



Germinação de sementes de tomateiro tratadas com fontes de ferro e zinco para biofortificação agrônômica

Germination of tomato plants treated with iron and zinc sources for agronomic biofortification

K. S. Guirra^{1*}; J. E. S. B. Silva¹; G. C. S. B. Silva²; B. F. Dantas³; C. A. Aragão¹

¹Programa de Pós-graduação em Horticultura Irrigada, Universidade do Estado da Bahia, 48900-000, Juazeiro-BA, Brasil.

²Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Universidade do Estado da Bahia, 48900-000, Juazeiro-BA, Brasil.

³Laboratório de Análises de Sementes, Embrapa Semiárido, 56302-970, Petrolina-PE, Brasil.

*ks_guirra@live.com

(Recebido em 11 de julho de 2015; aceito em 06 de outubro de 2015)

O tomateiro é uma cultura muito exigente em nutrientes e possui destaque econômico em todo o mundo. No Brasil, alguns tipos de solos são deficitários em micronutrientes. Além do mais, pessoas de várias regiões do mundo têm sofrido devido aos elevados índices de desnutrição e anemia promovidos pela deficiência de ferro e zinco. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de tomate submetidas às fontes de ferro e zinco, utilizando técnicas de biofortificação agrônômica. O experimento foi realizado na Universidade do Estado da Bahia (UNEB), em Juazeiro-BA. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de 9 tratamentos e 4 repetições de 25 sementes. Para o tratamento de sementes considerou-se uma produção média de 90 ton ha⁻¹ e um espaçamento de 1,2 x 0,8 m entre plantas. Utilizaram-se como fonte dos nutrientes Sulfato de Ferro e o Sulfato de Zinco. Os tratamentos foram constituídos de 0, 5, 10, 15 e 20% de Zn e 0, 5, 10, 15 e 20% de Fe extraídos pela cultura até a colheita. As características avaliadas foram porcentagem e cinética de germinação, além da coleta de cinco plântulas para determinação do comprimento da parte aérea e raiz, massa fresca e seca da plântula. Os resultados apontam que o incremento de dosagens de Fe e Zn nas sementes não se mostrou positivo, reduzindo a germinação e não proporcionando um desenvolvimento de plântulas.

Palavras chave: *Solanum lycopersicum* L., Nutrição vegetal, Micronutrientes.

The tomato is a very demanding culture nutrients and economic has highlighted all over the world. In Brazil, some types of soils are deficient in micronutrients. In addition, iron deficiency and zinc has promoted high levels of malnutrition and anemia in people from various regions of the world. Therefore, the aim of this study was to evaluate the germination of seeds and development of tomato seedlings subjected to iron and zinc sources, using techniques of agronomic biofortification. The experiment was conducted at the University of Bahia (UNEB) in Juazeiro-BA. The design was completely randomized, consisting of 9 treatments and 4 repetitions of 25 seeds. For seed treatment was considered an average production of 90 ton ha⁻¹ and a spacing of 1.2 x 0.8 m between plants. They were used as a source of nutrients iron sulphate and zinc sulphate. The treatments were 0, 5, 10, 15 and 20% of Zn and 0, 5, 10, 15 and 20% Fe extracted by the crop until harvest. The characteristics were germination percentage and kinetics, as well as collecting five seedlings to determine the length of shoot and root, fresh and dry seedling. The results show that the increase of Fe and Zn doses in the seeds was not positive, reducing the germination and not providing a seedling development.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., Plant nutrition, Micronutrients.

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é a segunda hortaliça que mais se destaca no cenário econômico mundial, e não poderia ser diferente, já que é largamente utilizado na culinária, tanto “in natura” quanto na forma processada [1]. É considerada uma das hortaliças mais exigentes em termos nutricionais [2].

No Brasil, solos sob vegetação de cerrado e solos arenosos são especialmente deficientes em zinco [3], micronutriente que na cultura do tomateiro está relacionado ao metabolismo de carboidratos, proteínas, fosfatos e auxinas. Outro importante micronutriente é o ferro, que além

de ligado à nutrição humana, age como ativador enzimático, atua na síntese de clorofila e dos citocromos, influencia à respiração, fotossíntese e fixação do nitrogênio.

A restrição de ferro e zinco ocasionam deficiências nutricionais em países em desenvolvimento [4]. A deficiência de ferro quando severa leva a anemia ferropriva, que está associada com aumento do risco de mortalidade materna e perinatal, e sérios danos funcionais, além da diminuição do desenvolvimento humano [5].

Para suprir essas deficiências muitos países vêm adotando políticas públicas como programas de fortificação dos alimentos e/ou suplementação medicamentosa, além da biofortificação de algumas culturas (arroz, feijão, batata doce, milho, trigo, abóbora e mandioca), que consiste em uma técnica utilizada através do melhoramento genético de plantas, com intuito de selecionar cultivares mais ricas em vitaminas e minerais, ou a partir de tratamentos agrícolas, maximizar o teor desses elementos no tecido vegetal [6] [7].

A biofortificação agrônômica surge como uma proposta complementar as ações em andamento, permitindo a criação de uma interface entre a nutrição de plantas e a nutrição humana. Portanto, é imprescindível a adoção de práticas agrônômicas adequadas, como a aplicação de doses satisfatórias de nutrientes no solo, que podem tanto aumentar a produtividade como agregar maior valor nutritivo às plantas [8].

Assim, a adubação equilibrada é um importante fator para uma produção de qualidade, a qual deve ser feita considerando não só a deficiência dos macronutrientes, mas também buscando suprir a carência dos micronutrientes. Este tipo de adubação, que até pouco tempo não era considerada pelos agricultores, necessita de estudos mais precisos sobre o melhor método de aplicação e a quantidade a ser aplicada, uma vez que a diferença entre a dosagem recomendada é pequena quando comparada à considerada tóxica [9]. Portanto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de tomate submetidas ao tratamento com ferro e zinco, visando a biofortificação agrônômica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Olericultura da instituição no período de agosto a outubro de 2013, na Universidade do Estado da Bahia (UNEB), em Juazeiro-BA. Para o tratamento das sementes considerou-se uma produção média de 90 ton ha⁻¹ e um espaçamento de 1,2 x 0,8 m entre plantas. Os fertilizantes utilizados como fonte dos nutrientes foram o Sulfato de Ferro (20% de Fe) e o Sulfato de Zinco (20% de Zn).

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, constituído de nove tratamentos e quatro repetições de vinte e cinco sementes. Os tratamentos foram constituídos de 0% (testemunha), 5, 10, 15 e 20% de Zn e 5, 10, 15 e 20% de Fe da concentração referência que é extraída pela cultura desde a semeadura até a colheita, o que representa a dosagem de 9,552; 19,105; 28,657 e 38,210 g de sulfato de ferro 1000 sementes⁻¹ e 2,064; 4,128; 6,192 e 8,256 g de sulfato de zinco 1000 sementes⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1. Esquema de tratamentos e concentrações de ferro (Fe) e zinco (Zn) que as sementes de tomate da cultivar TYNA foram submetidas. Juazeiro-BA, 2013.

Tratamentos								
T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Testemunha	5% Fe	10% Fe	15% Fe	20% Fe	5% Zn	10% Zn	15% Zn	20% Zn

As sementes do híbrido Tyna foram tratadas em soluções de 10 mL de água destilada com as respectivas concentrações de sais por 1 hora e 10 minutos, que foi o tempo suficiente para formação de mucilagem que proporcionava melhor aderência dos sais às sementes. Avaliou-se também a condutividade elétrica (CE) das soluções de concentração mínima e máxima. Posteriormente, realizou-se a semeadura sobre papel mata-borrão, umedecido com água destilada, utilizando a proporção 2,5 vezes o peso do papel, dispostos em caixas tipo Gerbox. As caixas foram levadas à B.O.D. com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$, com fotoperíodo de 12 horas [10].

A primeira contagem foi realizada aos sete dias da semeadura, em seguida houve contagens diárias de plântulas normais. Aos catorze dias após a semeadura, avaliou-se a porcentagem de germinação (G%); Índice de velocidade germinação (IVG); velocidade média de germinação (VMG); além da coleta de cinco plântulas para determinação do comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR), a partir do auxílio de uma régua milimetrada e para massa fresca (MFP) as plântulas foram pesadas em balança de precisão. Em seguidas, as plântulas foram colocadas em saco de papel para secar em estufa $\pm 65^\circ\text{C}$ até adquirem peso constante e depois pesadas em balança de precisão para obtenção de massa seca (MSP).

Os dados foram submetidos às análises de variância ($f \leq 0,05$) e de regressão, utilizando-se o programa ASSISTAT [11].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Figura 1 (a, b, c, d, e f) que a imposição das doses de Ferro (Fe) e zinco (Zn) nas sementes de tomate, promoveram quedas lineares para germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG) e velocidade média de germinação (VMG). Uma provável explicação para o ocorrido talvez seja pelo efeito tóxico de elevadas dosagens dos nutrientes.

Para a germinação, a aplicação na proporção de 20% Fe promoveu uma diminuição na ordem de 52,8 % em relação ao controle; enquanto que, no tratamento com zinco a redução foi de 67,4%. Quando as sementes foram tratadas com 5% de ferro ou 5% de zinco, houve aumento em torno de 10% com o primeiro fertilizante e uma redução de 40,4% de plântulas normais no segundo. Como nas sementes, a maior parte do Zn é encontrada em corpos proteicos, principalmente na forma de sais de ácido fítico, que no processo de germinação são rapidamente hidrolisados e disponibilizados às plântulas [12], maiores concentrações de Zn podem causar toxicidade às plântulas.

A utilização de soluções de Fe para a germinação de sementes de girassol não foram prejudiciais à porcentagem de germinação, pois os pesquisadores verificaram que o índice atendeu ao padrão mínimo de 75% estabelecido para a sua comercialização [13]. Entretanto, a utilização de doses maiores de Fe, nesse experimento, não apresentaram resultados semelhantes, já que, o ferro em excesso pode causar toxidez, pois é participante ativo da respiração celular [14].

Na avaliação do índice de velocidade de germinação a proporção de ferro a 20% causou uma redução de 37,0% em relação ao controle. Enquanto que no tratamento com zinco a redução foi de 76,0%. Quando as sementes foram tratadas com 5% de ferro ou 5% de zinco, houve queda em torno de 7,0 % e 53,0 % de plântulas normais, respectivamente. O IVG se manteve constante nas diferentes dosagens de Fe fornecidas ao girassol, indicando uma boa tolerância desta cultura à presença crescente desse elemento [13].

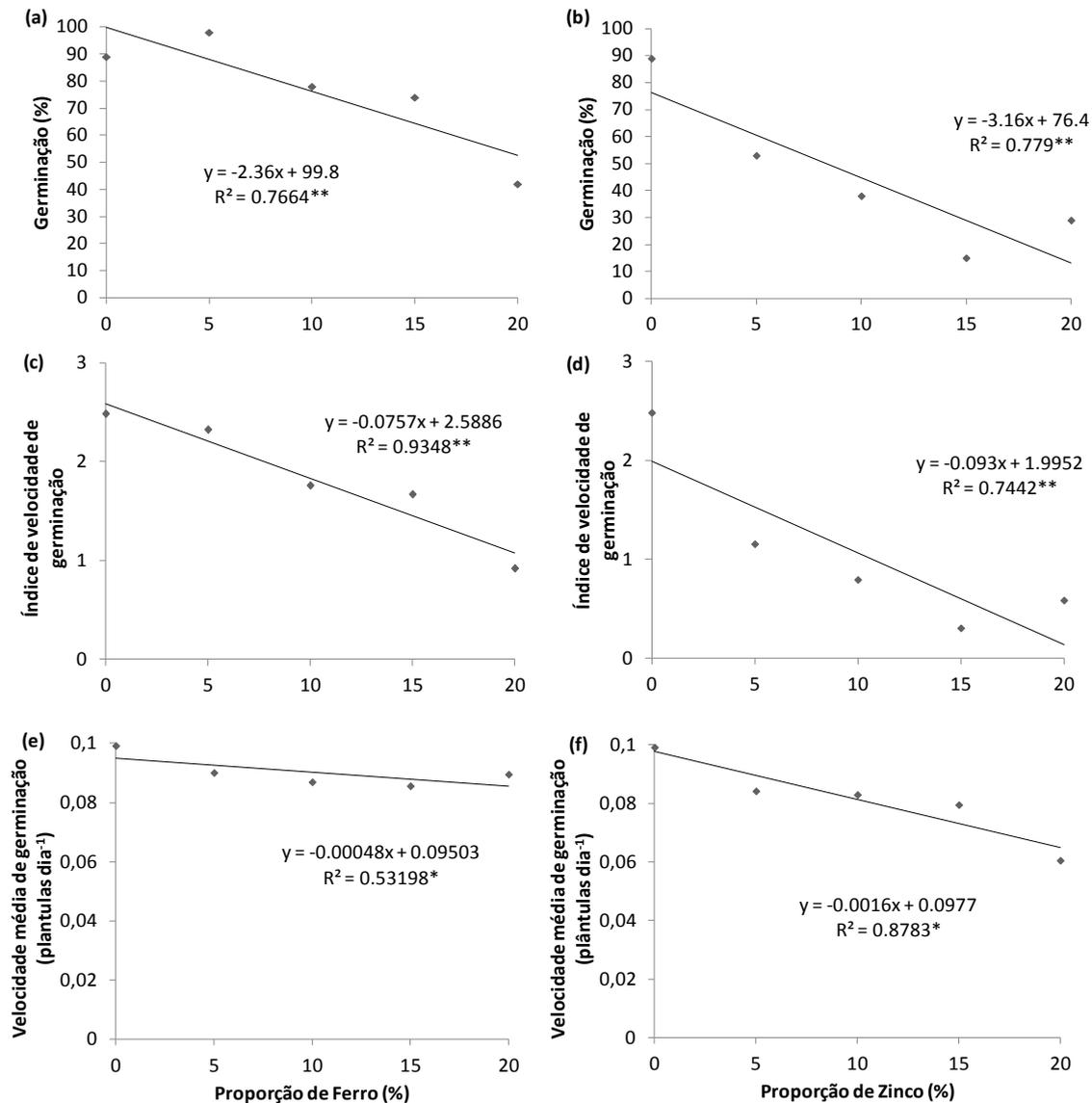


Figura 1. a, b -Germinação (%), c, d -Índice de velocidade de germinação (IVG), e, f -Velocidade média de germinação (VMG) de sementes de tomate da cultivar TYNA, submetidas a tratamentos com diferentes doses de ferro (Fe) e zinco (Zn). Juazeiro-BA, 2013.

Notou-se, ainda, no presente estudo, que no sistema radicular as plântulas apresentavam deformações e uma cor amarronzada na coifa, com o aspecto de queima. Provavelmente por essa razão, as sementes tratadas com Fe não promoveram o desenvolvimento de plântulas normais, comprovando o efeito tóxico das dosagens utilizadas. Implicações semelhantes foram observadas em sementes de girassol tratadas com Fe, em que houve uma redução da porcentagem de plântulas normais, crescimento e biomassa [13].

Para avaliar a possibilidade de danos causados pela salinidade das soluções, analisou-se a condutividade elétrica da concentração, em que se registrou a condutividade máxima e mínima dos fertilizantes. Os resultados encontrados não apontaram salinidade da solução (Tabela 2). Por isso, devem-se considerar os efeitos tóxicos dos sais, já que o método utilizado para avaliar a germinação em caixas de gerbox com papel mata-borrão impossibilita as interações existentes quando estas estão no solo ou substrato.

Tabela 2. Condutividade elétrica que as sementes de tomate da cultivar TYNA, foram submetidas quando tratadas com as dosagens de 5 e 20% de sulfato de ferro e 5 e 20% sulfato de zinco. Juazeiro-BA, 2013.

Tratamentos		Experimento I
Sulfato	(%)	C.E. (dS m ⁻¹)
Ferro	5	0,216
	20	0,443
Zinco	5	0,064
	20	0,183

Possivelmente, também ocorreu toxidez de Zn nas sementes tratadas com esse elemento, pois se observou uma redução do crescimento e conseqüentemente, menor acúmulo de massa fresca e seca de plântulas (Figura 2). Resultados parecidos foram encontrados por Rezende et al. (2009) [12] trabalhando com plântulas de melancia, que aumentando a concentração de Zn via sementes até 1,52 g de Zn kg⁻¹ de sementes, observaram uma maior redução no comprimento da parte aérea e raízes de plântulas.

Por outro lado, a aplicação de zinco em sementes de arroz irrigado elevou em 9,3% o comprimento da parte aérea e 5,1% o comprimento das raízes, em relação à testemunha [15]. Da mesma forma, sementes de trigo submetidas ao tratamento com zinco, apresentaram comprimento da parte aérea de plântulas 26,5% superior em relação à testemunha quando utilizaram a dose de 1,04 g de Zn kg⁻¹ de sementes [16]. No entanto, a aplicação de Zn em sementes de sorgo não afetou o acúmulo de massa seca da parte aérea, todavia, diminuiu a germinação e o acúmulo de matéria seca das raízes [9].

Outros estudos apontam para a possibilidade de toxicidade dos elementos no processo de germinação. O selênio, por exemplo, quando foi usado no tratamento de sementes de alface (*Lactuca sativa* L. cv *Philipus*), provocou a diminuição do tamanho das plantas à medida que houve o incremento desse nutriente via semente. Essa toxidez indicada pelo experimento é causada pela rápida absorção do elemento, que afeta o processo de assimilação e incorporação das proteínas [17].

Assim sendo, a aplicação de Fe e Zn, independente da dose utilizada nesse experimento, afetou a germinação das sementes de tomate. Talvez em condições de cultivo no solo os efeitos prejudiciais poderiam ter sido amenizados pelos mecanismos de adsorção e precipitação desses elementos [18].

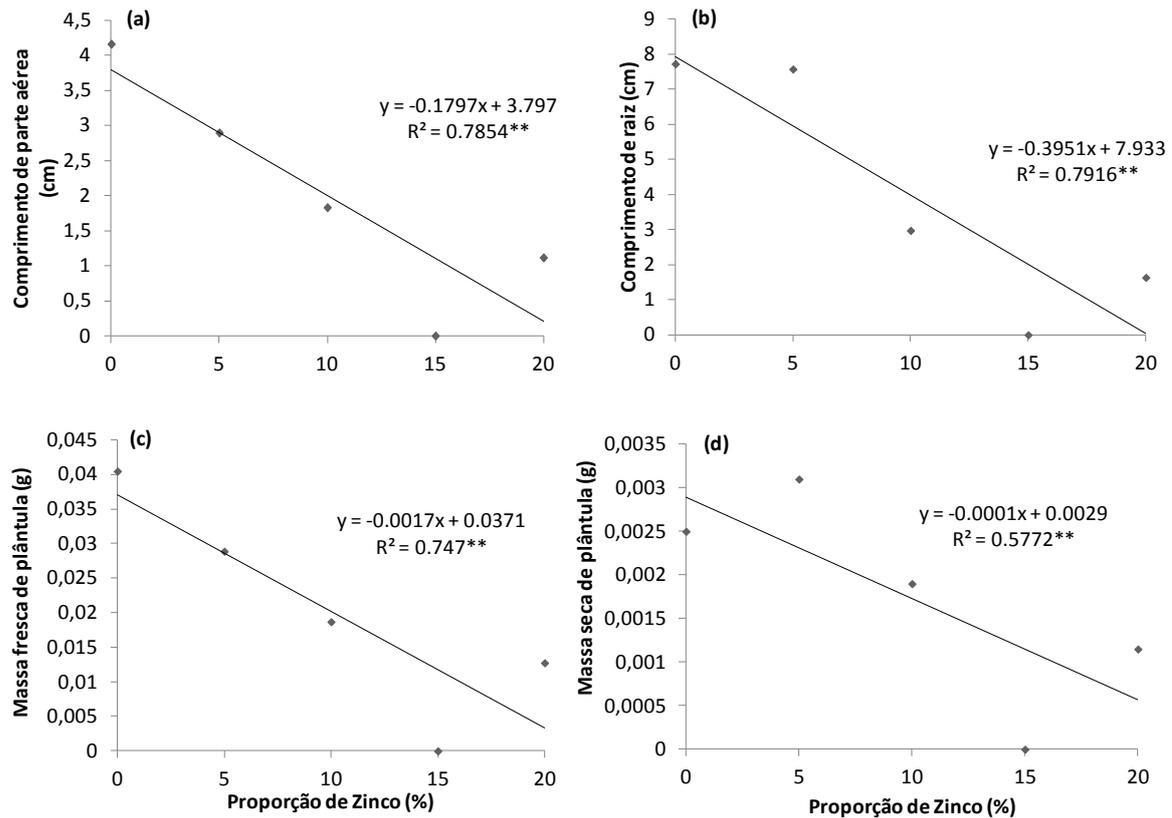


Figura 2. Comprimento parte aérea (a) e Raízes (b), Massa fresca (c), Massa seca (d) de sementes de tomate da cultivar TYNA, submetidas a tratamentos com diferentes doses de ferro (Fe) e zinco (Zn). Juazeiro-BA, 2013.

A reserva de Fe e Zn nos tecidos das sementes é suficiente para o desenvolvimento inicial das plântulas e doses extras desses elementos podem ser tóxicas. Entretanto, Batista et al. (2005) [19] após peletizarem sementes de brócolos com sulfato de zinco (250 mg kg^{-1} de semente), encontraram resultados positivos na qualidade inicial e potencial de produção da cultura.

Portanto, os resultados apontam que o incremento de dosagens de Fe e Zn nas sementes não se mostrou positivo, reduzindo a germinação e não proporcionando um desenvolvimento de plântulas, enquanto as sementes sem tratamento demonstraram os melhores resultados.

Entretanto, estabelecida à necessidade de aplicação desses micronutrientes com intuito de produzir alimentos funcionais e maximizar o uso desses insumos, deve-se atentar para os métodos que seriam mais apropriados ao tratamento de sementes, pois a eficiência das diversas técnicas é inerente a fatores variados [12]; além de ser imprescindível a análise do tecido vegetal para verificar o bioacúmulo desses micronutrientes nas sementes e seus possíveis traços após a colheita.

4. CONCLUSÃO

A utilização de sulfatos de Fe e Zn, nas dosagens utilizadas, no tratamento de sementes de tomateiro foi tóxica, prejudicando a germinação e o desenvolvimento de plântulas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zafalon GP, Marouelli WA, Lapidus GA, Lage DA, Filho ACC. Progresso temporal de murcha de fusário em tomateiro irrigado com diferentes tensões-limite de água no solo. In Embrapa Hortaliças- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 46.; Reunião Brasileira de Controle Biológico, 11., 2013, Ouro Preto. Expofito. Ouro Preto: UFV, 2013.

2. Alvarenga MAR. Tomate: produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA; 2004. 400 p.
3. Ohse S, Santos OSD, Menezes NL, Schmidt D. Efeito de fontes e doses de zinco sobre a germinação e o vigor de sementes de arroz irrigado. *Revista Brasileira de Sementes* 1997 vol. 19 (2): 369-73.
4. Berdejo BDA. Biofortificação: estratégias e avanços. Programa de pós-graduação em genética e melhoramento de plantas. 2008. Disponível em: "<http://www.genetica.esalq.usp.br/semina.php>"php. Acesso às 00h e 14min dia 04.02.13.
5. Aguiar MAS, Ferreira CMMC, Martins GL, Cunha JM, Campos RA, Cabral NAL. Relação entre fatores alimentares e anemia ferropriva em crianças: investigações conduzidas no Brasil. *Revista Sapiencia* 2012 Ago; 4 ed. (3).
6. Nutti MR. A biofortificação como ferramenta para combate a deficiências em micronutrientes. Workshop Internacional de Biologia Médica. EMBRAPA Agroindústria de Alimentos. Rio de Janeiro, 3 de Junho de 2005.
7. Rocha DGCM, Guilherme PD, Nascimento K, Barbosa Jr JL, Barbosa MIMJ. Fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) orgânica: estudo da potencialidade para biofortificação de produtos da merenda escolar. Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/Ce – 12 a 16.12.2011.
8. Guimaraes CM, Stone LF, Bassinello PZ, Silva ACL, Borges LL. Biofortificação Via Aplicação de Ferro no Solo: Respostas de Genótipos de Feijoeiro. In: Reunião de Biofortificação no Brasil, 4, 2011.
9. Yagi R, Simili FF, Araújo JCD, Prado RDM, Sanchez SV, Ribeiro CER, Barretto VCDM. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2006 41(4): 655-60.
10. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília; 2009. 398 p.
11. Silva FAS. Sistema de Assistência Estatística-ASSISTAT versão 7.7 beta. 2014.
12. Rezende BLA, Ohse S, Lisik D, Otto RF. Germinação e vigor de sementes de melancia ‘Crimson sweet’ tratadas com zinco. *Horticultura Brasileira* 2009 Ago; 27(2) (suplemento - CD Rom).
13. Souza OS, Rigo MM, Cerqueira AA, Ferreira AC, Marques MR, Perez DV. Efeito de diferentes dosagens de Fe³⁺ na germinação do girassol. *Revista Internacional de Ciências* 2013 Dez; 3 (2).
14. Prado RM, Vara EA. Influência de formas de nitrogênio e do pH na correção da deficiência de ferro no girassol. *Rev. de Ciências Agrárias* [online] 2011. 34 (1): 212-19.
15. Ohse S, Marodim V, Santos OS, Lopes SJ, Manfron PA. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com Zinco, Boro e Cobre. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia* 2001. 7/8 (1): 41-50.
16. Ohse S, Cubis JG, Rezende BLA, Cortez MG, Otto RF. Vigor e viabilidade de sementes de trigo tratadas com zinco. *Biotemas* 2012. 25(4): 49-58.
17. Ríos JJ, Blasco B, Cervilla LM, Rubio-Wilhelmi MM, Ruiz JM, Romero L. Regulation of sulphur assimilation in lettuce plants in the presence of selenium. *Plant Growth Regulation* 2008, 56(1): 43-51.
18. Abreu MF, Abreu CA, Andrade JC. Determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês, zinco, níquel, cádmio, cromo e chumbo em ácido nítrico usando métodos de US-EPA. In: Raij B van, Andrade JC, Cantarella H, Quaggio JA. eds. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2001. p.151-61.
19. Batista JA, Tanada-Palmu OS, Passos FA, Trani PE, Grosso CR. Vigor de sementes de brócolos submetidas a coberturas biodegradáveis e micronutrientes. *Horticultura Brasileira* 2005 Brasília; 23 (3): 841-5.