicação celular e na fertilidade dos grãos de pólen (MALAVOLTA et al. 1991).

Os sintomas de deficiência de Zn estão associados, na maior parte dos casos, a distúrbios no metabolismo das auxinas, principalmente do ácido indol acético, fitormônio responsável pelo crescimento das plantas. O Zn portanto é necessário para a síntese de triptofano que por sua vez é um aminoácido precursor do ácido indol acético (MALTA et al, 2002). Em plantas deficientes em Zn há desestruturação dos ribossomos, reduzindo a síntese proteica, levando ao acúmulo de aminoácidos livres (MARSCHNER, 2011). Isto ocorre devido ao controle do Zn sobre a atividade da enzima RNase que hidrolisa o RNA, causando a diminuição da síntese proteica, atuando na multiplicação celular, proporcionando menor número e tamanho de células e reduzindo o comprimento de internódios (MALAVOLTA, 2006).

2.3. Adubação do morangueiro com zinco e sua importância na saúde humana

Estudos específicos sobre a adubação com Zn para a cultura do morangueiro são escassos na literatura sobretudo em condições brasileiras de cultivo, entretanto sabe-se da importância desse elemento para as culturas. As melhorias na nutrição por Zn na cultura do morangueiro podem favorecer não somente os aspectos de desenvolvimento da cultura, mas também a qualidade dos frutos do morango.

Entretanto sabe-se que uma boa nutrição da planta pode reverter em uma boa qualidade dos frutos, visto que a deficiência de Zn na nutrição humana é considerada um problema mundial, e suas repercussões podem ser drásticas, como comprometimento físico e intelectual. A deficiência relativa de Zn deve ser considerada em situações de crescimento rápido, nas quais há aumento da demanda do oligoelemento, como na infância, puberdade, gravidez e lactação (SILVA et al. 2007).

Neste sentido o aumento da nutrição da planta por Zn pode acarretar num enriquecimento dos frutos de morango por Zn. Esse enriquecimento denomina-se biofortificação, ou seja, a produção de produtos agrícolas que apresentem maior teor de minerais (especificamente neste estudo para Zn) e vitaminas, buscando complementar as deficiências em nutrição existentes e proporcionar de maneira sustentável e de baixo custo, visando ofertar valores nutricionais às populações de baixa renda e especialmente a sua saúde. Variedades de determinadas culturas biofortificadas apresentam potencial de fornecer benefícios contínuos nos países em desenvolvimento, a um custo recorrente inferior ao da suplementação e da fortificação pós-colheita (WELCH, 2001; GRAHAM et al., 2007).

O fruto de morango é considerado um alimento funcional que traz vários benefícios à saúde além da nutrição básica, como comprovado pelas evidências acumuladas sobre a sua função antioxidante, anti-inflamatória, anti-hiperlipidêmico, anti-hipertensivo, ou efeitos antiproliferativos. Mecanismos de ação diretamente ligados à alteração de etiologia das doenças crônicas (Basu et al. 2014). O Zn é um nutriente muito importante a saúde humana suas deficiências são decorrentes principalmente em países subdesenvolvidos e em regiões carentes nas grandes cidades sendo assim considerado um problema mundial. Uma alternativa de enriquecimento de um alimento é o processo de biofortificação, feito através da adubação mineral das culturas ou por processos de melhoramento genético, com o propósito de proporcionar a população um método de compor o desbalanço mineral do solo e a deficiência desses nutrientes nos alimentos produzidos nessas regiões (MARTINEZ, 2013).

O zinco (Zn) é um dos oligoelementos de maior importância para o metabolismo humano. Quanto às funções biológicas do Zn, considerando as diferentes espécies, existem mais de 200 metaloenzimas que dependem dele, seja estruturalmente ou para atividade catalítica, tais como anidrase carbônica,

carboxipeptidase A, superóxido dismutase (SOD), álcool desidrogenase, fosfatase alcalina, timidina quinase, DNA polimerase, RNA polimerase, as quais participam da síntese e degradação do ácido nucléico e do metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas (PRASAD, 1996).

Uma das funções de grande importância é a participação do Zn no sistema de defesa antioxidante. O íon inibe as reações de propagação de radicais livres devido à síntese de metalotioneínas (MT), proteínas citosólicas de baixo peso molecular, que se ligam avidamente aos radicais, promovendo proteção (scavenger) contra danos em membranas celulares. As MT também estão associadas à detoxificação de metais pesados no organismo (FASCINELI, 2001).

O Zn é absorvido ao longo do intestino delgado, principalmente no jejuno e íleo, e quantidades diminutas são absorvidas no estômago e intestino grosso, sendo absorvido de 20 a 30% do zinco ingerido (GOYER, 1996). A presença de glicose no lúmen intestinal auxilia a absorção na borda em escova das células absorptivas do intestino delgado (GOYER, 1996). Na gravidez há aumento da absorção, e, a cada 1 mg dia⁻¹ absorvido, 0,7 mg é transferido para o feto (KING, 2000). A absorção no tubo gastrintestinal pode ser bloqueada por uma dieta rica em cálcio.

A deficiência de Zn em humanos foi primeiramente descrita por Prasad em 1961 em uma população de Shiraz, Irã. Os homens iranianos afetados apresentavam anemia, hepatoesplenomegalia, hipogonadismo, nanismo e geofagia (PERSON; BOTTI; FERES, 2006).

O caso mais severo de deficiência de Zn descrito em humanos foi o de um jovem com doença de Wilson, enfermidade que causa depósito de cobre (Cu) no fígado e sistema nervoso central. Esse paciente foi tratado com penicilamina, um depletor de Zn, e passou a apresentar redução da visão, confusão mental, perda de pêlos do corpo e lesões de pele. A suplementação

com Zn, oferecida como tratamento, resultou no desaparecimento desses sinais e recuperação do paciente (PERSON, O.C.; BOTTI, A.S.; FÉRES, 2006).

Cantero (1989) ressaltou que a deficiência de Zn afeta principalmente homens, que mostram retardo de crescimento, de desenvolvimento sexual, com diminuição ou abolição de pêlos pubianos e faciais, apresentando, com frequência, hepatoesplenomegalia, perda de apetite, diminuição da gustação e olfato e retardo na cura de feridas.

O diagnóstico do estado nutricional de Zn em seres humanos não é fácil. Um grande número de indicadores tem sido proposto, mas eles oferecem dificuldades a serem consideradas e/ou interpretadas (HAMBIDGE, 2000). Apesar da importância desse mineral e do crescente conhecimento sobre suas funções, ainda não há um indicador único, descrito universalmente e apropriado para avaliar com precisão o Zn em um indivíduo (WOOD, 2000; SAUER, A.K.; GRABRUCKER, 2019).

Como não existem formas concisas de avaliação da concentração de Zn no homem, porém sua importância é demonstrada em mais de uma centena de funções no corpo humano, a sua ingestão se faz necessária para o manutenção das suas funções biológicas.

No que se refere ao Zn, a avaliação do estado nutricional no homem compreende medidas de consumo alimentar, concentrações de Zn plasmático, eritrocitário, urinário e indicadores funcionais, como a análise da atividade de metaloenzimas: anidrase carbônica, fosfatase alcalina e carboxipeptidases (MARREIRO, 1998).

A deficiência de Zn é considerada um problema mundial, sobretudo em países subdesenvolvidos e em bolsões de pobreza de grandes cidades, e suas repercussões podem ser drásticas, com comprometimento físico e intelectual. A deficiência relativa de Zn deve ser considerada em situações de crescimento

rápido, nas quais há aumento da demanda do oligoelemento, como na infância, puberdade, gravidez e lactação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de abril a setembro de 2018.

3.1. Coleta do solo

Os solos utilizados foram o Latossolo Vermelho distroférico (LVd) e o Neossolo Quartzarênico órtico (NQo) (Embrapa, 2013) que foram coletados em campos não cultivados, sob vegetação natural, situado no município de Lavras - MG e Itutinga- MG, respectivamente. Uma amostra de cada solo foi coletada, seca, peneirada em malha de 2 mm e caracterizada química e fisicamente (SILVA, 2009), cujos resultados encontram-se na Tabela 1. Os teores de Zn no solo objetivo do trabalho encontram-se em teores baixos de acordo com Ribeiro; Guimarães; Alvarez V. (1999).

Tabela 1 – Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho distroférico (LVd) Neossolo Quartzarênico órtico (NQo) coletado a 0,20 m de profundidade.

Características	Unidade	LVd	NQo
pH ⁽¹⁾		5,6	5,5
Matéria Orgânica ⁽²⁾	g kg ⁻¹	31	12
Fósforo ⁽³⁾	mg dm ⁻³	0,8	5,1
Potássio ⁽³⁾	mg dm ⁻³	56	18
Cálcio ⁽⁴⁾	cmol _c dm ⁻³	1,2	0,3
Magnésio ⁽⁴⁾	cmol _c dm ⁻³	0,2	0,1
Enxofre ⁽⁵⁾	mg dm ⁻³	13,1	2,9
H + Al ⁽⁶⁾	cmol _c dm ⁻³	6,3	3,6
SB	cmol _c dm ⁻³	1,5	0,4
T	cmol _c dm ⁻³	7,8	4,1
P-Rem	mg/L	7,6	25,1
V	%	20	11
Boro ⁽⁷⁾	mg dm ⁻³	0,4	0,3
Cobre ⁽³⁾	mg dm ⁻³	2,7	0,6
Ferro ⁽³⁾	mg dm ⁻³	37,2	179,6
Manganês ⁽³⁾	mg dm ⁻³	19,9	5,1
Zinco ⁽³⁾	mg dm ⁻³	0,7	0,4
Areia	g kg ⁻¹	160	660
Silte	g kg ⁻¹	150	20
Argila ⁽⁸⁾	g kg ⁻¹	690	320

¹pH em água; ²Oxidação; ³Extrator Mehlich 1; ⁴Extrator KCl 1 mol L⁻¹; ⁵ Extrator - fosfatomonocálcico em ácido acético; ⁶ Extrator SMP; ⁷Água quente; ⁸Método da pipeta; SB, Soma de bases; T, CTC a pH 7; V, Saturação por bases; Prem, Fósforo remanescente.

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em vasos contendo 3 dm³ de cada solo em casa de vegetação, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, arranjados em esquema fatorial 2 x 5, sendo de dois tipos de solo (LVd e NQo) e cinco doses de Zn (0; 0,75; 1,5; 3,0 e 6,0 mg dm⁻³). O Zn foi aplicado nos solos dez dias após o transplante das mudas, usando como fonte o Sulfato de zinco (ZnSO₄).

3.3. Condução do experimento

Em função das análises químicas dos solos foi efetuada a correção dos solos, incorporando o carbonato de cálcio e carbonato de magnésio na proporção estequiométrica de 4:1, com o objetivo de elevar a saturação por bases a 80%. Após incubação dos solos por 30 dias, com uma umidade de aproximadamente 60% do volume total de poros (VTP), foi realizada em cada vaso, a adubação de plantio, sendo aplicados 1,4 g de Superfosfato triplo e 0,15 g de Cloreto de potássio por vaso.

Em cada vaso foi transplantada uma muda de morango, cultivar Albion, obtida de empresa comercial. Durante todo o período experimental a umidade do solo foi mantida à aproximadamente 60% do VTP. A adubação de cobertura com N e K foi realizada nas doses 700 mg vaso⁻¹ e 500 mg vaso⁻¹, respectivamente, na forma de Ureia e Cloreto de potássio. As adubações de cobertura foram realizadas aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o transplante das mudas. Ao início do florescimento e a cada 20 dias foi aplicado boro via foliar na dose de 1 g L⁻¹ na forma de ácido bórico.

3.4. Colheita e preparo das amostras

Os índices de produção avaliados foram massa fresca e seca e número de frutos por vaso. A colheita dos frutos ocorreu durante o cultivo da cultura, sendo que os frutos foram colhidos quando $\frac{3}{4}$ da sua superfície encontravam-se de coloração avermelhada. O período de colheita dos frutos foi de aproximadamente 150 dias ao longo do cultivo do morangueiro que foi de um período total de 190 dias do transplante até a última colheita de frutos. Ao final do experimento uma amostra de solo de cada vaso foi coletada, seca a sombra, passada por peneira de malha de 2 mm

3.5. Determinação de zinco

Amostras de frutos frescos foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar à 65-70°C até atingir massa constante, para determinar a matéria seca. Depois de secos os frutos foram moídos e submetidos à digestão nitro – perclórica e determinados os teores de Zn por espectrometria de absorção atômica (SILVA, 2009). As amostras de solos foram analisadas em relação ao teor de Zn no solo através do extrator Mehlich-I (SILVA, 2009).

3.6. Atributos avaliados nos experimentos

Os tratamentos foram avaliados pela produção de matéria fresca fruto (g planta⁻¹), seca (g planta⁻¹) e teor de Zn no fruto (mg kg⁻¹). A partir dos dados de teor de Zn na massa seca de frutos (MSF) e no solo calculou-se a porcentagem de absorção pelos frutos do morango (%AbZn) conforme a fórmula descrita abaixo.

$$\%AbZn = \frac{\frac{MSF \left(\frac{g}{planta}\right)}{1000} \times Teor\ de\ Zn\ no\ fruto \left(\frac{mg}{kg}\right)}{Volume\ vaso\ (dm^3) \times Dose\ de\ Zn\ aplicada\ (mg/dm^3)} \times 100$$

3.7. Análise estatística

A análise estatística dos dados incluiu a análise de variância com realização do teste F e regressão a 5% de significância. Os modelos foram ajustados com base na significância dos parâmetros e no coeficiente de determinação e na capacidade de explicar biologicamente o fenômeno. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, os valores de massa fresca, seca, teores de Zn nos frutos foram influenciados ($p < 0,05$) pela interação dupla entre doses *versus* solos, além de todos os demais fatores isolados. No entanto, o número de frutos foi influenciada ($p < 0,05$) apenas para os tipos de solos e a eficiência de absorção de Zn nos frutos foi influenciado ($p < 0,05$) apenas para o fator doses de Zn (Tabela 2).

Em relação ao número de frutos como já descrito anteriormente apresentou somente diferenças entre os tipos de solos. No Latossolo vermelho distroférico (LVd) o número de frutos variaram de 7 frutos por vaso e de 4 frutos por vaso no Neossolo quartzarênico órtico (NQo) (Tabela 3).

Tabela 2: Resumo da análise de variância para produção de massa fresca e seca de frutos (MSF) e (MFF), número de frutos (NF), teor de Zn e porcentagem de absorção de Zn (AbZn) em frutos de morangueiro após adição de doses de Zn em dois solos distintos: [Latosolo vermelho distroférico (LVd), Neossolo Quartzarênico órtico (NQo)].

FV	GL	Quadrado Médio				
		MSF -----(g vaso^{-1})-----	MFF	NF Unid	Zn (mg kg^{-1})	AbZn (%)
Solo (S)	1	43,224*	689,377**	58,80*	317,135**	0,023 ^{ns}
Dose (D)	4	1,027 ^{ns}	1027,00**	2,466 ^{ns}	74,276**	20,17**
S x D	4	8,714*	222,596**	9,966 ^{ns}	2,541*	1,1256 ^{ns}
Resíduo	20	5,778	17,784	6,866	2,309	0,1612
CV (%)		23,84	12,55	44,16	7,51	29,61
Média		10,08	33,59	5,93	20,23	1,35

* significativo ao nível de 1% probabilidade; ** significativo ao nível de 5% probabilidade; ns = não significativo

Os índices de produção, massa fresca e seca e número de frutos foram superiores no LVd. Esses resultados estão relacionados a maior fertilidade desse solo, principalmente matéria orgânica, com 31 g kg^{-1} nesse solo *versus* 12 g kg^{-1} no NQo, que libera N após sua mineralização. Já os teores de P, Zn e o conteúdo de Zn foram superiores no Neossolo quartzarênico órtico (NQo) (Tabela 3). Isso em virtude de uma menor adsorção de P e formação de complexos organometálicos nesse solo, propiciando aumento em solução e absorção pelas plantas.

A aplicação de Zn incrementou a massa fresca de frutos até a dose estimada de $4,30 \text{ mg dm}^{-3}$, correspondendo a produção de $38,78 \text{ g vaso}^{-1}$ para o NQo (Figura 1). Porém, doses acima desse valor levaram a redução dessa característica, possivelmente pela baixa adsorção de cátions nesse solo (pouca matéria orgânica) o que favoreceu o aumento em solução, prejudicando o

desenvolvimento das plantas. Segundo Wallnöfer & Engelhardt (1995) o excesso de Zn pode diminuir a biossíntese de giberelinas e do triptófano os quais comprometem a divisão celular e conseqüentemente o desenvolvimento da planta.

Tabela 3: Médias das variáveis produção de massa fresca e seca de frutos (MSF) e (MFF), número de frutos (NF), teor de Zn e porcentagem de absorção de Zn (AbZn) em frutos de morangueiro após adição de doses de Zn em dois solos distintos: [Latosolo Vermelho distroférico (LVd); Neossolo Quartzarênico órtico (NQo)].

Tratamentos	MSF -----(g^{-1})-----	MFF	NF Unid	Zn ($mg\ kg^{-1}$)	AbZn (%)
LVd	4,18 a	38,39 a	7,33 a	16,98 b	1,36 a
NQ	2,65 b	28,80 b	4,53 b	23,48 a	1,34 a
Média Geral	6,83	33,59	5,93	20,23	1,35
CV %	3,41	12,55	44,16	7,51	29,01

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de F a 5 % de significância.

Essa diferença de resposta entre os dois solos está relacionado a maior retenção desse cátion no LVd, ocasionada pela formação de complexos entre o Zn e a matéria orgânica, como também a adsorção nas argilas e nos óxidos de ferro e alumínio que estão presentes em maiores quantidades nos Latossolos. Sendo que a adsorção de Zn é favorecida em solos ricos em óxidos de ferro e alumínio, isso porque, aumenta as cargas negativas nos sistemas de óxidos (CUNHA; CAMARGO; KINJO, 1994).

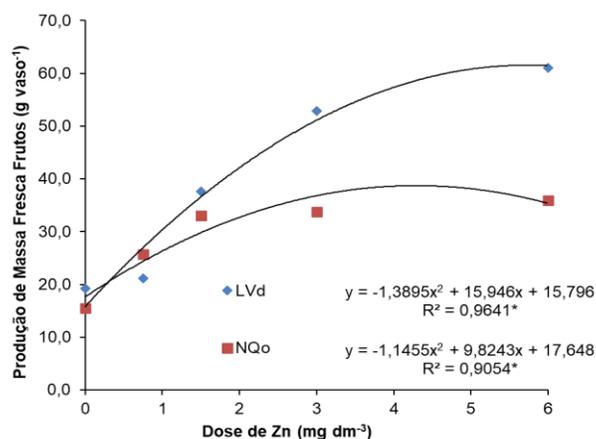


Figura 1. Produção de massa fresca de frutos de morangueiro após adição de doses de Zn em dois solos distintos: [Latosolo Vermelho distroférico (LVd); Neossolo Quartzarênico órtico (NQo)]. *Significativo a 5% pelo teste F.

Em relação a produção de massa seca de frutos (MSF) os solos apresentaram comportamentos diferentes sendo que a maior produção de MSF, na média geral, ocorreu com o LVd (4,18 g vaso⁻¹). No NQo da mesma forma que ocorreu com a variável MFF, apresentou uma menor produção de MSF, sendo de 2,65 g vaso⁻¹. A produção de massa seca entre os solos foi significativamente diferente, sendo novamente observado que a partir da dose de 3 mg dm⁻³ observa-se as maiores diferenças na MSF (Figura 2).

Segundo Malavolta et al. (1991), o Zn é responsável nas plantas por promover maior desenvolvimento, alongamento do entre nó do caule com reflexo na altura. Incremento de matéria seca em plantas de milho foram observados por Prado et al. (2008) com diferentes formas de aplicação de Zn nessa cultura.

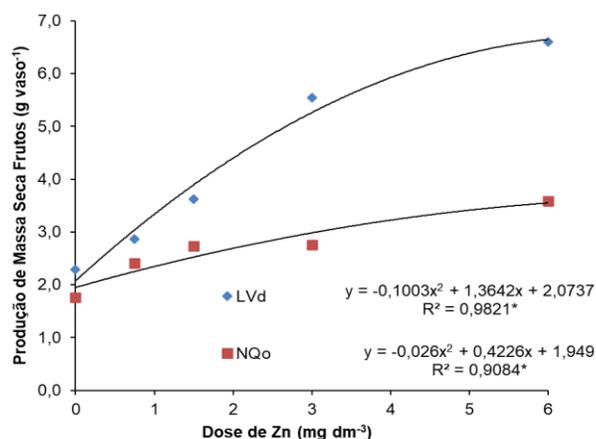


Figura 2. Produção de massa seca de frutos do morangueiro após adição de doses de Zn em dois solos distintos: [Latosolo Vermelho distroférico (LVd); Neossolo Quartzarênico órtico (NQo)]. *Significativo a 5% pelo teste F.

Quando analisados, os teores de Zn no fruto no NQo (28,8 mg kg⁻¹) foi obtido com a aplicação de 3,55 mg dm⁻³ de Zn, enquanto que no LVd o maior teor de Zn (20,9 mg kg⁻¹) no fruto do morangueiro foi obtido com a aplicação de 3,77 mg dm⁻³ (Figura 3).

Segundo Rocha et al. (2008) a ingestão diária recomendada de morangos necessários para suprir as atividades metabólicas do micronutriente Zn ao ser humano é de 7 mg diários. Nesse sentido pelos dados obtidos no presente trabalho seria necessário o consumo de 243 g de frutos obtidos no NQo e de 335 g de frutos obtidos no LVd, ambos os consumos foram calculados para os maiores teores de Zn encontrados nos frutos em ambos os solos.

O maior enriquecimento com Zn em frutos cultivados no NQo está relacionado a menor produção de massa seca de frutos, favorecendo a concentração desse nutriente, e também aos menores teores de matéria orgânica e argila quando comparado ao LVd que proporciona baixa adsorção, com aumento desse nutriente na solução do solo e absorção pelas plantas. De acordo

com Nascimento & Fontes (2004) estudando o Zn em Latossolos de Minas Gerais, as características que mais correlacionaram com adsorção desse nutriente são argila e matéria orgânica. Neste sentido o fator adsorção pode ter influenciado nos menores teores de Zn nos frutos do morangueiro no LVd, além do efeito de diluição.

Conforme observado por Rocha et al. (2008) teores de Zn em frutos de morangueiro foram encontrados na faixa de 12,78 a 16,37 mg kg⁻¹ nas variedades Aroma, Oso Grande e Toyorrinho, advindas de um produtor da região de Itutinga-MG. Os teores encontrados no presente trabalho em sua maioria estão acima da faixa encontrada pelos autores.

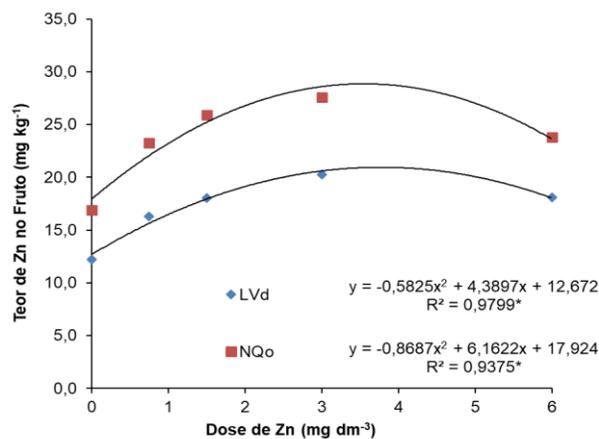


Figura 3. Regressão das doses de Zn com os teores de zinco encontrados nos frutos do morangueiro, em dois solos distintos: [Latossolo Vermelho distroférico (LVd); Neossolo Quartzarênico órtico (NQo)]. *Significativo a 5% pelo teste F.

A partir dos dados de teor de Zn nos frutos e massa seca de frutos calculou-se a porcentagem de absorção de Zn pelos frutos do morangueiro. Não foram observadas diferenças estatísticas entre os solos, sendo em média de 1,35% de absorção do Zn do solo pelos frutos. Conforme observa-se na Figura 4 a absorção do Zn do solo diminuiu em função das doses de Zn aplicadas.

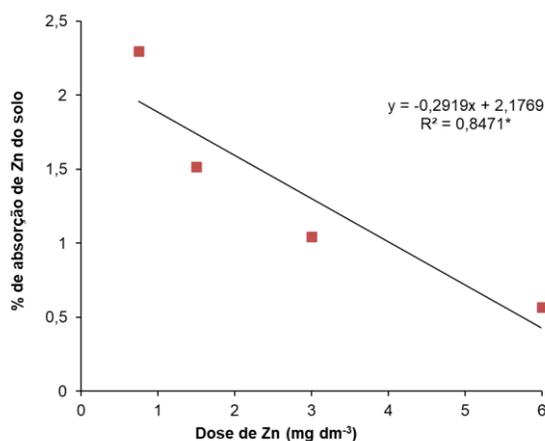


Figura 4. Porcentagem de absorção de Zn pelos frutos do morangueiro em função das doses de Zn. *Significativo a 5%.

Amostras de solos foram retiradas ao final do experimento sendo que estas foram analisadas em relação ao teor de Zn disponível através do extrator Mehlich-I. Observa-se na Figura 5 que os teores de Zn disponível no extrator aumentaram em função das doses de Zn aplicadas ao solo. Os maiores teores de Zn disponível foram encontrados no LVd, possivelmente pela capacidade do extrator, por ser ácido, extrair formas indisponíveis do solo.

Os valores obtidos de zinco disponíveis no solo foram correlacionados com os teores de Zn nos frutos do morangueiro (Figura 6). Observa-se na Figura 6 que se obteve uma boa correlação entre estas variáveis, sendo que para ambos os solos a correlação foi significativa. Desta forma pode-se afirmar que o

extrator Mehlich-I apresenta capacidade em predizer os teores de Zn nos frutos do morangueiro. À medida que aumentou a quantidade de Zn disponível no solo pelo extrator Mehlich - I, até os teores estimados de 30,83 e 15,25 mg dm⁻³, respectivamente para o LVd e NQo, aumentou-se a absorção e translocação para os frutos de morango propiciando o enriquecimento desse nutriente nos frutos, indicando que esse extrator mostrou-se eficiente para predizer o comportamento da planta, em função da alta correlação e sua significância (Figura 2). Pode-se atribuir o efeito desse extrator ao mecanismo de acidificação da região da rizosfera pela planta capaz de solubilizar algumas formas de Zn indisponíveis no solo. De acordo Bar-Yosef et al.(1980) o efluxo de H⁺ na rizosfera de plantas tem melhor eficiência em aumentar a absorção de Zn que a liberação de agentes quelantes pelas raízes, mesmo efeito constatado por Subramanian et al. (2009) ao avaliarem a absorção de Zn por milho micorrizado.

Quando comparado os dois tipos de solos, o mecanismo da planta em acidificar a rizosfera no LVd tem menor eficiência, relativo ao maior ponto de máxima para o teor extraído no solo pelo Mehlich-I e menor teor absorvido pela planta e translocado para o fruto. Possivelmente esse comportamento esteja relacionado aos maiores teores de argila, e por ser solo intemperizado (Latossolo) que contém óxidos de ferro e alumínio, que adsorve esse nutriente com maior energia ligação.

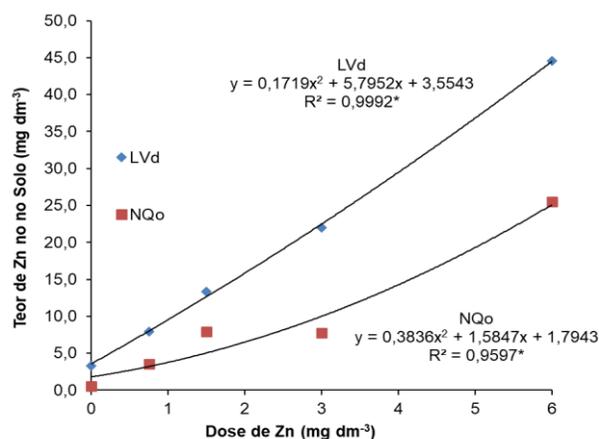


Figura 5. Teor de zinco disponível no solo (Mehlich-I) após adição de doses de Zn em dois solos distintos: [Latosolo Vermelho distroférico (LVd); Neossolo Quartzarênico órtico (NQo)]. *Significativo a 5% pelo teste F.

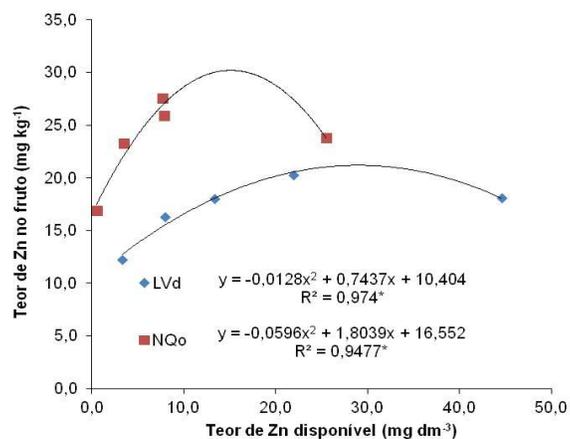


Figura 6. Correlação entre o teor disponível de zinco no solo e o teor de zinco nos frutos do morangueiro, após adição de doses de Zn em dois solos distintos: [Latosolo Vermelho distroférico (LVd); Neossolo Quartzarênico órtico (NQo)]. *Significativo a 5% pelo teste F.

Os teores de Zn nos frutos de morangueiro aumentaram até as doses estimadas de 3,58 e 3,77 mg dm⁻³, correspondendo aos teores máximos de 28,96 e 20,93 mg kg⁻¹, respectivamente, para o NQo e LVd (Figura 3). Segundo Rocha et al. (2008) a ingestão diária recomendada de Zn para suprir as atividades metabólicas do ser humano é de 7 mg diários. Nesse sentido, com os dados obtidos no presente trabalho seriam necessários o consumo de 243 g de frutos produzidos no NQo e de 335 g de frutos produzidos no LVd, ambos os consumos calculados para os maiores teores de Zn encontrados nos frutos nos dois solos.

Os resultados encontrados nesse estudo, são superiores aos relatados por Rocha et al. (2008), que observaram teores na faixa de 12,78 a 16,37 mg kg⁻¹ em três diferentes variedades de morango, e consumo médio em torno de 427 g para suprir as exigências diárias de Zn.

O maior enriquecimento com Zn no NQo está relacionado a menor produção de massa seca de frutos, favorecendo a concentração desse nutriente, e também aos menores teores de matéria orgânica e argila quando comparado ao LVd que proporciona baixa adsorção, com aumento desse nutriente na solução do solo e absorção pelas plantas. De acordo com Nascimento & Fontes (2004) estudando o Zn em Latossolos de Minas Gerais, as características que mais correlacionaram com adsorção desse nutriente são argila e matéria orgânica. Neste sentido o fator adsorção pode ter influenciado nos teores de Zn nos frutos do morangueiro no LVd.

5. CONCLUSÃO

A produção de massa fresca e seca de frutos e teores de Zn nos frutos em ambos os solos aumentaram em função das doses.

O extrator Mehlich-I apresentou uma relação direta entre o teor extraído com os valores obtidos nos frutos do morangueiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, L.E.C. et al. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 222-226, 2010.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2010. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2010. 129 p.

ARZOLLA, J. D. P.; HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E. Nota preliminar sobre a absorção e a translocação do radiozínco. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirós”**, Piracicaba, v. 12/13, p. 113 – 120, 1955/1956.

BAR-YOSEF, B.; FISHMAN, S.; TALPAZ, H. A model of zinc movement to single roots in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 1.272-1.279, 1980.

BASU, A. et al. Strawberry as a functional food: an evidence-based review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, n. 6, p.790-806, 2014.

BERTON, R. S. et al. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.21, p.685-691, 1997.

BORKERT, C. M. Micronutrientes na planta. In: BÜLL, L. T.; ROSOLEM, C. A. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**.

Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p.309-329.

CANTERO, B.B. Estudio sobre el mecanismo de accion del zincum. **Homeopatia Mexico**, v. 525, p. 2-14, 1989.

CARNEIRO, L.F. et al. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1133-1141, 2008 .

COSTA, R.C. da et al. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 98-102, 2011.

CUNHA, R.C.A.; CAMARGO, O.A.de; KINJO, T. Retenção de zinco em solos paulistas. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 291-301, 1994 .

FASCINELI, M.L. Estudo da ação do zinco na teratogenicidade produzida pelo arsênio em camundongos. 2001. 77p. Dissertação (Mestrado em Medicina) - Universidade Estadual Paulista/Unesp, Botucatu, 2001

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GRAHAM, R. D. et al. Nutritious subsistence food systems. **Advances in Agronomy**, v. 92, p. 1-74, 2007.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa-MG, 1999. 359p.

GOYER, R.A. Toxic effects of metals. In: CASSARETT, L.J.; KLAASSEN, C.D.; AMDUR, M.O.; DOULL, J. (Ed.) **Cassarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons**. 5th ed., New York: MacGraw-Hill: 1996. p. 301-31.

HAMBIDGE, M. Human Zinc Deficiency. **The Journal of Nutrition**, v. 130, n. 5, p.1344-1349, 2000.

KING, J.C. Determinants of maternal zinc status during pregnancy. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, p. 1334-1343, 2000.

MADAIL, J.C.M. et al. Avaliação Econômica dos Sistemas de Produção de Morango: Convencional, Integrado e Orgânico. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. (Comunicado Técnico, 181).

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes: uma visão geral. In: FERREIRA, M. E; CRUZ, M.C.P. (Ed) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.1-34.

MALTA, M.R. et al. Efeito da aplicação de zinco via foliar na síntese de triptofano, aminoácidos e proteínas solúveis em mudas de cafeeiro. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 1, p. 31-37, 2002.

MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. London: Elsevier, 2011. 648p.

MARTINEZ, R.A.S. Biofortificação agronômica da soja com selênio. 2013. 113 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

NASCIMENTO, C. W. A.; FONTES, R. L. F. Correlação entre características de latossolos e parâmetros de equações de adsorção de cobre e zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 965-971, 2004.

OLSEN, S. R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Org). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 243-264.

PERSON, O.C.; BOTTI, A.S.; FÉRES, M.C.L.C. Repercussões clínicas da deficiência de zinco em humanos. **Arquivos Médicos do ABC**, v. 31, n. 1, p. 46-52, 2006.

PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; MOURO, M. C. Acúmulo de nutrientes na parte aérea do milho cv. P30K75 em função da aplicação de fontes de zinco via semente. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 82, p. 127-133, 2007.

PRADO, R.M. et al. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de matéria seca do milho brs 1001. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, p. 67-74, 2008.

PRASAD, A.S. Zinc deficiency in women, infants and children. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 15, n. 2, p. 113-120, 1996.

ROCHA, D.A. et al. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 1124-1128, 2008.

SAUER, A.K.; GRABRUCKER, A.M. Zinc deficiency during pregnancy leads to altered microbiome and elevated inflammatory markers in mice. **Frontiers in neuroscience**, v. 13, p. 1295, 2019. doi:10.3389/fnins.2019.01295

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, L.S.V.et al. Micronutrientes na gestação e lactação. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 7, n. 3, 237-244, 2007.

SUBRAMANIAN, K.S. et al. Biochemical changes and zinc fraction in arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) inoculated and uninoculated soils under differential zinc fertilization. **Applied Ecology**, v. 43, p. 32-39, 2009.

VENDRAME, P.R.S. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 859-864, 2007.

WALLNÖFER, P.R.; ENGELHARDT, G. Schadstoffeausdem Boden. In: HOCK, B.; ELSTNER E.F. (Ed.) *Schadwirkungen auf Pflanzen Spektrum*. Berlin, 1995. p. 118-140.

WEBB, M.J.; LONERAGAN, J.F. Effect of zinc deficiency on growth, phosphorus concentration, and phosphorus toxicity of wheat plants. **Soil Science Society American Journal**, v. 52, p. 1676-1680, 1988.

WELCH, R.M. Micronutrients, agriculture and nutrition: linkages for improved health and well being. In: SINGH, K.; MORI, S.; WELCH, R. M. (Ed.). **Perspectives on the micronutrient nutrition of crops**. Jodhpur: Scientific Publishers, 2001. p. 247-289.

WOOD, R.J. Assessment of marginal zinc status in humans. *The Journal of Nutrition*. 2000; 130(Suppl):1350-4.