

**DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE
SELÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E
NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA
SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill].**

ROBERTO ANTONIO SAVELLI MARTINEZ

2007

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

Martinez, Roberto Antonio Savelli.

Doses e formas de aplicação de Selênio na produtividade de grãos e nas características agronômicas da soja [*Glycine max (L.) Merrill*]. / Roberto Antonio Savelli Martinez. -- Lavras : UFLA, 2007.

44 p. : il.

Orientador: Pedro Milanez de Rezende.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Soja. 2. Selênio. 3. Fitotoxidez. 4. Adubação foliar. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.34

ROBERTO ANTONIO SAVELLI MARTINEZ

**DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE SELÊNIO NA
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E NAS
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA SOJA
[*Glycine max (L.) Merrill*].**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do programa de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007**

ROBERTO ANTONIO SAVELLI MARTINEZ

**DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE SELÊNIO NA
PRODUTIVIDADE E NAS CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS DA SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill]**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do programa de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA EM 12 julho de 2007

Prof.Dr. Luiz Antônio de Bastos Andrade –UFLA

Prof.Dr. Élberis Pereira Botrel -UFLA

Pesq. Moizes de Sousa Reis -EPAMIG

**Prof. Dr Pedro Milanez de Rezende
(Orientador) UFLA**

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado a vida, as forças necessárias para ter chegado até aqui, por ter-me dado o ser a existência, a minha esposa e filha.

A minha Patrícia que tanto tem sofrido ao meu lado e que me tem apoiado em todos os momentos difíceis da vida juntos.

A minha florzinha Larissa que com sua chegada preencheu todos os espaços do meu coração e da minha alma.

Aos meus sogros, que sem o apoio deles não poderia ter dado mais esse passo de vida.

A meu pai que está ao lado de Deus neste momento.

A minha mãe que tanto amor, apoio e carinho sempre me deu.

A minha irmã e cunhados sempre do meu lado.

Ao professor Pedro, professor Beterchini e professor Telde meus orientadores.

Meus companheiros de trabalho no campo e na faculdade, Nil Zamunér, Gabriel (Gonço), Eudes, Alexandre, (Baiano), Renato e todos aqueles que de alguma forma contribuíram com a conclusão deste trabalho.

Aos professores que dividiram parte dos seus conhecimentos comigo.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1:

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Ocorrência, disponibilidade, fontes e funções do selênio	3
2.2 Adubação com selênio.....	5
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	09
3.1 Área experimental	09
3.2 Inoculação das sementes de soja	10
3.3 Delineamento experimental e tratamentos	10
3.4 Montagem e condução do experimento.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 Altura da planta (ALTPLAN) e altura do primeiro legume (ALTLEG).....	13
4.2 Produtividade (PROD), número de legumes por planta (NLPLAN), e acamamento.....	16
4.3 Número de sementes por legume (NSEMLEG) e peso de 100 sementes (PCS).....	18
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS	20
6 CONCLUSÕES.....	20
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

CAPÍTULO 2: Selênio na cultura da soja [Glycine max (L.) Merrill] cv. Luziânia. Formas e doses de aplicação.

1 RESUMO	25
2 ABSTRACT	26
3 INTRODUÇÃO.....	27
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1 Área experimental	29
4.2 Inoculação das sementes de soja	30
4.3 Delineamento experimental.....	31
4.4 Montagem e condução do experimento.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Altura da planta (ALTPLAN) e altura do primeiro legume (ALTLEG)	33
5.2 Produtividade (PROD) e número de legumes por planta (NLPLAN). 38	
5.3 Número de sementes por legume (NSEMLEG) e peso de 100 sementes (PCS).....	39
6 CONCLUSÕES.....	41
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1. Características químicas do solo amostrado da área experimental 10

TABELA 2. Resumo das análises de variância dos dados relativos a altura de plantas (ALTPLAN), altura de inserção do primeiro legume (ALTLEG), número de legumes por planta (NLPLAN), número de sementes por legume (NSEMLEG), produtividade de grãos (PROD), peso de 100 sementes (PCS), obtidas no experimento doses e formas de aplicação de selênio. Itutinga – MG 2005/2006 .. 13

TABELA 3 Resultados médios em centímetros da altura das plantas de soja, cv. Conquista (ALTPLAN) e da inserção do 1º legume (ALTLEG) obtidas no experimento doses e formas de aplicação de selênio. Itutinga MG, 2005/2006..... 14

TABELA 4 Resultados médios em kg ha⁻¹ da produtividade de grãos (PROD) de soja, cv. Conquista das plantas e do número de legumes por planta (NLPLAN) obtidos no experimento doses e formas de aplicação de selênio. Itutinga - MG, 2005/2006..... 17

TABELA 5. Número de sementes por legume (NSLEG) e peso de 100 sementes (PCS) em gramas de plantas de soja cv. Conquista em função das formas de aplicação de selênio, solo, foliar e solo + foliar. Itutinga - MG, 2005/2006..... 18

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Página

TABELA 1. Características químicas do solo amostrado da área experimental 30

TABELA 2. Resumo das análises de variância dos dados relativos a altura de plantas (ALTPLAN), altura ou inserção do primeiro legume (ALTLEG), número de legumes por planta (NLPLAN), número de sementes por legume (NSEMLEG), produtividade (PROD), peso de 100 sementes (PCS), obtidas no experimento doses e formas de aplicação de selênio. Itutinga -MG -2005/2006 33

TABELA 3. Resultados médios da altura das plantas e da inserção do 1º legume obtidas no experimento doses e formas de aplicação de selênio. Itutinga - MG, 2005/2006 34

TABELA 4. Resultados médios da produtividade das plantas e do número de legumes por planta obtidos no experimento doses e formas de aplicação de selênio. Itutinga - MG, 2005/2006..... 40

TABELA 5. Resultados médios do número de sementes por legume e peso de 100 sementes obtidos no experimento doses e formas de aplicação; Itutinga - MG, 2006..... 39

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 - Plantas de soja cv. Conquista mostrando o efeito da aplicação de 0.5 kg ha ⁻¹ de selênio via foliar	15
FIGURA 2 - Plantas de soja cv. Conquista mostrando o efeito da aplicação 1 kg ha ⁻¹ de Selênio via foliar.....	15
FIGURA 3 - Plantas de soja cv. Conquista mostrando o efeito da aplicação de 2 kg ha ⁻¹ de selênio com o tratamento solo + foliar.....	15
FIGURA 4 - Plantas de soja cv. Conquista mostrando o efeito de aplicação de 2kg ha ⁻¹ de selênio via foliar	15
FIGURA 5 – Plantas de soja cv. Conquista sem a presença de fitotoxidez aparente. Aplicação de 2 kg ha ⁻¹ de selênio via solo.	15

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Página

- FIGURA 1. Variação das alturas ALTPLAN (em centímetros) das plantas de soja da cultivar Luziânia em função das doses de aplicação de selênio em kg ha^{-1} - Itutinga-MG -2007 35
- FIGURA 2. Plantas de soja da cultivar Luziânia mostrando o efeito de adubação com selênio $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ via foliar..... 36
- FIGURA 3. Plantas de soja da cultivar Luziânia mostrando o efeito de adubação com selênio 2 kg ha^{-1} via foliar 36
- FIGURA 4. Plantas de soja da cultivar Luziânia mostrando o efeito da adubação com selênio 2 kg ha^{-1} solo + foliar 36
- FIGURA 5. Variação da altura do primeiro legume (ALTLEG) em centímetros de acordo com as doses de selênio em kg ha^{-1} aplicados na forma foliar em plantas de soja da cultivar Luziânia..... 37
- FIGURA. 6. Variação do peso de 100 sementes (PCS) em gramas em função das doses de aplicação de selênio via foliar em plantas de soja da cultivar Luziânia..... 40

CAPITULO 1

RESUMO

MARTINEZ, Roberto Antonio Savelli. Doses e formas de aplicação de selênio na produtividade de grãos e nas características agronômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] cv. Conquista. In: _____. **Doses e formas de aplicação de selênio na produtividade de grãos e nas características agronômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]**. 2007. Cap. 1, p. 01-24. Dissertação (Mestrado em Agronomia. Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Conduziu-se um experimento objetivando determinar os efeitos de doses e formas de aplicação de selênio (selenito de sódio) na produtividade e características agronômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] cv. Conquista. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial 4x3 +1 compreendendo, 4 doses de selênio (0,5; 1,0; 1,5; 2,0kg ha⁻¹) três formas de aplicação (solo, foliar e solo + foliar) mais uma testemunha sem adubação; no tratamento solo + foliar aplicou-se a metade de cada dose em cada oportunidade. A aplicação do selênio no solo foi feita na semeadura, em mistura com os macronutrientes, e a aplicação foliar foi realizada no estágio V8 da cultura. As parcelas foram constituídas de 4 linhas com 5 metros de comprimento, espaçadas em 50 centímetros, com uma densidade de 12 plantas por metro linear. Foram estudadas as seguintes características: Altura da planta, altura de primeiro legume e a produtividade, que foram determinadas nas 2 fileiras centrais úteis, o número de legumes por planta tomando-se 10 plantas das fileiras úteis aleatoriamente, assim como o número de sementes por legume o peso de 100 sementes e o grau de acamamento. A aplicação exclusivamente via foliar de selênio influenciou negativamente a altura da planta, altura do primeiro legume, número de sementes por legume e a produtividade da cultura da soja, cultivar conquista com efeitos fitotóxicos na planta, independentemente das doses empregadas.

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende – UFLA (Orientador), (Co-orientador) Prof. Dr. Telde Natel Custódio – UFLA e Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini – UFLA, Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga -UFLA

ABSTRACT

MARTINEZ, Roberto Antonio Savelli. Doses and forms of application of selenium on grain yield and agronomic characteristics of soybean [Glycine max (L.) Merrill] cv. Conquista. In: _____. **Doses and forms of application of selenium on grain yield and agronomic characteristics of soybean [Glycine max (L.) Merrill]**. 2007. Chap. p.01-24. Dissertation (Master in Agronomy. Crop Science)-Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

An experiment was conducted aiming to determine the effects of doses and forms of application of selenium (sodium selenite) on yield and agronomic characteristics of soybean [Glycine max (L.) Merrill] cv. Conquista. An experimental design in randomized blocks with a factorial scheme $4 \times 3 + (1)$ comprehending 4 doses of selenium (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 kg ha⁻¹), three forms of application (soil, foliar and soil + foliar) plus one control without any fertilization; in the treatment soil + foliar, the half of each dose was applied at each opportunity. Selenium application in the soil was done at sowing in mixture with the macronutrients and foliar application was performed at V8 stage of the crop. The plots were made up of 4 rows 5 meters long, spaced 50 centimeters with a density of 12 plants per linear meter. The following characteristics were investigated: plant height, height of the first legume and yield, which were determined at the two useful central rows, the number of pod per plant by taking 10 plants from the useful rows randomly as well as the number of seeds per legume, the weight of 100 seeds and the extent of lodging. The application of selenium exclusively via foliar influenced negatively plant height, height of the first legume, number of seeds per legume and yield of the soybean crop, cultivar Conquista with phytotoxic effects on the plant, regardless of the doses utilized.

* Guidance Committee: Professor. Dr. Pedro Milanez de Rezende (Adviser), (Co-adviser) Professor. Dr. Telde Natel Custodio – UFLA, Professor Dr. Antônio Gilberto Bertechini – UFLA, Professor Dr. Amauri Alves de Alvarenga – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas recentes nas áreas de medicina nutricional e alimentação de humanos e animais têm dado ao elemento selênio (Se) um lugar de destaque. Esse elemento faz parte de uma série de reações químicas e possui propriedades biológicas e metabólicas importantes que encontram-se destacadas mundialmente.

Os teores de Se nas plantas, animais e seres humanos, numa determinada região, estão diretamente relacionados com o conteúdo desse elemento presente no solo, que por sua vez está relacionado com a pedologia, gênese e localização, nas áreas de cultivo e pastagem (Anderson et al., 1961). Nas plantas, o selênio apresenta propriedades químicas semelhantes com as do enxofre, estando presente em aminoácidos sulfurados como selenometionina e selenocisteína. As plantas apresentam capacidades diferenciadas de absorção e acumulação de Se do solo onde esse elemento é encontrado principalmente como selenato e selenito, embora possam existir, também, selênio elementar, seleneto e formas orgânicas de selênio (Kabata-Pendias & Pendias, 1999).

Estudos indicam a necessidade da suplementação dos fertilizantes com selênio desde 1984. Em 1998, o Ministério de Agricultura e Florestas Finlandês aumentou o nível de suplementação de selênio nos fertilizantes devido à baixa concentração deste micronutriente no solo, nos fertilizantes e nos alimentos (Euroala et al., 2003).

Esse elemento é essencial para o homem e seu estudo é de grande interesse devido suas propriedades antioxidantes e anticancerígenas. A prevenção de certas doenças como câncer, formação de anticorpos como resposta a vacinas, controle do metabolismo de hormônios, influencia no desempenho reprodutivo, algumas anomalias morfológicas, doenças cardiovasculares, entre outros fatores, muitas vezes está relacionada com as

doses de selênio presentes nos alimentos consumidos. No entanto, esse elemento apresenta um pequeno intervalo de concentração entre o nível essencial e o tóxico (Coelho & Baccan, 2004).

No Brasil trabalhos desta natureza são escassos, existindo ainda um indicativo de baixo consumo, portanto é importante manter-se atento à possibilidade de deficiências de selênio na população brasileira, particularmente nos grupos de baixo poder aquisitivo que não consomem produtos de origem animal com frequência (Ferreira et al., 2002). Como se pode observar, são necessários estudos mais específicos para a introdução desse elemento nos alimentos, na tentativa de definir, algumas estratégias, como doses, formas de aplicação na área de adubação, bem como o conteúdo desse elemento nos alimentos, animais e humanos, proporcionando um consumo adequado desse elemento pela população, e rebanhos.

A soja, por ser uma das culturas mais importantes na atualidade já que constitui uma excelente fonte de proteína vegetal por ser parte integrante de grande grupo dos alimentos consumidos atualmente tanto na alimentação humana e animal, foi tomada como referência no desenvolvimento desse trabalho.

O presente estudo, teve por objetivo estudar o efeito de doses e formas de aplicação de selênio na produtividade de grãos e outras características agronômicas da soja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ocorrência, disponibilidade, fontes e funções do selênio

O selênio ocorre em grãos como o milho, trigo e soja na forma de seleniometionina, o análogo selênio orgânico do aminoácido metionina (Schrauzer, 2001 e 2003). A seleniometionina pode ser incorporada às proteínas do corpo no lugar da metionina, sendo utilizada como veículo para o armazenamento do selênio em tecidos e órgãos. Os suplementos alimentícios de selênio poderão conter também selenito de sódio e selenato de sódio, duas formas inorgânicas de selênio. O selenato é a forma predominantemente absorvida pelas plantas, ocorre comumente apenas em solos alcalinos e bem arejados (Faquin, 2001). A seleniometionina é geralmente considerada a melhor forma orgânica absorvida e utilizada de selênio. Neve (1995), sugere que a utilização das formas orgânicas, aumenta as concentrações de selênio no sangue humano em uma maior extensão do que nas formas inorgânicas .

O selênio também é disponível em compostos fermentados de selênio (leveduras) os quais poderão conter até 1000 a 2000 microgramas do elemento por grama (Schrauzer, 2001). A maioria do selênio nesses fermentados é na forma de seleniometionina, sendo essa forma usada na prevenção de câncer, mostrando que o uso de uma suplementação diária contendo 200 microgramas de selênio poderia baixar o risco de desenvolver câncer de próstata, pulmão ou colo retal (Clark et al., 1997).

As plantas são as maiores fontes de selênio na maioria dos países do mundo. O conteúdo de selênio nos alimentos depende do conteúdo do elemento no solo, onde são cultivadas ou os animais são criados; pode ser encontrado naturalmente nos alimentos de origem animal, frutos do mar, carnes, fígado, rim, vegetais e cereais integrais, sendo a castanha-do-Brasil o alimento mais rico

neste mineral (Souza & Menezes, 2004). Os pesquisadores sabem que solos nas planícies dos Estados Unidos, Norte do Nebraska e Dakota tem altos níveis de selênio, sendo que as populações nessas regiões geralmente apresentam os maiores níveis de selênio neste país (Longnecker et al., 1991). Nos EUA, os padrões de distribuição dos alimentos ajudam a prevenir os habitantes que moram em regiões com baixos níveis de selênio, de terem dietas deficientes nesse elemento.

Estudos com selênio na produção animal levaram ao reconhecimento de que grandes áreas ao redor do mundo não fornecem esse elemento em níveis suficientes na alimentação para uma nutrição ótima dos animais, e deficiências têm sido relatadas em alguns países (Combs, 2001). Quantidades traço de selênio são consideradas essenciais para o crescimento e desenvolvimento da maioria dos organismos. O Se estimula o crescimento de algumas plantas, porém, altos níveis de selênio podem causar efeitos adversos na maioria dessas e também em animais.

O selênio do solo pode ser determinado como um dos indicadores da quantidade de selênio em animais e humanos, mas não é a melhor técnica uma vez que a disponibilidade para as plantas, e conseqüentemente para os animais, depende de outros fatores, incluindo a forma química de ocorrência no solo, acidez (pH) e presença ou ausência de outros fatores que podem interferir (Combs, 2001).

Melhores estimativas da quantidade de Se disponíveis para a criação de gado são dadas pelo conteúdo de selênio nas rações e forragens na sua dieta, e pela análise dos níveis presentes no sangue dos próprios animais. Existem alguns problemas do uso de análises dos alimentos, assim como para as análises do solo, uma vez que associações com outros íons no alimento poderão reduzir a biodisponibilidade (Eurola et al., 2003). A aplicação de sulfatos às culturas, como por exemplo gesso (CaSO_4) diminui a disponibilidade de selênio nos

alimentos, uma vez que o sulfato e o selênio atuam antagonicamente (White et al., 2004).

2.2 Adubação com selênio

Uma alternativa, para assegurar de que os alimentos ou forragens contenham selênio, seria a inclusão deste elemento na adubação o que garantiria um suprimento adequado. Varias pesquisas justificam a eficiência e segurança ambiental desse método de administração de selênio, principalmente na Finlândia e Nova Zelândia, ambos com solos com grandes deficiências de selênio,. Na Nova Zelândia, o estímulo para essa tecnologia partiu das indústrias de produtos de origem animal um segmento importante da economia desse país. Na Finlândia, surgiu por meio de preocupações com a saúde e bem estar da população, sendo permitida a selenização dos fertilizantes onde mais de 90% de todos os fertilizantes no mercado contêm selênio (Eurola et al., 2003).

Esses países vem monitorando essas práticas cuidadosamente por um período de duas décadas, possuindo um grande conteúdo de informações que confirmam sua viabilidade. Estudos finlandeses têm mostrado que os produtos, tanto de culturas como de animais, responderam rapidamente a aplicação de Se nos fertilizantes (Eurola et al., 2003). Muitos estudos têm mostrado que a forma selenato, quando comparada com selenito, é a melhor opção para uso como fertilizante, sendo os selenatos de sódio e bário também usados.

Preocupações quanto ao acúmulo de selênio no solo após adubações contínuas tem sido manifestadas, mas na prática isto não tem ocorrido. O selenato é reduzido pelos microorganismos a formas menos disponíveis em questão de semanas, o que aumenta a segurança da aplicação de selênio. Diferentes métodos tem sido desenvolvidos para incorporar o selênio às misturas dos fertilizantes. Na Finlândia, uma solução com água a 10%, tanto de selenato

de sódio como de potássio é preparada como solução estoque da qual é retirada uma solução de 1%, para então ser adicionada ao fertilizante (Eurola et al., 2003). A solução de selenato é adicionada com o intuito de fornecer um nível de 10 gramas de selênio por tonelada de fertilizante; com a aplicação de 500 kg do fertilizante, em média, adiciona-se o equivalente 5 g de selênio por hectare ao solo.

Na Nova Zelândia, o selenato é incorporado em aglomerados contendo 1% de selênio (peso /peso) e esses são então aplicado em doses de 0,5 a 1,0 kg por hectare, o que equivale à aplicação de 5-10 g de selênio por hectare em pastagem ou culturas. Pesquisas recentes incluem a produção de adubos de liberação lenta, esta aplicação nas doses de 0,5 a 1,0 kg por hectare, suplementa a forragem por dois anos nas condições de Nova Zelândia, Eurola et al. (2003).

Segundo Aspila (2005), alguns proprietários preferem aplicar o fertilizante selenizado em faixas de terra, do que aplicar à pastagem como um todo. Nessas condições, a quantidade correta de selênio é prevista para toda a área a ser tratada. Experimentalmente isto têm sido feito em faixas pequenas de até 5% do total da área a ser adubada; no entanto, na prática, é recomendado que 25% da pastagem seja tratada para assegurar que os animais possam se alimentar das pastagens enriquecidas. A toxicidade não aparenta ser um problema, desde que os animais em pastejo igualem o seu consumo de selênio com consumo de uma mistura de forragens selenizadas e não selenizadas.

Quando formas de liberação rápidas são usadas (Selenato de sódio) tem-se a melhor forma de aplicação do selênio. Situações onde sinais visíveis de deficiência não ocorram, o nível de selênio no sangue dos animais em pastejo deverá ser mantido em 60 ppb (0.06 miligramas de Se x litro⁻¹). Nessas condições, os animais tratados mostram aumento de 10% de ganho de peso e 5% de incremento na produtividade em relação aos animais não tratados. Em situações onde os sintomas de deficiência de selênio aparecem, as doses

aplicadas serão de maior resposta. Os fertilizantes selenizados terão maior eficiência se aplicados na época de adubação adequada, junto com o nitrogênio fósforo e potássio. O material selenizado poderá ser adicionado ao solo de duas vezes, sendo uma na primavera e outra por ocasião das chuvas quando ocorre a rebrota das plantas. Utilizando produtos de liberação lenta, uma só aplicação na primavera é suficiente (Eurola et al., 2003)

Em condições finlandesas, uma só aplicação tem sido suficiente para incrementar o conteúdo de selênio a níveis desejados. Quando o selênio é aplicado como indicado, nos fertilizantes, supre a necessidade dos animais e elimina as outras formas de aplicação (Eurola & Hietamniemi, 2005).

Entretanto, pesquisadores estão concentrando seus estudos na descoberta da habilidade de certas plantas em absorver o selênio do solo. A toxicidade de selênio em plantas conhecidas como sensíveis a selênio parece estar relacionada à substituição de enxofre na cisteína e metionina (Zenk, 1996, citado por Hawrylak & Szymańska, 2004). A absorção pelas plantas depende da forma química e solubilidade do selênio, assim como o conteúdo de umidade do solo.

Algumas plantas requerem selênio para crescer e possuem um alto conteúdo desse elemento como as do gênero *Atragalus* (1000ppm), *Haplopappus* e *Xylorrhiza* (120ppm) e que normalmente são encontradas em solos selêníferos. Outras plantas podem não requerer selênio para crescer, mas poderão acumular o elemento se cultivados em solos selêníferos. O primeiro grupo são conhecidas como plantas indicadoras já que sua presença indica que o selênio está realmente presente no solo em quantidades potencialmente elevadas. As plantas pertencentes ao segundo grupo, como alfafa, trigo, alcachofra Suíça e cebola são chamadas de plantas de conversão secundárias. Elas podem crescer bem em solos livres de selênio, mas também podem crescer e acumular quantidades potencialmente tóxicas (Broyer et al., 1997).

O total da concentração de selênio no solo não determina diretamente a concentração de selênio nas plantas cultivadas (Lakin,1972). A ligação química e tipos de reação são fatores determinantes, uma vez que diferentes formas químicas variam na sua solubilidade e conseqüentemente na disponibilidade para as plantas (Anderson & Scarf, 1997). Relatos de Van Dorst & Peterson (1984) mostraram que as formas químicas de selênio presente nos solos e sedimentos estão estreitamente relacionadas ao potencial de oxi-redução e ao pH do solo. O manejo do solo com relação ao pH e umidade, é capaz de produzir plantas com conteúdo de selênio adequado de forma a alcançar os requerimentos nutricionais dos animais e humanos, que consomem esses vegetais, sem os níveis aumentados, que poderiam levar a overdoses crônicas. O Se estimula o crescimento de algumas plantas, porém, altos níveis podem causar efeitos adversos em animais, como também na maioria das plantas. Enquanto há um vasto conhecimento sobre o papel do selênio em plantas superiores e o uso de plantas fitorremediadoras, (plantas usadas para remover ou estabilizar poluentes), pouco se sabe sobre os efeitos do selênio no desenvolvimento e na reprodução como, por exemplo, na produção de sementes (Euliss & Carmichael, 2004).

As plantas se diferenciam em relação ao Se, existindo as que o acumulam podendo nesse caso serem utilizadas com o intuito de completar a dieta dos mamíferos em áreas que são deficientes (Terry & Zayed, 1998).

Segundo Eurola & Hietammiemi, (2005) a aplicação foliar de selênio, seja na forma de selenito de sódio como na forma de selenato de sódio, tem apresentado maior eficiência de absorção pelas plantas do que as aplicações de selênio sob forma de misturas de fertilizantes aplicados no solo. No entanto existem muitos riscos com a aplicação foliar, sendo que o aproveitamento e acumulação por parte das culturas dependem de vários fatores tais como o estágio de crescimento, assim como das condições climáticas durante e após a

aplicação. O uso do selênio via foliar necessita normalmente de uma operação extra no campo e, conseqüentemente, implica em custos maiores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Milanez localizada no município de Itutinga-MG, que se encontra à latitude de 21°23'29,8" Sul, longitude de 044°39'13,2" Oeste e altitude média de 958 m, no Estado de Minas Gerais – Brasil. O clima da região, baseado na classificação internacional de Köeppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco, caracterizado por uma pluviosidade de 23,4 mm no mês mais seco e de 295,8 mm no mês mais chuvoso. A temperatura média é de 22,1°C no mês mais quente e de 15,8°C no mês mais frio, sendo a precipitação média anual de 1529,7 mm (Brasil, 1992).

O solo utilizado foi do tipo Cambissol com as seguintes características químicas.

TABELA 1. Características químicas do solo amostrado da área experimental.

pH H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							%
	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V
6,1	2,5	129	3,0	1,0	0,0	1,7	4,3	4,3	6,0	71,8

dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³					
MO	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
3,6	9,9	0,8	46,6	6,1	1,4	0,4	22,7

Análise de solo realizada no Instituto de Química “John Wheelock” do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

A adubação de semeadura foi feita de acordo com a análise de solo e as interpretações de acordo com Ribeiro et al. (1999), sendo utilizado 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-10.

3.2 Inoculação das sementes de soja

As sementes de soja, cultivar MG/ BR6 (Conquista), foram inoculadas antes da semeadura com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se inoculante na proporção de 600.000 bactérias por semente.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, esquema fatorial de 4x3 +1 , constituído de 4 doses de selênio (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kg ha⁻¹), três formas de aplicação (solo, foliar e solo + foliar), mais uma testemunha sem adubação; no tratamento solo + foliar a dose foi dividida,

sendo metade aplicada no solo por ocasião do plantio e a outra metade via foliar realizada no estágio V8 da cultura.

3.4 Montagem e condução do experimento

A semeadura foi realizada no dia 23 de novembro de 2005, a uma profundidade de 2 a 3 cm, após ter sido feito o preparo de solo de forma convencional.

As parcelas foram compostas de 4 linhas com 5,0 metros de comprimento, espaçadas de 0,5 metro. Todos os tratamentos receberam, sempre que necessário, os tratos culturais como capinas realizadas de forma manual e controle de pragas, especificamente controle de lagartas. A fonte de selênio utilizada foi selenito de sódio (Na_2SeO_3) com 450g de selênio por quilo do produto, aplicado tanto no solo quanto na adubação foliar da cultura. As seguintes características foram analisadas: produtividade de grãos, peso de 100 sementes, número de legumes por planta, número de sementes por legume, altura do primeiro legume, altura da planta e acamamento. A produtividade foi determinada colhendo-se as plantas das duas fileiras centrais úteis, que após beneficiadas em trilhadora de parcelas experimentais, tiveram a umidade dos grãos padronizados para 13% e transformadas em kg ha^{-1} . A altura do primeiro legume, altura da planta, número de legumes por planta, número de grãos por legume e peso de 100 sementes, foram determinados em cada parcela tomando-se aleatoriamente 10 plantas das fileiras úteis. O grau de acamamento foi determinado em cada parcela, atribuindo-se notas de 1 ate 5, de acordo com a escala proposta por Bernard et al. (1965) sendo 1 todas as plantas eretas, e 5 todas as plantas acamadas. A emergência ocorreu no dia 29/11/2005 de uma maneira uniforme, o mesmo se verificando em relação à floração em 11/01/2006

. Foi feito um desbaste para se obter uma densidade de 12 plantas por metro linear no dia 7/12/2005.

Os dados foram analisados com o programa “*Statistical Analysis System SAS®*”, sendo os mesmos submetidos ao teste F para análise de variância e, os efeitos dos tratamentos quando significativos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% e 1% e nos casos de efeitos de doses foram submetidos à análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises estatísticas obtidos encontram-se na Tabela 2.

A altura das plantas, altura de inserção do primeiro legume e número de sementes por legume apresentaram efeitos significativos em nível de 5% para a variável formas de aplicação; Já a produtividade apresentou efeito significativo, em nível de 5%, quando se compara a média dos componentes do fatorial com o tratamento adicional. O número de legumes por planta e o peso de cem sementes não mostraram efeitos dos tratamentos.

TABELA 2. Resumo das análises de variância dos dados relativos a altura de plantas (ALTPLAN), altura de inserção do primeiro legume (ALTLEG), número de legumes por planta (NLPLAN), número de sementes por legume (NSEMLEG), produtividade de grãos (PROD), peso de 100 sementes (PCS), obtidas no experimento doses e formas de aplicação de selênio na cultura da soja. Itutinga - MG 2005/2006.

Causas variação	GL	Quadrados médios					
		ALTPLAN	ALTLEG	PROD	NLPLA	NSEMLEG	PCS
Blocos	2	28,99	9,13	961761,54	165,60	0,65	22,24
Formas (F)	2	370,66*	54,01*	272133,33	4,35	0,75*	0,93
Doses (D)	3	102,67	8,18	189222,22	80,04	0,08	0,11
F x D	6	116,24	8,09	192922,22	70,52	0,084	0,60
Fatorial x adicional	1	273,37	0,03	673969,18*	19,37	0,14	2,31
Resíduo	24	78,75	14,14	125250,43	64,61	0,17	0,66
CV		13,27%	19,23%	19,08%	24,10%	16,73%	4,99%

* significativos a 5 pelo teste de F

4.1 Altura da planta (ALTPLAN) e altura do primeiro legume (ALTLEG).

Essas características foram alteradas significativamente pelas formas de aplicação de selênio, apresentando variações entre 50 e 76 cm para altura da planta e de 16 A 23 cm para altura do primeiro legume. Esses últimos valores podem ser considerados dentro dos padrões para colheita mecânica, uma vez as colhedoras mais novas conseguem bom trabalho cultivares de inserção do primeiro legume próxima a 10cm (Tabela 3).

TABELA 3 Resultados médios em centímetros da altura das plantas de soja, cv. Conquista (ALTPLAN) e da inserção do 1º legume (ALTLEG) obtidas no experimento doses e formas de aplicação de selênio. Itutinga - MG, 2005/2006.

DOSES	ALTPLAN				ALTLEG			
	Formas			MÉDIA	Formas			MÉDIA
FOLIAR	SOLO	S+F	FOLIAR		SOLO	S+F		
0,5	69	70	67	69	18	19	21	19
1,0	64	74	70	69	18	21	23	21
1,5	55	61	73	63	17	17	21	18
2,0	50	73	67	63	16	23	22	20
MÉDIAS	60B	70A	69A	66	17B	20AB	22A	20
TESTEMUNHA	76				19			

Médias seguidas da mesma letra não diferem em nível de 5% pelo teste de Tukey.

Não foram verificadas diferenças significativas na altura das plantas quando a aplicação de selênio foi feita via solo ou na combinação via foliar mais solo (Tabela 3). Já no tratamento onde utilizou-se apenas a adubação via foliar com selênio, o desenvolvimento das plantas foi afetado, o que pode ser explicado por uma fitotoxidez ocasionada nas plantas por ocasião da aplicação do produto. É importante ressaltar que, independente da dose, as aplicações foliares de selênio proporcionaram o aparecimento do efeito fitotóxico nas plantas, que foi crescente com o aumento das doses (Figuras 1, 2, 3, 4). Esses resultados podem ser devidos à aplicação da dose utilizada ou à concentração do elemento na calda, uma vez que o volume utilizado foi de apenas 200 l ha⁻¹. Convém salientar que as plantas submetidas ao tratamento foliar recuperaram-se visualmente com o transcorrer do ciclo.

Em relação a aplicação no solo não se constatou aparentemente nenhum efeito fitotóxico na cultura (Figura 5).



FIGURA 1-Plantas de soja cv. Conquista, mostrando o efeito da aplicação de 0.5 kg ha⁻¹ de selênio foliar



FIGURA 2- Plantas de soja, cv. Conquista, mostrando o efeito da aplicação de 1 kg ha⁻¹ de selênio via foliar



FIGURA 3 - Plantas de soja, cv. Conquista, mostrando o efeito da aplicação de 2 kg ha⁻¹ de selênio via solo + foliar



FIGURA 4- Plantas de soja cv. Conquista, mostrando o efeito da aplicação de 2 kg ha⁻¹ de selênio via foliar



FIGURA 5 – Plantas de soja, cv. Conquista sem presença de fitotoxidez aparente. Aplicação de 2 kg ha⁻¹ de selênio via solo

No caso da altura da inserção do primeiro legume verificou-se também que a aplicação via foliar reduziu significativamente a inserção do primeiro legume. Os tratamentos solo e solo + foliar apresentaram comportamento semelhante não apresentando diferença significativa entre si (Tabela.3).

Normalmente existe uma correlação positiva entre altura da planta e da inserção do primeiro legume, ou seja, plantas mais altas têm altura de inserção também mais alta além disso quando as plantas são expostas a altas concentrações de Se podem surgir sintomas de agressão como: atrofiamento do crescimento, clorose, murchamento, secamento das folhas, decréscimo da síntese de proteína e morte prematura da planta. Segundo Turakainen et al. (2005) a utilização de selênio reforça a capacidade das plantas de combater o estresse oxidativo causado por radicais livres do oxigênio. Entretanto, altas concentrações de selênio nas plantas causam toxidez e ativam reações oxidativas, além de aumentar a peroxidação lipídica. As plantas se defendem do excesso de selênio produzindo compostos voláteis desse elemento. Outro ponto a considerar é que existem diferenças entre as plantas acumuladoras e as não acumuladoras de Se. Em plantas não acumuladoras, o limite de concentração de Se máximo encontrado é de aproximadamente $6\mu.g^{-1}$ mesmo que cultivado em solos selêníferos e aqui incluímos a soja (Whanger, 2002), e em tecido meristemático resultou em uma redução de 10% em rendimento que variaram de 2 mg de Se kg^{-1} em arroz para 330 mg de Se kg^{-1} em trevo branco (Mikkelsen et al., 1988).

4.2 Produtividade (PROD) , nº de legumes por planta (NLPLAN) e acamamento

A produtividade apresentou uma variação de 1220 a 2310 $kg\ ha^{-1}$ e o número de legumes de 27 a 40 (Tabela 4).

TABELA 4 Resultados médios em kg ha⁻¹ da produtividade de grãos (PROD) de soja, cv. Conquista das plantas e do número de legumes por planta (NLPLAN) obtidos no experimento doses e formas de aplicação de selênio. Itutinga - MG, 2005/2006.

DOSES	PROD Formas				NLPLAN Formas			
	FOL	SOLO	S+F	MÉDIAS	FOL	SOLO	S+F	MÉDIAS
0,5	2023	1970	1847	1947	40	37	35	37
1,0	1763	2237	1803	1934	39	33	27	33
1,5	1580	1657	1757	1665	27	31	35	31
2,0	1220	1870	2073	1721	29	29	35	31
MÉDIAS	1647	1934	1870	1817	34	33	33	33
TESTEMUNHA	2310				36			

Médias seguidas da mesma letra não diferem em nível de 5% pelo teste de Tukey.

No caso da produtividade, e do número de legumes por planta, as doses e formas de aplicação não alteraram significativamente essa característica. Efeitos significativos foram observados na produtividade para a interação fatorial versus adicional. Comparando-se a média dos tratamentos com a aplicação de selênio com a média dos adicionais, que não receberam aplicações de selênio, verifica-se um aumento na produtividade em favor do adicional de 493 kg ha⁻¹ (27,13 %). Esses resultados demonstram que a aplicação de selênio diminuiu a produtividade da soja, uma vez que a média da testemunha foi sempre superior à média dos tratamentos com selênio.

Esses resultados eram até certo ponto esperados, uma vez que ocorreu efeito fitotóxico de aplicação do selênio via foliar. A queima das folhas e conseqüentemente diminuição da área foliar na cultura da soja, que é uma planta C₃, pode provocar perdas na taxa assimilatória líquida (TAL), a qual representa o incremento em matéria seca por cada unidade de superfície de área foliar disponível à planta, durante um certo intervalo de tempo pré-determinado (Hunt et al., 2002). Com diminuição da área foliar ocorreu menor formação de foto

assimilados necessários ao enchimento de grãos reduzindo assim a produtividade, além de que a redução no número de sementes por legume influenciou este resultado já que este é um dos componentes da produção (Tabela5).

Para o acamamento, todas as notas foram iguais (“1”) verificando-se assim a ausência de variabilidade nessa característica.

4.3 Número de sementes por legume (NSEMLEG) e peso de 100 sementes (PCS).

O número de sementes por legume foi influenciado significativamente pelas formas de aplicação do selênio. A aplicação via foliar apresentou pior desempenho em relação às outras duas formas de aplicação que não apresentaram diferenças significativas entre si, solo e solo + foliar (Tabela 5) .

Essa variação do número de sementes por legume talvez possa ter acontecido devido a um efeito residual da fitotoxidez que diminuiu a área fotossintética na planta por ocasião da aplicação do selênio.

TABELA 5. Número de sementes por legume (NSEMLEG) e peso de 100 sementes (PCS) em gramas, em plantas de soja, c.v conquista em função das formas de aplicação de selênio solo, foliar e solo + foliar. Itutinga - MG, 2005/2006.

DOSES	NSEMLEG			MÉDIAS	PCS			MÉDIAS
	Formas				Formas			
	FOLIAR	SOLO	S+F		FOLIAR	SOLO	S+F	
0,5	2,13	2,46	2,33	2,31	16,67	15,85	16,26	16,26
1,0	2,33	2,53	2,67	2,51	15,57	16,14	16,26	15,99
1,5	2,13	2,47	2,67	2,42	15,69	16,45	16,37	16,17
2,0	2	2,87	2,67	2,51	15,54	16,23	16,85	16,21
MÉDIAS	2,15B	2,58A	2,59A	2,44B	15,87A	16,17A	16,44A	16,16A
TESTEMUNHA	2,67A				18,07A			

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si em nível de 5% pelo teste de Tukey.

Estudos realizados por Euliss & Carmichael (2004) em Canola (*Brassica napus L*) mostraram que as plantas têm crescimento hidropônico reduzido sob concentração de 2 ppm de selênio, reduzindo o florescimento e o número de sementes.

No geral, no presente estudo os tratamentos com selênio resultaram em plantas menores, com menor rendimento quando comparado com a testemunha. Da mesma forma como anteriormente mencionado, a acumulação de selênio nos tecidos pode ter ocasionado essa diferença, já que quando aplicado diretamente às folhas, o selênio pode ter-se acumulado com maior facilidade nos tecidos reprodutivos e meristemas.

A distribuição de Se nas várias partes da planta difere de acordo com as espécies, fase de desenvolvimento, e condições fisiológicas. Em acumuladoras de Se, esse é acumulado em folhas jovens durante a fase vegetativa. Durante a fase reprodutiva, são encontrados níveis altos de Se em sementes, enquanto o seu conteúdo em folhas é drasticamente reduzido (Who, 1982). Cereais não acumuladores, quando amadurecem, freqüentemente mostram o mesmo conteúdo de Se em grãos e raízes, com quantidades menores nos caules e folhas. A distribuição de Se em plantas também depende da forma e concentração e disponibilidade às raízes, natureza e concentração de outras substâncias, especialmente sulfatos acompanhando o elemento (Souza et al., 1998; Zayed et al., 1998).

Em relação ao peso de 100 sementes não foi verificada variação significativa para nenhum dos tratamentos realizados, não tendo assim nenhuma influencia dos tratamentos na acumulação da matéria seca nas sementes (Tabela 5).

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

É importante ressaltar que a presença de selênio nos alimentos é a maneira mais fácil de oferecer esse elemento à população e aos animais, sendo assim, o enriquecimento de grãos é uma das formas mais prática e econômica de se realizar essa tarefa. Esse enriquecimento é possível adicionando-se esse elemento via solo e ou foliar, na fertilização.

Um dos maiores entraves para a solução desse problema, está no estabelecimento da dose do elemento, sem que o mesmo cause fitotoxidez às plantas e ainda aumente o rendimento da cultura. No presente trabalho ficou evidenciado que a aplicação foliar requer maiores cuidados, haja visto o efeito fitotóxico causado inclusive pela menor dose de selênio aplicada ($0,5 \text{ kg ha}^{-1}$).

Assim são necessárias novas pesquisas envolvendo fontes, doses, diluições e formas de aplicação, alternativas, com o intuito de colocar esse elemento à disposição das plantas de soja sem alterar suas características agronômicas, o que nos permitiria disponibilizar o selênio às pessoas e animais, melhorando sua nutrição.

6 CONCLUSÕES

- A aplicação exclusivamente via foliar de selênio influenciou negativamente a altura da planta, altura do primeiro legume, número de sementes por legume e a produtividade da cultura da soja, cultivar conquista com efeitos fitotóxicos na planta, independentemente das doses empregadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, M. S.; LAKIN, H.W.; BEESON, K.C.; FLOYD, F. S.; THUCKER, E. **Selenium in agriculture**. United States: U.S. Department of Agriculture, 1961. 65p. (Agriculture handbook, 200).

ANDERSON, J. W.; SCARF, A. R. Selenium and plant metabolism. In: BAUER, F. **Selenium and soils in the Western United States**. Nov. 1997. Disponível em: <<http://egj.lib.uidaho.edu/egj07/bauer.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2005.

ASPILA, P. History of selenium supplemented fertilization in Finland. In: EUROLA, M. HIETAMNIEMI, V. **Twenty years of selenium fertilization**. Helsinki, Finland, 2005. 108p. (Agrifood reports, 69). Disponível em: <<http://www.mtt.fi/met/pdf/met69.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2007.

BERNARD, R. L.; CHAMBERLAIN, D. W.; LAWRECE, R. D. (Ed.). **Results of the cooperative uniform soybean tests**. Washintong: USDA, 1965. 134p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas**: 1961-1990. Brasília, 1992. 84p.

BROYER, T. C.; LEE, D.C.; ASHER, C. J. Selenium nutrition of green plants: effects of selenite supply on growth and selenium content of alfalfa and subterranean clover In: BAUER, F. **Selenium and soils in the Western United States**. Nov. 1997. Disponível em: <<http://egj.lib.uidaho.edu/egj07/bauer.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2005.

CLARK, L. C.; COMBS, G.F.; TURNBULL, B.W.; SLATE, E. H.; CHALKER, D.; CHOW, L. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. RAYMAN, P. M. **Dietary selenium**: time to act. *BMJ*, p314-387, fev.1997. Disponível em :<<http://bmj.bmjournals.com/cgi /content/full/314/7078/387>>. Acesso em: 2 jul.2005.

COELHO, N. M. M.; BACCAN, N. Determinação de ultratraços de selênio em urina por geração de hidretos e espectrometria de absorção atômica em fluxo. **Eclética Química**, v. 29, n. 1, p. 7-14, 2004.

COMBS, G. F. Jr. Selenium in global food system: review article. **British Journal of Nutrition**. 2001. Disponível em: <<http://docstore.ingenta.com/cgi->

bin/ds_deliver/1/u/d/ISIS/37225447.1/cabi/bjn/2001/00000085/00000005/art00002/B4FCF54A5E1206A811778917125A4F58A0280F88F1.pdf?link=http://www.ingentaconnect.com/error/delivery&format=pdf >. Acesso em: 20 abr. 2007.

EULISS, K. W.; CARMICHAEL, J. S. The effects of selenium accumulation in hydroponically grown canola (*Brassica napus*). **Biological & Biomedical Sciences**, v. 1, 2004.

EUROLA, M.; ALFTHAN, G.; ARO, A.; EKHOLM, P.; HIETAMNIEMI, V.; RAINIO, H.; RANKANEN, R.; VENALAINEN, E. **Results of the Finnish selenium program 2000-2001**. 2003. 45p. Disponível em: <<http://www.mtt.fi/met/pdf/met36.pdf>>. Acesso em: 1 jul.2005. (Agrifoodresearch reports, 36).

EUROLA, M.; HIETAMNIEMI, V. **Twenty years of selenium fertilization**. Helsinki, Finland, 2005. 108p. (Proceedings. Agrifood reports, 69). Disponível em: <<http://www.mtt.fi/met/pdf/met69.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2007.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.182p.

FERREIRA, K. S.; GOMES, J. C.; BELLATO, C. R.; JORDÃO, C. P. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud.Pública**, Washington, v.11, n.3, 2002. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/scielo.php?pid.pt>>. Acesso em: 10 jun. 2005.

HAWRYLAK, B.; SZYMAŃSKA, M. Selenium as a sulphhydrylic group inductor in plants. **Cellular & Molecular Biology Letters**, v. 9, p. 329-336, 2004.

HUNT, R.; CAUSTON, D. R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, A. P. A modern tool for classical plant growth analysis. Technical note. **Annals of Botany**, v.90, p.485-288, 2002.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Biogeochemistry of trace elements (in Polish)**. Warszawa: PWN, 1999.

LAKIN, H. W. *Selenium accumulation in soils and its absorption by plants and animals*. **Geol. Soc. Am. Bull.**, v.83, p.181-189. In: BAUER, F. Selenium and soils in the Western United States. **Electronic. Green. Journal**, Nov. 1997. Disponível em: <<http://egj.lib.uidaho.edu/egj07/bauer.htm>>. Acesso em: 10 jul.2005.

LONGNECKER, M. P.; TAYLOR, P. R.; LEVANDER, O. A.; HOWE, M.; VEILLON, C.; ADAM, P. A.; PATTERSON, K. Y.; HODEN, J. M.; STAMPFRE, M. J.; MORRIS, J. S.; WILLET, W. C. Selenium in diet, blood, and toenails in relation to human health in a seleniferous area. **American Journal Clin. Nutrition**, v.53, p.128894, 1991. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=2021136&dopt=Abstract>. Acesso em: 10 jul. 2005.

MIKKELSEN, R. L.; PAGE, A. L.; HAGHIA, G.H. Effect of salinity and its composition on the accumulation of selenium by alfalfa. **Plant Soil**, v. 107, p. 63-67, 1988.

NEVE, J. Human selenium supplementation as assessed by changes in blood selenium concentration and glutathione peroxidase activity. **Journal Trace Elem Medical Biology**, jul.1995; v.9 p.65-73. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8825978&dopt=Citation>. Acesso em: 10 jul.2005.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 359p.

SCHRAUZER, G. N. Commentary: nutrition selenium supplements: Product types, quality, and safety. Dietary Supplement Fact sheet:Selenium. **Journal American College of Nutrition**, v.20, p.1-4, 2001. Disponível em: <<http://ods.od.nih.gov/factsheets/selenium.asp>>. Acesso em: 10 jul. 2005.

SCHRAUZER, G. N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. **Adv. Food Nutr. Res.**, v.47, p.73112, 2003. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=14639782&dopt=Abstract>. Acesso em: 12 jul.2005.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004.

SOUZA, M. P.; PILON-SMITS, E. A. H.; LYTLE, C. M. L.; HWANG, S.; TAI, J.; HONMA, T. S. U.; YEH, L.; TERRY, N. Rate-limiting steps in selenium assimilation and volatilization by Indian Mustard. **Plant Physiology**, v. 117, p. 1487-1494, 1998.

TERRY, N.; ZAYED, A. Phytoremediation of selenium. In: FRANKENBERGER Jr., W. T.; ENGBERG, R. (Ed.). **Environmental chemistry of selenium**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 633-656.

TURAKAINEN, M.; HARTIKAINEN, H.; SEPPANEN, M. Selenium in plants. In: EUROLA, M.; HIETAMNIEMI, V. **Twenty years of selenium fertilization**. Helsinki, Finland, 2005. 108 p. (Proceedings. Agrifood reports, 69). Disponível em: <<http://www.mtt.fi/met/pdf/met69.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2007

VAN DORST, S. H.; PETERSON, P. J. Selenium speciation in the soil solution and its relevance to plant uptake. **Journal Science Food Agricultural**, v. 35, p. 601-605, 1984. In: BAUER, F. Selenium and soils in the Western United States. **Electronic Green Journal**, Nov 1997. Disponível em: <<http://egj.lib.uidaho.edu/egj07/bauer.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2005.

WHANGER, P. D. Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. **Journal of the American College of Nutrition**, Corvallis, Oregon, v. 21, n.3, p. 223-232, 2002. Disponível em: <<http://www.jacn.org/cgi/content/full/21/3/223>>. Acesso em: 15 jun. 2007.

WHITE, P. J.; BOWEN, H. C.; PARMAGURU, P.; FRITZ, M.; SPRACKLEN, W. P.; SPIBY, R. E.; MEACHAM, M. C.; MEAD, A.; HARRIMAN, M.; TRUEMAN, L.T.; SMITH, M. B.; THOMAS, B.; BROADLEY, M. R. Interactions between selenium and sulphur nutrition in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 404, 2004. Disponível em: <<http://jxb.oxfordjournals.org/misc/terms.shtml>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

WHO, E. Selenpflanzen (Selenophyten). In: KINZEL, H. (Ed.). **Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel**. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 1982. p. 511-519.

ZAYED, A.; LYTLE, C.M.; TERRY, N. Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants. **Planta**, v. 206, p. 284-292, 1998.

CAPITULO 2

SAVELLI, Roberto Antonio Martinez. Selênio na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] cv. Luziânia. Formas e doses de aplicação. In: _____. **Doses e formas de aplicação de Selênio na produtividade de grãos e nas características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]**. 2007. Cap. 2, p. 25-44. Dissertação (Mestrado em Agronomia. Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

1 RESUMO

Objetivando determinar os efeitos de doses e formas de aplicação de selênio (selenito de sódio) na produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] cv. Luziânia, realizou-se um experimento em Itutinga, MG-BRASIL, no ano agrícola 2005/2006. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com um esquema fatorial 4x3(+1) compreendendo, 4 doses de selênio (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kg ha⁻¹) três formas de aplicação (solo, foliar e solo +foliar) mais uma testemunha sem adubação; no tratamento solo+ foliar aplicou-se a metade de cada dose em cada oportunidade. A aplicação do selênio no solo foi feita no plantio em mistura com os macronutrientes, e a aplicação foliar foi realizada no estágio V8 da cultura. As parcelas foram compostas de 4 linhas com 5 metros de comprimento, espaçadas em 50 centímetros com uma densidade de 12 plantas por metro linear. O aumento das doses de selênio proporcionou redução na altura da planta e inserção do primeiro legume quando aplicadas via foliar causando fitotoxidez nas plantas de soja, com sintomas de clorose, murchamento e requeima nas

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende – UFLA (Orientador), Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini – UFLA e Prof. Dr. Telde Natel Custódio – UFLA. Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga –UFLA

folhas. Não houve efeito de doses e de formas de aplicação de selênio na produtividade de grãos de soja.

2 ABSTRACT

SAVELLI, Roberto Antonio Martinez. Selenium in the crop of soybean [Glycine max (L.) Merrill] cv. Luziânia. Forms and doses of application. In: _____. **Doses and forms of application of selenium on grain yield and agronomic characteristics of soybean [Glycine max (L.) Merrill]cv.** 2007. Chap. 2, p. 25-44. Dissertation – (Master in Agronomy. Crop Science)-Federal University of Lavras, Lavras, MG[†].

Intending to determine the effect of doses and forms of application (sodium selenite) on yield and agronomic characteristics of soybean [Glycine max (L.) Merrill] cv. Luziânia, an experiment was undertaken at Itutinga, MG- Brazil, in the agricultural year of 2005/2006. The experimental design utilized was that of randomized blocks with a factorial scheme 4 x 3 (+1), comprehending 4 doses of selenium (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 kg ha⁻¹), three forms of application (soil, foliar and soil + foliar) plus one control without any fertilization; in the treatment soil + foliar, the half of each dose was applied at each opportunity. The application of selenium in soil was done at planting in mixture with the macronutrients and the foliar application was done at V8 stage of the crop. The plots were made up of 4 rows 5 meters long, spaced 50 cm with a density of 12 plants per linear meter. The increase of doses of selenium provides reduction in plant height and insertion of the first legume when applied via foliar causing phytotoxicity in the soybean plants with symptoms of chlorosis, wilting and scorching in the leaves. There were no effects of the doses and of the forms of application of selenium on soybean grain yield.

[†] Guidance Committee: Professor. Dr. Pedro Milanez de Rezende (Adviser), (Co-adviser) Professor. Dr. Telde Natel Custodio – UFLA , Professor Dr. Antônio Gilberto Bertechini – UFLA, Professor Dr. Amauri Alves de Alvarenga – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

Pesquisas recentes nas áreas de medicina nutricional e alimentação de humanos e animais têm dado ao elemento selênio (Se) um lugar de destaque. Esse elemento faz parte de uma série de reações químicas e possui propriedades biológicas e metabólicas importantes que encontram-se destacadas mundialmente.

As plantas são as maiores fontes de selênio para os homens e animais na maioria dos países do mundo. O conteúdo de selênio nos alimentos depende de seu teor no solo; pode ser encontrado naturalmente nos alimentos de origem animal, frutos do mar, carnes, fígado, rim, vegetais e cereais integrais, sendo a castanha-do-Brasil o alimento mais rico neste mineral (Souza & Menezes, 2004). Nas plantas, o selênio apresenta propriedades químicas muito parecidas com as do enxofre, estando presente em aminoácidos sulfurados como selenometionina e selenocisteína análogos do selênio orgânico dos aminoácidos metionina e cisteína (Schrauzer, 2001 e 2003). As plantas apresentam capacidades diferenciadas de absorção do solo e acumulação de Se nos tecidos vegetais. Trabalhos realizados por Yang et al. (2003) mostraram que o conteúdo de selênio nos grãos e nos teores de proteína de soja, foram significativamente incrementados pela aplicação de selenito de sódio e fertilizantes enriquecidos com selênio, ao mesmo tempo que foram encontradas diferenças significativas para o acúmulo de selênio pelas cultivares estudadas. A aplicação de sulfatos às culturas (gesso ou CaSO_4) diminui a disponibilidade de selênio nos alimentos uma vez que o sulfato e o selênio atuam antagonicamente (White et al., 2004).

Segundo Kabata-Pendias & Pendias, 1999 citados por Hawrylak & Szymanska (2004), esse elemento é encontrado principalmente no solo como selenato e selenito, embora possam existir, também, selênio elementar, seleneto e formas orgânicas de selênio. O selenato é a forma predominantemente

absorvida pelas plantas, ocorre comumente apenas em solos alcalinos e bem arejados (Faquin, 2001). Entretanto, pesquisadores estão concentrando seus estudos na descoberta da habilidade de certas plantas em absorver o selênio do solo. A toxicidade de selênio em plantas conhecidas como sensíveis a selênio parece estar relacionada à substituição de enxofre na cisteína e metionina (Zenk, 1996, citado por Hawrylak & Szymańska, 2004). A absorção pelas plantas depende da forma química e solubilidade do selênio, assim como o conteúdo de umidade do solo. O selênio apresenta um pequeno intervalo de concentração entre o nível essencial e o tóxico (Coelho & Baccan, 2004). Segundo Eurola & Hietammi (2005) a aplicação foliar de selênio, seja na forma de selenito de sódio como na de selenato de sódio, tem apresentado maior eficiência de absorção pelas plantas, do que as aplicações de selênio sob forma de misturas de fertilizantes aplicados no solo. No entanto existem muitos riscos com a aplicação por pulverização foliar. Nesse sistema de aplicação o aproveitamento e acumulação por parte das culturas dependem das condições com as quais são colocados à disposição das plantas, tais como o estágio de crescimento, e condições climáticas durante e após a aplicação. O uso do selênio via foliar necessita normalmente de uma operação extra no campo e, conseqüentemente, implica em custos maiores.

No Brasil trabalhos desta natureza são escassos, existindo um indicativo de baixo consumo de selênio, portanto é importante manter-se atento à possibilidade de soas deficiência na população brasileira, particularmente nos grupos de baixo poder aquisitivo que não consomem produtos de origem animal com freqüência (Ferreira et al., 2002). Uma alternativa seria a inclusão desse elemento em fertilizantes a serem utilizados, para assegurar que alimentos ou forragens produzidos com esses insumos tenham adequadas quantidades de selênio, garantindo um suprimento adequado. Estudos finlandeses têm mostrado que os produtos, tanto de culturas como de animais que as utilizam, responderam

rapidamente a aplicação de Se nos fertilizantes (Eurola et al., 2003). Como se pode observar, são necessários estudos mais específicos para a introdução desse elemento nos alimentos, para definir assim, algumas estratégias, como doses, formas de aplicação na área de adubação, assim como o conteúdo desse elemento nos alimentos, animais e humanos, proporcionando assim o consumo adequado deste elemento pela população e pelos animais.

Uma das melhores maneiras de colocar o selênio nas rações e alimentos é através da utilização da soja que é hoje a cultura mais importante na atualidade quando se pensa em proteína de origem vegetal. O enriquecimento desse grão através de adubações com esse elemento seria uma das formas mais interessantes de introduzir o selênio a todas as camadas das populações e aos animais já que a maioria das rações para animais tem como componente a soja.

Objetivou-se estudar o efeito de doses e formas de aplicação de selênio na produtividade de grãos e outras características agronômicas da soja.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Milanez, localizada no município de Itutinga-MG, que se encontra à latitude de 21°23'29,8" Sul, longitude de 044°39'13,2" Oeste e altitude média de 958 m, no Estado de Minas Gerais – Brasil. O clima da região, baseado na classificação internacional de Köeppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco, caracterizado por uma pluviosidade de 23,4 mm no mês mais seco e de 295,8 mm no mês mais chuvoso. A temperatura média é de 22,1°C no mês mais quente

e de 15,8°C no mês mais frio, sendo a precipitação média anual de 1529,7 mm (Brasil, 1992).

O solo utilizado foi do tipo Cambissol com as seguintes características químicas.

TABELA 1. Características químicas do solo amostrado da área experimental.

pH H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							%
	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V
6,1	2,5	129	3,0	1,0	0,0	1,7	4,3	4,3	6,0	71,8

dag Kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³					
MO	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
3,6	9,9	0,8	46,6	6,1	1,4	0,4	22,7

Análise de solo realizada no Instituto de Química “John Wheelock” do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

A adubação de semeadura foi feita de acordo com a análise de solo e as interpretações de acordo com Ribeiro et al. (1999), sendo utilizado 400 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-10.

4.2 Inoculação das sementes de soja

As sementes de soja cultivar (BRS GO Luziania), foram inoculadas antes da semeadura com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se inoculante na proporção de 600.000 bactérias por semente.

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, com um esquema fatorial $4 \times 3 + 1$, sendo 4 doses de selênio (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 kg ha⁻¹), três formas de aplicação (solo, foliar e solo + foliar), mais uma testemunha sem adubação; No tratamento solo + foliar a dose foi dividida sendo metade aplicada no solo por ocasião do plantio e a outra metade via foliar realizada no estágio V8 da cultura.

4.4 Montagem e condução do experimento

A semeadura foi realizada no dia 23 de novembro de 2005, a uma profundidade de 2 a 3 cm.

As parcelas foram compostas de 4 linhas com 5,0 metros de comprimento, espaçadas de 0,5 metro. Todos os tratamentos receberam tratamentos agrônômicos como foram capinas manuais e controle de lagartas. A fonte de selênio utilizada foi selenito de sódio (Na₂SeO₃) com 450g de selênio por quilo do produto, utilizado tanto no solo quanto na adubação foliar da cultura. As seguintes características foram analisadas: produtividade de grãos, peso de 100 sementes, número de legumes por planta, número de sementes por legume, altura do primeiro legume, altura da planta e acamamento. A produtividade foi determinada colhendo-se as plantas das duas fileiras centrais úteis, que após beneficiadas em trilhadora de parcelas experimentais, tiveram a umidade dos grãos padronizados para 13% e transformadas em kg ha⁻¹. A altura do primeiro legume, altura da planta, número de legumes por planta, número de grãos por legume e peso de 10 sementes, foram determinados em cada parcela tomando-se aleatoriamente 10 plantas das fileiras úteis. O grau de acamamento foi determinado em cada parcela, atribuindo-se notas de 1 até 5, de acordo com a

escala proposta por Bernard et al. (1965) sendo 1 todas as plantas eretas e 5 todas as plantas acamadas. A emergência ocorreu no dia 29/11/2005 de uma maneira uniforme, o mesmo se verificando em relação à floração em 11/01/2006 . Foi feito um desbaste para deixar uma densidade de 12 plantas por metro linear no dia 7/12/2005.

Os dados foram analisados com o programa “*Statistical Analysis System SAS®*”, sendo os mesmos submetidos ao teste F para análise de variância e, os efeitos dos tratamentos quando significativos foram submetidos ao teste de Tukey a 5 e 1% e nos casos necessários foram submetidos a análise de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises estatísticas obtidos encontram-se na Tabela 2.

Conforme pode-se observar ocorreram efeitos significativos na altura das plantas para formas de aplicação (1% de probabilidade), assim como para doses de selênio (5% de probabilidade); A altura de inserção do primeiro legume apresentou um efeito significativo para a interação formas de aplicação vs doses de selênio (5% de probabilidade enquanto que o peso de cem sementes apresentou efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade tanto para formas de aplicação como para a interação doses vs formas de aplicação.

As outras características agronômicas não mostraram efeitos significativos dos tratamentos.

TABELA 2. Resumo das análises de variância conjunta dos dados relativos a altura de plantas (ALTPLAN), altura ou inserção do primeiro legume (ALTLEG), número de legumes por planta (NLPLAN), número de sementes por legume (NSEMLEG), produtividade (PROD), peso de 100 sementes (PCS), obtidas no experimento doses e formas de aplicação de selênio na cultura da soja. Itutinga - MG – 2005/2006.

Causas de variação	GL	Quadrados médios					
		ALTPLAN	ALTLEG	PROD	NL PLAN	NSEM LEG	PCS
Blocos	2	227,94	113,95	318792,31	397,53	0,0046	1,76
Formas (F)	2	581,42**	2,98	325758,33	166,81	0,0013	2,06*
Doses (D)	3	298,34*	31,32	173832,41	96,73	0,0013	0,42
F * D	6	160,06	39,49*	270165,74	96,08	0,0026	1,50*
Fatorial X adicional	1	27,92	0,84	9694,22	394,88	0,0048	0,60
Resíduo	24	77,41	10,96	110861,75	101,40	0,0047	0,50
CV		12,44%	17,40%	15,90%	25,50%	3,25%	4,53%

* e** significativos a 5 e 1% respectivamente

5.1 Altura da planta (ALTPLAN) e altura do primeiro legume (ALTLEG).

Essas características foram alteradas significativamente pelas formas de aplicação de selênio e apresentaram variações entre 47cm e 79 cm para altura da planta e de 12 ate 24 cm para altura do primeiro legume, podendo ser consideradas dentro dos parâmetros ideais de colheita.

De acordo com a Tabela 3 verifica-se que não ocorreram diferenças na altura das plantas quando a aplicação de selênio foi realizada via solo ou na combinação via foliar mais solo. Já o tratamento de adubação via foliar afetou o desenvolvimento das plantas. A aplicação foliar fez com que a altura das plantas fosse reduzida em 18% aproximadamente em comparação com as outras duas formas de aplicação. Isto pode ser explicado por uma fitotoxidez ocasionada nas

plantas por ocasião da aplicação do produto via foliar. Esses resultados podem ser devidos à dose utilizada ou à concentração do elemento na calda uma vez que o volume de aplicação utilizado foi de apenas 200 l ha⁻¹.

TABELA 3. Resultados médios da altura das plantas(ALTPLAN) e da inserção do 1º legume(ALTLEG) em centímetros de soja, cv.Luziânia obtidas no experimento doses e formas de aplicação de selênio. Itutinga - MG, 2006.

DOSES	ALTPLAN				ALTLEG			
	Formas			MÉDIAS	Formas			MÉDIAS
FOL	SOL	S+F	FOL		SOL	S+F		
0,5	78	79	78	78	24 A	23 A	18 B	22
1,0	68	70	75	71	18 A	19 A	18 A	18
1,5	60	66	78	68	19 A	15 B	19 A	18
2,0	47	73	75	65	12 C	19 B	22 A	18
MÉDIAS	63 B	72 A	77 A	71	18	19	19	19
TESTEMUNHAS	74				20			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey no nível de 5%

Quando as plantas são expostas a altas concentrações de Se na rizosfera podem surgir sintomas de agressão como atrofiamento de crescimento, clorose, murchamento e secamento das folhas, decréscimo da síntese de proteína e morte prematura da planta. Segundo Turakainen et al. (2005) a utilização de selênio reforça a capacidade das plantas de combater o estresse oxidativo causado por radicais livres do oxigênio. Entretanto, altas concentrações de selênio nas plantas são tóxicas e ativam reações oxidativas além de aumentar a peroxidação lipídica. As plantas se defendem do excesso de selênio produzindo compostos voláteis desse elemento.

Há diferenças notáveis entre plantas acumuladoras e não acumuladoras de Se quanto a sintomas de toxicidade. Em plantas não acumuladoras, o limite de concentração de Se em tecido de broto resultou em uma redução de 10% em

rendimento que variaram de 2 mg.kg⁻¹ de Se em arroz para 330 mg. Kg⁻¹ de Se em trevo branco (Mikkelsen et al., 1988).

Quanto ao efeito de doses, verifica-se na figura 1 que o aumento da aplicação de doses de Se por hectare diminuiu de forma linear a altura da planta de soja.

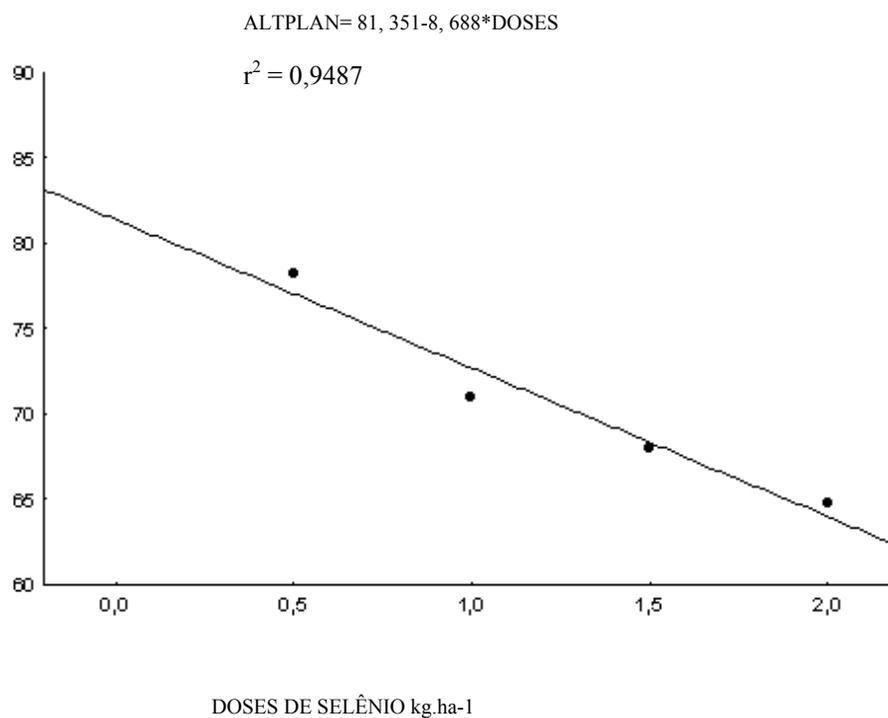


FIGURA 1. Variação das alturas ALTPLAN (em centímetros) das plantas de soja da cultivar Luziânia em função das doses de aplicação de selênio em kg ha⁻¹. Itutinga -MG -2005/2006.

As plantas que foram afetadas pela fitotoxidez (Figuras 2, 3 e 4) se recuperaram parcialmente no transcorrer do ciclo da planta, mas isto não foi suficiente para evitar o efeito negativo na altura. Estudos realizados por Euliss & Carmichael (2004) determinaram que as plantas de canola (*Brassica napus.L*),

têm crescimento hidropônico reduzido sob concentração de 2 ppm de selênio, reduzindo também o florescimento e surgimento de sementes. A aplicação foliar resultou em plantas 15% menores quando comparado com a testemunha, que apresentou média de 74 cm, enquanto que nos tratamentos solo e solo + foliar tiveram o mesmo comportamento. Em relação à aplicação no solo não se constatou nenhum efeito fitotóxico na cultura.



FIGURA 2. –Plantas de soja cv. Luziânia mostrando o efeito de adubação com selênio $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ via foliar



FIGURA 3. –Plantas de soja cv. Luziânia mostrando o efeito de adubação com selênio 2 kg ha^{-1} via foliar



FIGURA 4. Plantas de soja cv. Luziânia mostrando o efeito da aplicação de 2 kg ha^{-1} de selênio via solo + foliar

Para altura de inserção do primeiro legume verificou-se efeito significativo para a interação formas versus doses (Tabela 2). Desdobrando-se a interação e verificando-se o efeito das formas em relação às doses, constatou-se que na aplicação foliar o aumento das doses proporcionou uma redução na altura do primeiro legume (Figura 5) atingindo inclusive o patamar mais baixo (12 cm).

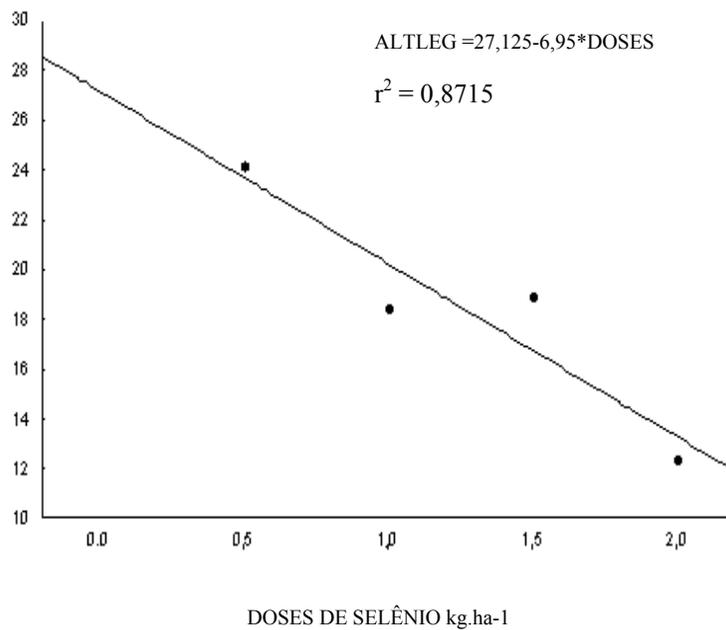


FIGURA 5. Variação da altura do primeiro legume (ALTLEG), em centímetros, em função das doses de selênio em kg ha⁻¹ aplicados na forma foliar.

As formas de aplicação solo e solo + foliar apresentaram um comportamento semelhante não apresentando diferenças significativas entre si.

5.2 Produtividade (PROD) e numero de legumes por planta (NLPLAN).

Após a manifestação da fitotoxidez por parte das plantas de soja, as mesmas mostraram uma recuperação aparente inclusive mostraram um florescimento normal e uniforme. De acordo com a Tabela 2 não se verificou nenhuma significância dos tratamentos nem para o numero de legumes por planta nem para a produtividade total que foi de 2099 kg ha⁻¹ em média (Tabela 4).

TABELA 4. Resultados médios da produtividade de grãos em kg ha⁻¹ (PROD) e do número de legumes por planta (NLPLAN) obtidas no experimento doses e formas de aplicação de selênio em plantas de soja cv. Luziânia. Itutinga - MG, 2005/2006.

DOSES	PROD				NLPLAN			
	Formas			MÉDIA	Formas			MÉDIA
FOL	SOL	S+F	FOL		SOL	S+F		
0,5	1853	2387	2193	2144	37	48	47	44
1	2283	2127	2130	2180	40	34	51	42
1,5	2053	1977	2510	2180	33	40	42	38
2	1453	2377	1847	1892	34	44	35	38
MÉDIAS	1911	2217	2170	2099	36	42	44	41
TESTEMUNHAS		2040				29		

A produtividade apresentou uma variação de 1453 a 2510 kg ha⁻¹ e o número de legumes por planta de 29 a 51.

Esses resultados podem ser devidos ao fato de que algumas plantas têm a propriedade de incorporar quantidades traços de selênio em proteínas, ou de metabolizarem o selênio pela rota de assimilação de enxofre (Zayed et al., 1998) podendo incorporar esses a selenoaminoácidos e suas proteínas, (Souza et al., 1998; Zayed et al., 1998);

5.3 Número de sementes por legume (NSEMLEG) e peso de 100 sementes (PCS).

Não foram verificadas diferenças significativas na quantidade média de sementes presentes nos legumes das plantas. O número de sementes, variou de 2,08 a 2,16 com uma media de 2,11 (Tabela 5).

TABELA 5. Resultados médios do número de sementes por legume e peso de 100 sementes em gramas, obtidas no experimento doses e formas de aplicação em plantas de soja cv. Luziânia. Itutinga - MG, 2005/2006.

DOSES	NSEMLEG				PCS			
	Formas			MÉDIAS	Formas			MÉDIAS
FOL	SOL	S+F	FOL		SOL	S+F		
0,5	2,16	2,09	2,13	2,13	15,08	16,35	15,45	15,63
1,0	2,09	2,1	2,14	2,11	15,7	15,6	15,09	15,46
1,5	2,09	2,13	2,08	2,10	15,55	15,49	16,53	15,86
2,0	2,11	2,08	2,13	2,11	14,06	15,79	16,23	15,36
MÉDIAS	2,11	2,1	2,12	2,11	15,1	15,81	15,83	15,28
TESTEMUNHAS	2,15				16,04			

No caso do peso de 100 sementes observa-se um efeito significativo para formas de aplicação e interação formas x doses ocorrendo uma variação de 14,06 a 16,53 (Tabelas 2 e 5).

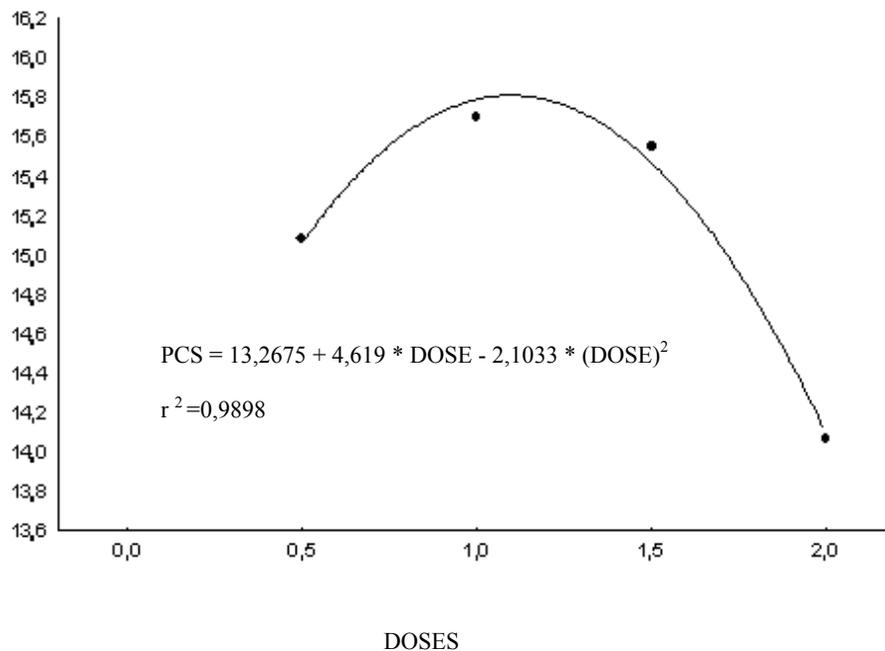


FIGURA 6. Variação do peso de 100 sementes (PCS) em gramas em função das doses de aplicação de selênio via foliar.

Ajustando-se as equações de regressão para (PCS) como variável dependente das doses de aplicação de selênio, observa-se que os efeitos das doses ou níveis de aplicação de selênio via foliar, seguiu um modelo quadrático (figura 6), onde se verifica um aumento do peso até o nível máximo de 15,80 gramas, com o nível máximo de selênio de $1,10 \text{ kg ha}^{-1}$, e com um posterior decréscimo do peso total das 100 sementes à medida que se aumentava a dose por hectare. A distribuição de Se em várias partes da planta difere de acordo com as espécies, suas fase de desenvolvimento, e suas condições fisiológicas. Em plantas acumuladoras de Se, esse elemento é acumulado em folhas jovens durante a fase vegetativa. Durante a fase reprodutiva, são encontrados níveis altos de Se em sementes enquanto o conteúdo de Se em folhas é drasticamente

reduzido (Who, 1982). Cereais não acumuladores, quando amadurecem, freqüentemente mostram o mesmo conteúdo de Se em grãos e raízes, com quantidades menores nos caules e folhas. A distribuição de Se em plantas também depende da forma e concentração de Se providas às raízes e da natureza e concentração de outras substâncias, especialmente sulfatos acompanhando o elemento (Souza et al., 1998; Zayed et al., 1998). Estudos realizados por Euliss & Carmichael (2004) determinaram que as plantas têm crescimento hidropônico reduzido sob concentração de 2 ppm de selênio, reduzindo o florescimento e o surgimento de sementes. No geral, o tratamento com selênio resultou em plantas menores, e em um menor rendimento quando comparado com a testemunha. Da mesma forma como anteriormente mencionado, a acumulação de selênio nos tecidos pode ter ocasionado esta diferença, já que quando aplicado diretamente às folhas o selênio pode ter se acumulado com maior facilidade nos tecidos responsáveis pela produção dos grãos.

6 CONCLUSÕES

- O aumento de doses de selênio proporciona redução na altura da planta e inserção do primeiro legume quando aplicadas via foliar causando fitotoxidez nas plantas, com sintomas de clorose, murchamento e requeima nas folhas.
- Não houve efeito de doses e de formas de aplicação de selênio na produtividade de grãos de soja, cultivar luziânia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARD, R.L.; CHAMBERLAIN, D.W.; LAWRECE, R. D. (Ed.). **Results of the cooperative uniform soybean tests**. Washintong: USDA, 1965. 134p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84p.

COELHO, N. M. M.; BACCAN, N. Determinação de ultratraços de selênio em urina por geração de hidretos e espectrometria de absorção atômica em fluxo. **Eclética Química**, v. 29, n. 1, p. 7-14, 2004.

EULISS, K. W.; CARMICHAEL, J. S. The effects of selenium accumulation in hydroponically grown canola (*Brassica napus*). **Biological & Biomedical Sciences**, v. 1, 2004.

EUROLA, M.; ALFTHAN, G.; ARO, A.; EKHOLM, P.; HIETAMNIEMI, V.; RAINIO, H.; RANKANEN, R.; VENALAINEN, E. **Results of the Finnish selenium program 2000-2001**: agrifood research reports 36, 2003. 45p. Disponível em: <<http://www.mtt.fi/met/pdf/met36.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2005

EUROLA, M.; HIETAMNIEMI, V. **Twenty years of selenium fertilization**. Helsinki, Finland, 2005. 108p. (Proceedings. Agrifood reports 69). Disponível em: <http://www.mtt.fi/met/pdf/met69.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2007.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182p.

FERREIRA, K. S.; GOMES, J. C.; BELLATO, C. R.; JORDÃO, C. P. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, v. 11, n.3 2002. Disponível em: <http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S102049892002000300006&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 15 jan.2007.

HAWRYLAK, B.; SZYMAŃSKA, M. Selenium as a sulphhydrylic group inductor in plants. **Cellular & Molecular Biology Letters**, v. 9, p. 329-336, 2004.

MIKKELSEN, R. L.; PAGE, A. L.; HAGHNA, G. H. Effect of salinity and its composition on the accumulation of selenium by alfalfa. **Plant Soil**, v.107, p.63-67, 1988.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VICENTE, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359p.

SCHRAUZER, G. N. Commentary: nutrition selenium supplements: Product types, quality, and safety. Dietary Supplement Fact sheet:Selenium. **Journal American College of Nutrition**, v.20, p.1-4, 2001. Disponível em: <<http://ods.od.nih.gov/factsheets/selenium.asp>>. Acesso em: 10 jul. 2005.

SCHRAUZER, G. N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. **Adv. Food Nutr. Res.**, v.47, p.73112, 2003. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=14639782&dopt=Abstract>. Acesso em: 12 jul. 2005.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004.

SOUZA, M. P.; PILON-SMITS, E. A. H.; LYTLE, C. M. L.; HWANG, S.; TAI, J.; HONMA, T. S. U.; YEH, L.; TERRY, N. Rate-limiting steps in selenium assimilation and volatilization by Indian Mustard. **Plant Physiology**, v. 117, p. 1487-1494, 1998.

TURAKAINEN, M.; HARTIKAINEN, H.; SEPPANEN, M. Selenium in plants. In: EUROLA, M.; HIETAMNIEMI, V. **Twenty years of selenium fertilization**. Helsinki, Finland, 2005. 108 p. (Proceedings. Agrifood reports, 69). Disponível em: <<http://www.mtt.fi/met/pdf/met69.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2007

WHITE, P. J.; BOWEN, H. C.; PARMAGURU, P.; FRITZ, M.; SPRACKLEN, W. P.; SPIBY, R. E.; MEACHAM, M. C.; MEAD, A.; HARRIMAN, M.; TRUEMAN, L.T.; SMITH, M. B.; THOMAS, B.; BROADLEY, M. R. Interactions between selenium and sulphur nutrition in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 404, 2004. Disponível em: <<http://jxb.oxfordjournals.org/misc/terms.shtml>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

WHO, E. Selenpflanzen (Selenophyten). In: KINZEL, H. (Ed.). **Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel**. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 1982. p. 511-519.

YANG, F.; CHEN, L.; HU, Q.; PAN, G. Effect of application of selenium content of soybean and its products. **Biological trace element research**, v. 93, n. 1-3, p. 249-256, 2003.

ZAYED, A.; LYTLE, C.M.; TERRY, N. Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants. **Planta**, v.206, 284-292, 1998.