

## Mn foliar sobre a qualidade sanitária e lignina de sementes de soja convencional e resistente ao glifosato<sup>1</sup>

### Foliar manganese in the health and lignin quality of conventional and glyphosate-resistant soybean seeds

Everson Reis Carvalho<sup>2\*</sup>, João Almir Oliveira<sup>2</sup>, Leandro Vilela Reis<sup>2</sup> e Thaís Francielle Ferreira<sup>2</sup>

**RESUMO** - O Mn pode estar associado à resistência das plantas aos fungos, por meio da lignificação ou inibição direta. Objetivou-se neste trabalho avaliar a aplicação foliar de Mn sobre a incidência de fungos, teores de Mn e de lignina nas sementes de soja oriundas de cultivares convencionais e de suas derivadas transgênicas resistentes ao glifosato (RR). O ensaio foi conduzido na Universidade Federal de Lavras, em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4 x 4 x 2, sendo quatro cultivares de soja, duas convencionais e suas derivadas RR (BRS Celeste e BRS Baliza RR; BRSGO Jataí e BRS Silvânia RR), quatro doses de Mn via foliar (0; 200; 400 e 600 g Mn ha<sup>-1</sup>) e dois estádios de aplicação (R<sub>1</sub> ou R<sub>3</sub>). Antes e após seis meses de armazenamento, as sementes foram submetidas ao teste de sanidade (Blotter test). Foram determinados os teores de Mn nas sementes e de lignina no tegumento. Verificou-se que a aplicação foliar de Mn proporciona menores incidências de *Cercospora kikuchii*, *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. nas sementes de soja produzidas. O Mn aplicado via foliar na soja, tanto no estádio R<sub>1</sub> como em R<sub>3</sub>, transloca até as sementes, mas não afeta a produção de lignina no tegumento das mesmas. Os teores de lignina no tegumento das sementes de soja são inferiores nas cultivares convencionais, Celeste e Jataí, em relação às suas derivadas transgênicas resistentes ao glifosato, Baliza RR e Silvânia RR.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Manganês. Patógenos. Transgênicos.

**ABSTRACT** - Manganese may be associated with plant resistance to fungi, either through lignification or direct inhibition. The aim of this study was to evaluate the foliar application of Mn on the incidence of fungi and the levels of Mn and lignin in soybean seeds from conventional cultivars and their transgenic glyphosate-resistant derivatives (RR). The test was conducted at the Federal University of Lavras, in the state of Minas Gerais, Brazil, using a randomized block design with three replications in a 4 x 4 x 2 factorial scheme, comprising four soybean cultivars, two conventional and their RR derivatives (BRS *Celeste* and BRS *Baliza* RR; BRSGO *Jataí* and BRS *Silvânia* RR), four foliar dosages of Mn (0, 200, 400 and 600 g Mn ha<sup>-1</sup>) and two application stages (R<sub>1</sub> and R<sub>3</sub>). Prior to, and after six months of storage, the seeds were subjected to a health test (Blotter test). The levels of Mn in the seeds and lignin in the seed coat were determined. It was found that foliar application of manganese affords a lower incidence of *Cercospora kikuchii*, *Fusarium* spp. and *Aspergillus* spp. in the soybean seeds produced. Foliar applications of Mn in the soybean, both at the R<sub>1</sub> and R<sub>3</sub> stages, translocates to the seeds, but does not affect lignin production in the seed coat. Levels of lignin in the seed coat of the soybean are lower in the conventional cultivars, *Celeste* and *Jataí*, in relation to their transgenic glyphosate-resistant derivatives, *Baliza* RR and *Silvânia* RR.

**Key words:** *Glycine max*. Manganese. Pathogens. Genetically modified.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 24/05/2013; aprovado em 23/10/2014

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras/UFLA

<sup>2</sup>Departamento de Agricultura, Setor de Sementes/Universidade Federal de Lavras/UFLA, Cx. Postal 3037, Lavras-MG, Brasil, 37.200-000. eversonreiscarvalho@gmail.com, jalmir@dag.ufla.br, leandroreis833@gmail.com, franthata@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

Em programas de melhoramento existe a preocupação em selecionar genótipos cujas sementes tenham características desejáveis quanto à resistência a doenças e pragas, teores de óleo, de proteína e de lignina (COSTA *et al.*, 2001; VASCONCELOS *et al.*, 2008). Quanto ao teor de lignina, existem algumas inferências de que o processo de lignificação pode ser afetado pelo manganês (Mn), que ativa a sintetase de desoxi-D-arabino heptulosanato-7-P, ligado à via do ácido chiquímico, resultando na produção de lignina, a qual constitui barreira física à entrada de patógenos. Também é cofator da liase de fenilamina e amônia que estão ligadas à produção de ácido cinâmico e de lignina (MALAVOLTA, 2006).

O Mn pode estar associado à resistência das plantas aos fungos, por meio da lignificação ou inibição direta, dentre outros mecanismos (MALAVOLTA, 2006). A deposição de lignina é importante não só para conferir impermeabilidade e resistência aos tecidos da planta, como caule e folhas, mas também para o tegumento de sementes de soja (CAPELETI *et al.*, 2005; PANOBIANCO *et al.*, 1999). Características do tegumento como a impermeabilidade e o elevado teor de lignina, podem contribuir na obtenção de sementes de soja de elevado potencial fisiológico (SILVA *et al.*, 2008). Dantas *et al.* (2012) constataram que o maior teor de lignina no tegumento de sementes de soja não conferiu maior resistência à infecção por *Aspergillus flavus*. Trabalhos são escassos que relacionem a nutrição mineral e o teor de lignina, principalmente em se tratando de sementes de soja; neste sentido, Bellaloui (2012) verificou que a aplicação foliar com boro modificou os teores de fenol, lignina e isoflavonas de sementes de soja.

Indagações têm sido geradas em relação aos teores de lignina entre cultivares transgênicas RR (Roundup Ready, Evento GTS 40-3-2) e convencionais (GRIS *et al.*, 2010; ZONETTI *et al.*, 2011). Zonetti *et al.* (2011) trabalhando com dois pares de cultivares de soja, RR e convencional, constataram que em um deles, a RR apresentou maior teor de lignina nas raízes. Tal questionamento se baseia no fato de a alteração transgênica RR estar ligada ao ciclo do ácido chiquímico, o mesmo utilizado para produção de lignina. Gris *et al.* (2010) utilizando cinco pares de RR e convencional, verificaram em um par, que a cultivar RR apresentou maior teor de lignina no tegumento das sementes de soja em relação à sua convencional. Paralelamente, existem questionamentos quanto à relação entre o Mn e a soja RR e convencional, Huber (2007) relatou menor eficiência da soja RR na absorção de Mn. Gordon (2007) verificou teor foliar de Mn inferior na soja RR em detrimento à convencional. Porém, Andrade e Rosolem (2011) constataram que a inclusão do gene de resistência ao glifosato não afetou a nutrição com Mn em soja RR.

Assim, o objetivo nesta pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação foliar de Mn na incidência de fungos, nos teores de Mn e de lignina nas sementes de soja oriundas de cultivares convencionais e de suas derivadas transgênicas RR.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras-MG, Brasil. A cidade está localizada na região Sul de Minas Gerais, latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W Gr. e 918 m de altitude. O clima de Lavras, segundo a classificação climática de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com as maiores precipitações em dezembro e janeiro, quando a média mensal pode chegar a 321 mm, a precipitação média anual é de 1.460 mm (DANTAS *et al.*, 2007).

Na área experimental (Latossolo Vermelho distroférrico), por meio da análise química do solo coletado de 0,00 - 0,20 metro de profundidade, verificou-se 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de Mn utilizando o extrator Mehlich 1, este teor foi classificado como baixo, uma vez que o nível crítico considerado por Ribeiro *et al.* (1999) é 8,0 mg dm<sup>-3</sup>. O preparo do solo foi constituído de uma aração e uma gradagem. Para abertura dos sulcos de semeadura, espaçados em 0,50 metro, utilizou-se tração mecanizada. A adubação foi realizada de acordo com as recomendações em Ribeiro *et al.* (1999), foram aplicados 400 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 04-30-10 no sulco de semeadura.

As cultivares de soja utilizadas foram duas convencionais e suas derivadas transgênicas (RR) tolerantes ao herbicida glifosato, conforme Gris *et al.* (2010), sendo os pares de cultivares: BRS Celeste e BRS Baliza RR, BRSGO Jataí e BRS Silvânia RR. As sementes foram tratadas com o fungicida formulado, Carbendazin + Thiram e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se inoculante turfoso na proporção de 1.200.000 bactérias por semente. A semeadura foi realizada no dia 12 de novembro e o desbaste aos 15 dias após emergência das plântulas, mantendo-se 15 plantas por metro linear. As parcelas experimentais foram constituídas de 4 fileiras de plantas, com 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,5 metro, sendo que apenas as duas linhas centrais, desconsiderando 0,5 metro em cada extremidade, foram consideradas úteis.

Para controle de plantas invasoras foi aplicado apenas o fluzifope-P-butílico + fomesafem. O controle de doenças e pragas foi realizado utilizando os fungicidas Azoxistrobina + Ciproconazol e Tiofanato-metílico e os inseticidas Gama-cialotrina e Beta-ciflutrina + Imidacloprido.

Nas aplicações de Mn via foliar foram utilizadas quatro doses: 0, 200, 400 e 600 g Mn ha<sup>-1</sup>, com aplicação

única juntamente com adjuvante vegetal. Na dose 0 g Mn ha<sup>-1</sup> foi aplicado água com adjuvante vegetal e nas demais a fonte de Mn utilizada foi um produto comercial com garantia de Mn solúvel em água de 137,50 g L<sup>-1</sup>. As aplicações do Mn foliar foram realizadas no estádio de desenvolvimento da planta R<sub>1</sub>, início do florescimento; ou R<sub>3</sub>, início da formação da vagem (FEHR *et al.*, 1971). Utilizou-se pulverizador costal de pressão constante por CO<sub>2</sub> (2,8 kgf cm<sup>-2</sup>) e consumo de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. Para controle da deriva durante a aplicação, a parcela foi envolvida com biombo de lona plástica.

A colheita foi realizada manualmente quando as plantas se encontravam entre R<sub>7</sub>, maturidade fisiológica, e R<sub>8</sub>, maturação plena (FEHR *et al.*, 1971), foi efetuada secagem natural, até que as sementes atingissem teor de água próximo a 13% (base úmida). A debulha foi realizada por meio de trilhadora mecânica estacionária de parcelas, com cilindro e côncavo transversais. Para as análises e determinações foram utilizadas sementes retidas nas peneiras de crivo circular 5,5 e 6 mm.

As sementes foram acondicionadas em embalagens de papel multifoliado e armazenadas em armazém convencional, condições não controladas (Temperatura média: 19,1 °C; Umidade relativa do ar média: 65,4%) na UFLA em Lavras-MG. As sementes permaneceram armazenadas nestas condições por seis meses.

Antes e após o armazenamento, as sementes foram submetidas ao teste de sanidade, o qual foi conduzido utilizando o método de incubação em papel de filtro sem congelamento (Blotter test), com 2,4-D. Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes por parcela. As sementes foram avaliadas quanto à porcentagem de fungos encontrados (BRASIL, 2009). Para a identificação dos patógenos foram utilizados microscópio ótico e lupa estereoscópica.

Determinou-se os teores de Mn nas sementes e de lignina no tegumento, em duas amostras de 50 sementes por parcela. Para o teor de Mn, as amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica para determinação por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), no Departamento de Química da UFLA. A quantificação de lignina no tegumento das sementes foi realizada conforme Capeleti *et al.* (2005).

O delineamento experimental utilizado foi blocos completos casualizados (DBC) com três repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4 x 4 x 2, envolvendo: quatro cultivares de soja, quatro doses de Mn via foliar e dois estádios de aplicação. As análises estatísticas antes e após o armazenamento foram realizadas separadamente. Os dados referentes à incidência de patógenos foram previamente transformados em  $(x + 1)^{1/2}$ . Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2011), a 5% de

probabilidade pelo teste F. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Scott-Knott, ao nível de 5%, ou foram realizadas análises de regressões polinomiais, com a escolha de modelos matemáticos significativos a 5%, com maior valor de coeficiente de determinação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Qualidade sanitária das sementes antes do armazenamento

O fungo encontrado em maior porcentagem nas sementes foi *Cercospora kikuchii*, seguido de *Phomopsis* sp. e *Fusarium* spp.. Os estádios de aplicação não proporcionaram diferenças significativas nas incidências fúngicas. Observou-se interação significativa entre os fatores cultivares e doses na incidência de *Cercospora kikuchii*, *Fusarium* spp. e *Phomopsis* sp.

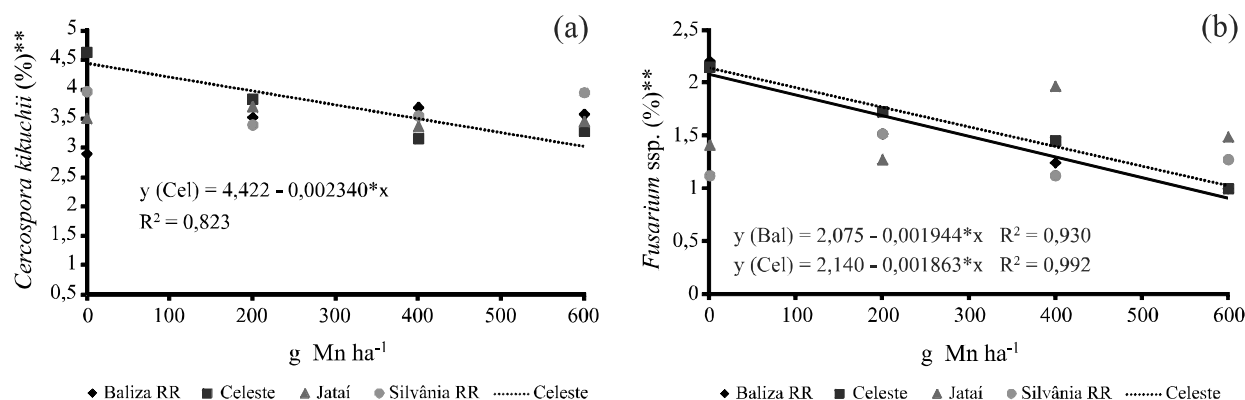
Para incidência de *Cercospora kikuchii*, houve diferença significativa entre as doses apenas nas sementes da cultivar Celeste (Figura 1a). Para esta cultivar, quanto maior a dose de Mn foliar aplicada menor foi a incidência do fungo nas sementes. Sem a utilização do Mn foliar a média estimada da incidência foi 18,53% (Para melhor adequação os valores citados foram os não transformados) e com a aplicação de 200 g Mn ha<sup>-1</sup> este valor caiu para 14,60%, atingindo a incidência mínima 8,06% com a dose máxima do micronutriente.

Esta relação benéfica do Mn foliar sobre a diminuição da incidência de *Cercospora kikuchii* pode estar relacionada ao observado por Graham e Webb (1991), em que o Mn, entre todos os micronutrientes pode ser o mais importante no desenvolvimento da resistência da planta às doenças fúngicas das raízes e das folhas. Estudos sobre esta relação em sementes de soja são escassos, mas como o Mn está relacionado ao desenvolvimento desta resistência nas plantas, consequentemente, poderá propiciar uma menor contaminação fúngica das sementes produzidas, devido à menor fonte de inóculo na planta.

Pelos resultados do percentual de *Cercospora kikuchii* entre as cultivares em função das doses, somente na dose 0 g Mn ha<sup>-1</sup> é que houve diferença significativa, sendo as maiores incidências verificadas nas sementes das cultivares Celeste e Silvânia RR, 20,34 e 14,60%, respectivamente.

Entre as doses de Mn foliar foi verificado efeito significativo apenas nas cultivares Baliza RR e Celeste, para incidência de *Fusarium* spp. (Figura 1 b). Em ambas cultivares a tendência foi linear, com a diminuição da incidência de *Fusarium* spp. com o aumento da quantidade de Mn foliar aplicado. Para a cultivar Baliza RR a incidência média sem a aplicação de Mn

**Figura 1** - Equação de regressão para incidência de *Cercospora kikuchii* e *Fusarium* spp. em sementes de soja, em função de doses de Mn foliar aplicadas às plantas de diferentes cultivares. \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. \*\* transformados em  $(x + 1)^{1/2}$



foliar foi de 3,30%, chegando a 0% com 600 g Mn ha<sup>-1</sup>. Nas sementes da cultivar Celeste as incidências foram semelhantes, o valor com a dose 0 g Mn ha<sup>-1</sup> foi 3,57%, com a aplicação de Mn foliar a incidência diminuiu, atingido 0,04% com a dose máxima aplicada, reforçando o efeito do Mn sobre a incidência de *Fusarium* spp.

As sementes das cultivares diferiram entre si quanto à incidência de *Fusarium* spp. com as doses 0 e 400 g Mn ha<sup>-1</sup>, sendo que na dose inicial, ausência de Mn foliar, para Baliza RR e Celeste foram observadas maiores médias (Tabela 1). Mas com aplicação de Mn estas médias diminuíram devido ao efeito do micronutriente nestes genótipos, possivelmente relacionada ao efeito da inibição direta.

Para a incidência de *Phomopsis* sp. nas sementes de soja foi detectado efeito significativo de doses de Mn aplicadas nas cultivares Jataí e Silvânia RR, com efeitos de terceiro e segundo grau, respectivamente:  $y = -0,0000001x^3 + 0,000082x^2 - 0,014925x + 2,757$  ( $R^2 = 1$ ) e  $y = -0,000011x^2 + 0,005344x + 2,816$  ( $R^2 = 0,999$ ). Para Jataí, a incidência partiu de 6,62%, atingindo 2,88% com a aplicação de 115,34 g Mn ha<sup>-1</sup>, a partir desta dose, houve aumento da incidência de *Phomopsis* sp. com a elevação

da dose até 431,32 g Mn ha<sup>-1</sup> e depois queda. Na cultivar Silvânia RR, com a aplicação de Mn foliar verificou-se aumento da incidência de *Phomopsis* sp. até a dose 242,90 g Mn ha<sup>-1</sup> atingindo 10,97% e após esta dose houve queda. Dados estes que não corroboram com o observado para a incidência de *Cercospora kikuchii* e *Fusarium* spp., antes do armazenamento.

Entre as cultivares em função das doses de Mn foliar, os genótipos só diferiram com a dose 600 g Mn ha<sup>-1</sup>, sendo que nas sementes de Baliza RR e Celeste foram verificadas maiores incidências de *Phomopsis* sp. em relação às de Silvânia RR e Jataí.

### Composição química das sementes

Por meio da análise de variância dos resultados de composição química, que envolve o teor de Mn na semente inteira e o teor de lignina no tegumento das sementes, foi constatado que o teor de Mn nas sementes foi influenciado significativamente pelos fatores cultivar, dose, estágio de aplicação e interação cultivar x dose. Para o teor de lignina no tegumento observou-se diferença significativa apenas entre as cultivares.

**Tabela 1** - Incidência (%) de *Fusarium* spp. em sementes de cultivares de soja nas diferentes doses de Mn foliar

Cultivares	Doses de Mn foliar*			
	0	200	400	600
Baliza RR	4,00 b	1,66 a	0,66 a	0,00 a
Celeste	4,00 b	2,33 a	1,33 a	0,00 a
Jataí	1,33 a	1,00 a	3,00 b	1,33 a
Silvânia RR	0,33 a	1,66 a	0,33 a	1,00 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em  $(x + 1)^{1/2}$ )

Os teores médios de Mn nas sementes oriundas da aplicação realizada no estádio R<sub>3</sub> foi 24,31 ppm de Mn nas sementes, já com a aplicação em R<sub>1</sub> o valor médio foi 23,43 ppm de Mn. Este fato pode estar relacionado ao período de acúmulo de reservas nas sementes, pois a aplicação em R<sub>3</sub>, início da formação da vagem, foi realizada mais próxima ao enchimento das sementes em relação à R<sub>1</sub>, início do florescimento.

Para as doses de Mn foliar foram verificadas diferenças estatísticas em todas as cultivares (Figura 2). Para Baliza RR, Jataí e Silvânia RR os efeitos das doses foram quadráticos, com os acúmulos máximos de Mn nas sementes de 26,8; 27,09 e 23,08 ppm proporcionados pelas doses 232,44; 465,78 e 266,11 g Mn ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Na cultivar Celeste, a influência das doses de Mn foliar sobre o teor de Mn nas sementes foi linear, com a dose 0 g Mn ha<sup>-1</sup> o teor foi 22,31 ppm Mn, já com a dose máxima o teor alcançou 24,58 ppm Mn. O Mn aplicado via foliar translocou-se até as sementes, modificando o

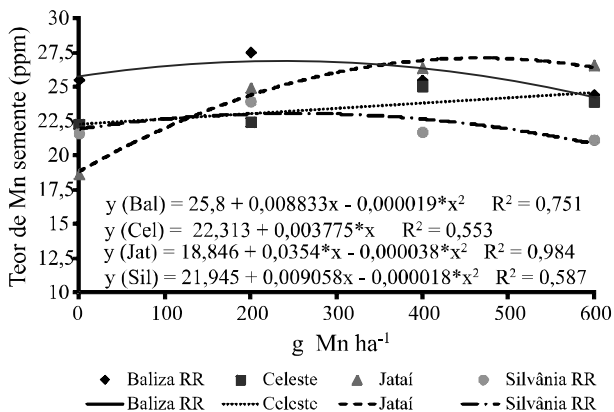
teor do micronutriente nas sementes de soja produzidas, o que indica mobilidade para as sementes em formação. Conforme Malavolta (2006), o Mn é classificado usualmente como imóvel no floema, entretanto, transloca-se às sementes em desenvolvimento.

Constatou-se diferença estatística nos teores de Mn nas sementes das cultivares com todas as doses de Mn foliar (Tabela 2). Nas doses 0 e 200 g Mn ha<sup>-1</sup> o teor de Mn nas sementes da cultivar Baliza RR foi superior às demais. Já com 400 g Mn foliar, Baliza RR, Celeste e Jataí não diferiram e superaram Silvânia RR. Na dose máxima, o maior valor foi obtido nas sementes de Jataí, seguido de Baliza RR e Celeste que não diferiram, o teor de Mn foi inferior nas sementes de Silvânia RR. Gordon (2007) verificou que o teor foliar de Mn na soja RR era menor do que o constatado na cultivar convencional. No presente trabalho (Tabela 2), quanto ao teor de Mn nas sementes, este menor acúmulo de Mn em RR em relação à sua convencional não foi constatado.

A aplicação foliar de Mn não afetou estatisticamente o teor de lignina no tegumento das sementes de soja produzidas. A relação entre o Mn e a formação e acúmulo de lignina relatada por Malavolta (2006), Marschner (1995) e Panobianco *et al.* (1999) não foi verificada no presente trabalho. Nesta linha, Bellaloui (2012) verificou que aplicação foliar de boro modificou os teores de fenol, lignina, isoflavonas e açúcares nas sementes de soja.

Somente entre as cultivares o teor de lignina no tegumento das sementes diferiu, sendo que Silvânia RR apresentou maior teor, seguido de Jataí, Baliza RR e Celeste, que diferiram entre si (Tabela 3). Verificou-se que o teor de lignina no tegumento das sementes de Jataí foi inferior ao observado em sua derivada transgênica RR, Silvânia RR. Comportamento semelhante foi verificado junto ao outro par, com teor de lignina nas sementes de Baliza RR superior ao observado em Celeste. Observação esta que sustenta a inferência de que cultivares RR apresentam maiores teores de lignina no tegumento das sementes, em relação às suas convencionais, independente da aplicação

**Figura 2** - Equação de regressão para teor de manganês em sementes de soja, em função de doses de Mn foliar aplicadas às plantas de diferentes cultivares. \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste t



**Tabela 2** - Teor médio de manganês (ppm) em sementes de diferentes cultivares de soja oriundas de plantas que receberam doses de Mn, via aplicação foliar

Cultivares	Doses de Mn foliar*			
	0	200	400	600
Baliza RR	25,55 a	27,55 a	25,51 a	24,45 b
Celeste	22,30 b	22,46 b	25,06 a	23,95 b
Jataí	18,66 c	24,95 b	26,40 a	26,61 a
Silvânia RR	21,63 b	23,96 b	21,73 b	21,16 c

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Scott-Knott

**Tabela 3** - Teor médio de lignina no tegumento (g%) de sementes de diferentes cultivares de soja

Cultivares	Teor de lignina tegumento (g%)*
Silvânia RR	0,5954 a
Jataí	0,5364 b
Baliza RR	0,4171 c
Celeste	0,3132 d

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott

de Mn foliar. Zonetti *et al.* (2011) constataram que a cultivar RR apresentou maior teor de lignina nas raízes; Gris *et al.* (2010) verificaram tal fato no tegumento das sementes da cultivar Silvânia RR em detrimento à Jataí.

### Qualidade sanitária das sementes após o armazenamento

Verificou-se que as incidências de *Cercospora kikuchii*, *Fusarium* spp., *Phomopsis* sp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. diferiram entre as cultivares. As doses do Mn foliar afetaram a incidência de *Aspergillus* spp.. A interação cultivar, dose e estágio foi significativa para a incidência de *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp..

Quanto à incidência de *Cercospora kikuchii* entre as sementes das cultivares de soja, o menor valor foi constatado em Baliza RR em relação às demais, que não diferiram entre si (Tabela 4). A aplicação de Mn foliar não afetou a incidência de *Cercospora kikuchii* nas sementes após o armazenamento.

A incidência de *Phomopsis* sp. nas sementes de soja foi distinta entre as cultivares, o menor valor foi verificado em Silvânia RR (Tabela 4). Quanto a incidência de *Penicillium* spp., nas sementes de Baliza RR e Silvânia RR foram constatadas médias superiores em relação à Jataí e Celeste (Tabela 4).

Para a incidência de *Fusarium* spp. nas sementes, os efeitos das doses de Mn foram significativos nas cultivares Celeste e Baliza RR, genótipos derivados, com a aplicação foliar do Mn realizada no estágio R<sub>1</sub> (Figura 3 a). Em Baliza RR, a tendência da incidência de *Fusarium* spp. em função das doses de Mn foliar foi linear, com relação inversa, quanto maior a dose do micronutriente utilizada menor foi a incidência do fungo. Sem a aplicação do Mn a incidência foi 9,69%, atingindo o mínimo (1,89%) com 600 g Mn ha<sup>-1</sup>. Para Celeste, o modelo que se ajustou aos dados foi o de terceiro grau, partindo de 2,20% na dose 0 g Mn ha<sup>-1</sup> e alcançando a incidência mínima (0,51%) com a dose 402,50 g Mn ha<sup>-1</sup>. Antes do armazenamento, as incidências de *Fusarium* spp. em Baliza RR e Celeste também foram influenciadas pelas doses do Mn foliar, com menores incidências em função das maiores doses (Figura 1b). O que demonstra, desta maneira, a relação entre a aplicação do Mn foliar e a incidência de *Fusarium* spp. em sementes de soja produzidas.

Já com a aplicação de Mn no estágio R<sub>3</sub> somente nas sementes da cultivar Jataí houve significância da utilização do Mn foliar na incidência de *Fusarium* spp. (Figura 3b). O efeito foi quadrático, sendo a incidência mínima 0,61% proporcionada pela aplicação da dose 203,09 g Mn ha<sup>-1</sup>.

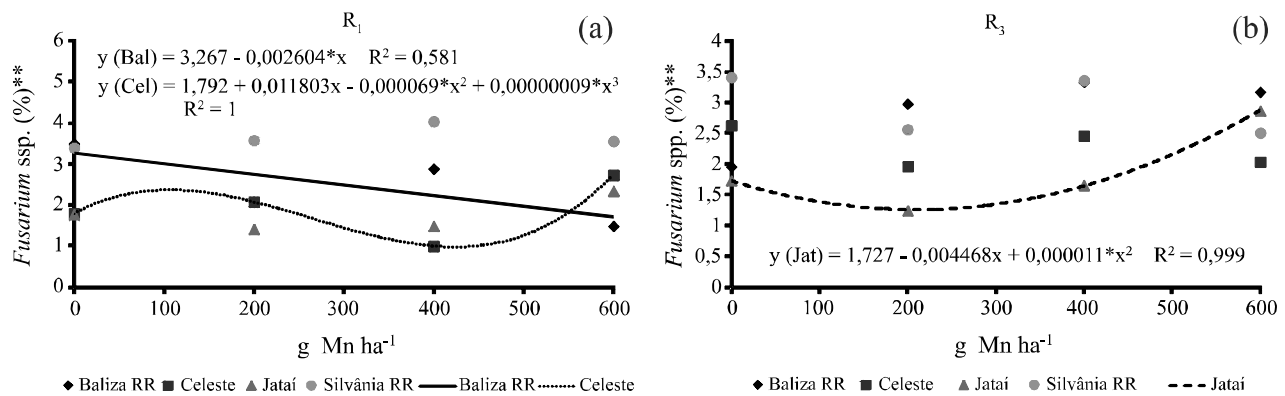
Entre as cultivares em função das doses de Mn foliar e estágios de aplicação, estas diferiram quanto a incidência de *Fusarium* spp. em todas as doses, com a aplicação realizada em R<sub>1</sub> (Tabela 5). Na ausência de Mn foliar, as maiores incidências de *Fusarium* spp. foram observadas nas cultivares Baliza RR e Silvânia RR, com a aplicação do Mn foliar foram verificadas maiores incidências de *Fusarium* spp. nas sementes da cultivar Silvânia RR. Já com a aplicação no estágio R<sub>3</sub>, as diferenças entre as cultivares foram significativas com as doses 0, 200 e 400 g Mn ha<sup>-1</sup>, com sementes de Silvânia RR sempre entre às de maior incidência de *Fusarium* spp., o que se alinha ao verificado em R<sub>1</sub>.

Quanto aos estágios de aplicação em função de cada cultivar e dose de Mn foliar, diferença significativa foi constatada em Baliza RR na dose 600 g Mn ha<sup>-1</sup>, com

**Tabela 4** - Incidência (%) de *Cercospora kikuchii* (Cer.), *Phomopsis* sp. (Pho.) e *Penicillium* spp. (Pen.) em sementes de diferentes cultivares de soja, após o armazenamento

Cultivares	Cer.*	Pho.*	Pen.*
Baliza RR	7,75 a	9,00 b	4,33 b
Celeste	12,00 b	9,25 b	1,16 a
Jataí	11,41 b	11,66 b	2,16 a
Silvânia RR	11,25 b	5,08 a	3,25 b

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em  $(x + 1)^{0.5}$ )

**Figura 3** - Equação de regressão para incidência de *Fusarium* spp. em sementes de soja após o armazenamento, em função de doses de Mn foliar aplicadas em diferentes estádios e cultivares. \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. \*\* transformados em  $(x + 1)^{1/2}$ **Tabela 5** - Incidência (%) de *Fusarium* spp. em sementes de diferentes cultivares de soja em função dos estádios de aplicação e doses de Mn foliar, após o armazenamento

Estádios	Cultivares	Doses de Mn foliar*			
		0	200	400	600
R1	Baliza RR	11,33 b	4,00 a	8,00 b	1,33 a
	Celeste	2,66 a	4,00 a	0,00 a	6,66 a
	Jataí	3,33 a	1,33 a	1,33 a	4,66 a
	Silvânia RR	10,66 b	12,0 b	15,33 c	12,0 b
R3	Baliza RR	3,33 a	8,66 b	10,66 b	9,33 a
	Celeste	6,00 b	3,33 a	5,33 a	3,33 a
	Jataí	2,00 a	0,66 a	2,00 a	7,33 a
	Silvânia RR	10,66 b	6,00 b	10,66 b	5,33 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em  $(x + 1)^{1/2}$ )

incidência média de *Fusarium* spp. para  $R_3$  (9,33%) mais elevada do que para  $R_1$  (1,33%). Diferenças também foram verificadas em Celeste quando foram aplicados 400 g Mn ha<sup>-1</sup>, com a incidência observada em  $R_1$  (0,00%) inferior à  $R_3$  (5,33%). Quando houve significância entre as incidências de *Fusarium* spp. em função dos estádios, as incidências foram menores nas aplicações realizadas em  $R_1$ .

Em relação às doses de Mn foliar, com a aplicação realizada em  $R_1$ , não houve diferença significativa na incidência de *Aspergillus* spp. em nenhuma das cultivares. Porém, com a aplicação em  $R_3$ , as doses de Mn proporcionaram incidências distintas em Baliza RR e Silvânia RR (Figura 4), em ambas as cultivares a tendência dos dados foi quadrática. Para as duas cultivares quando não foi aplicado o Mn foliar as incidências foram elevadas, mas com a aplicação de Mn foliar as incidências

diminuíram, atingindo já com a dose 200 g Mn ha<sup>-1</sup>, em Baliza RR e Silvânia RR as incidências de 13,98 e 5,5%, respectivamente. As incidências mínimas, 2,49 e 2,13%, foram proporcionadas pelas doses 457,91 e 366,19 g Mn ha<sup>-1</sup> nas cultivares Baliza RR e Silvânia RR, respectivamente (Figura 4). A incidência de *Aspergillus* spp. em sementes de soja, após o armazenamento, pode ser amenizada em razão da aplicação de Mn foliar às plantas produtoras e possivelmente relacionada ao teor do micronutriente nas sementes.

As cultivares diferiram quando a aplicação se deu em  $R_1$  com as doses 200 e 400 g Mn ha<sup>-1</sup>, sendo que em ambas foram verificadas as menores incidências de *Aspergillus* spp. (0%) nas sementes da cultivar Celeste (Tabela 6). Nesta cultivar foi constatado o menor teor de lignina no tegumento das sementes (Tabela 3), nas demais cujos teores de lignina foram mais elevados as incidências de *Aspergillus* spp. foram mais altas, o que leva a inferir que maior teor de

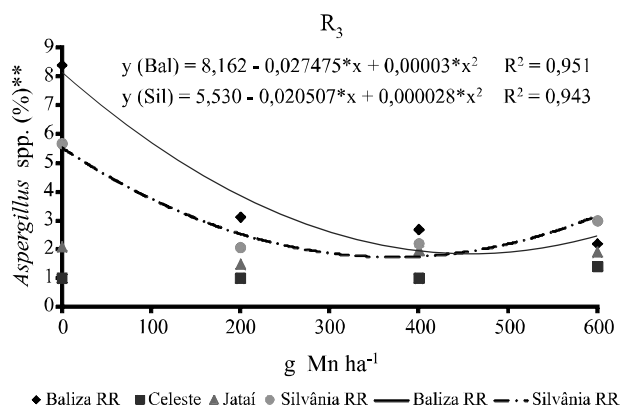
lignina no tegumento das sementes de soja não resulta em maior resistência ao *Aspergillus* spp.. Este fato corrobora com o constatado por Dantas *et al.* (2012), que maior teor de lignina no tegumento de sementes de soja não confere maior resistência ao fungo de armazenamento *Aspergillus flavus*.

Observação esta também verificada quando a aplicação foi realizada em R<sub>3</sub>, as incidências foram distintas entre as cultivares somente com a dose 0 g Mn ha<sup>-1</sup> (Tabela 6). Celeste e Jataí com incidências menores em relação à Silvânia RR, seguida de Baliza RR. Nas sementes da cultivar Celeste, menor teor de lignina, a incidência de *Aspergillus* spp. foi 0%, ao passo que nas

sementes de Silvânia RR, maior teor de lignina (Tabela 3), este valor foi de 32%. Com a utilização do Mn foliar, os valores iniciais verificados para Baliza RR e Silvânia RR, considerados elevados, diminuíram e se igualaram aos das demais cultivares (Tabela 6).

As incidências de *Cercospora kikuchii* e de *Fusarium* spp. nas sementes de soja antes do armazenamento (Figura 1), de *Fusarium* spp. e de *Aspergillus* spp. após o armazenamento (Figuras 3 e 4), diminuíram em função do aumento da dose aplicada de Mn foliar, de maneira geral. Em se tratando da relação do Mn com a resistência da planta às doenças fúngicas, cinco possíveis mecanismos do efeito favorável deste micronutriente na planta foram citados por Malavolta (2006). Dois destes mecanismos podem estar relacionados com o verificado neste trabalho, lignificação e inibição direta, mesmo que por analogia, devido à falta de informações em se tratando de sementes. Quanto à lignificação, o Mn está associado à via do ácido chiquímico que é ligado à produção de lignina, sendo ela barreira física à patógenos. Em se tratando da inibição direta, a exigência de Mn pela planta é 100 vezes maior que a do fungo, com isso, o aumento da concentração do Mn disponível pode levar a toxidez para o fungo. Infere-se que o Mn por meio da lignificação provavelmente não influenciou nesta relação, visto que a utilização de Mn foliar não afetou os teores de lignina no tegumento das sementes de soja. Já a inibição direta pode ter contribuído para esta menor incidência fúngica nas sementes de soja, visto que, em geral, as concentrações de Mn nas sementes foram incrementadas em função da aplicação de Mn foliar (Figura 2). Contudo, pesquisas complementares são necessárias neste sentido.

**Figura 4** - Equação de regressão para incidência de *Aspergillus* spp. em sementes de soja após o armazenamento, em função de doses de Mn foliar aplicadas às plantas de diferentes cultivares no estágio R<sub>3</sub>. \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. \*\* transformados em  $(x + 1)^{1/2}$



**Tabela 6** - Incidência (%) de *Aspergillus* spp. em sementes de diferentes cultivares de soja em função dos estádios de aplicação e doses de Mn foliar, após o armazenamento

Estádios	Cultivares	Doses de Mn foliar*			
		0	200	400	600
R1	Baliza RR	9,33 a	15,00 b	6,66 b	2,66 a
	Celeste	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,33 a
	Jataí	9,33 a	0,66 a	12,00 b	2,66 a
	Silvânia RR	4,66 a	7,33 b	10,66 b	2,00 a
R3	Baliza RR	70,00 c	12,00 a	7,33 a	4,00 a
	Celeste	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,33 a
	Jataí	4,00 a	1,33 a	3,33 a	3,33 a
	Silvânia RR	32,00 b	3,33 a	4,00 a	8,00 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em  $(x + 1)^{1/2}$ )



## CONCLUSÕES

1. A aplicação foliar de Mn proporciona menores incidências de *Cercospora kikuchii*, *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. nas sementes de soja produzidas;
2. O Mn aplicado via foliar na soja, tanto no estádio R<sub>1</sub> como em R<sub>3</sub>, transloca até as sementes, mas não afeta a produção e deposição de lignina no tegumento das mesmas;
3. Os teores de lignina no tegumento das sementes de soja são inferiores nas cultivares convencionais, BRS Celeste e BRSGO Jataí, em relação às suas derivadas transgênicas RR, BRS Baliza RR e BRS Silvânia RR.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e ao CNPq pela concessão de bolsas e pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. J. M.; ROSOLEM, C. A. Absorção de manganês em soja RR sob efeito do glifosato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 961-968, 2011.
- BELLALOU, N. Soybean seed phenol, lignin, and isoflavones and sugars composition altered by foliar boron application in soybean under water stress. **Food and Nutrition Sciences**, v. 3, n. 4, p. 579-590, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.
- CAPELETI, I. *et al.* A new procedure for quantification of lignin in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed coat and their relationship with the resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 511-515, 2005.
- COSTA, N. P. *et al.* Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em três estados do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 140-145, 2001.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- DANTAS, I. B. *et al.* Influence of lignin content in soybean seed coat on the incidence of the storage fungus *Aspergillus flavus*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 541-548, 2012.
- FEHR, W. R. *et al.* Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GORDON, B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. **Better Crops**, v. 91, n. 4, p. 12-13, 2007.
- GRAHAM, R. D.; WEBB, M. J. Micronutrientes and disease resistance and tolerance in plants. In: MORTVEDT, J. J. (Ed.). **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 329-369.
- GRIS, C. F. *et al.* Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 374-381, 2010.
- HUBER, D. M. What about glyphosate-induced manganese deficiency? **Fluid Journal**, v. 15, n. 4, p. 20-22, 2007.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional da planta: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic, 1995. 889 p.
- PANOBIANCO, M. *et al.* Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- SILVA, M. A. D.; VIEIRA, R. D.; SANTOS, J. M. Influência do envelhecimento acelerado na anatomia da testa de sementes de soja, cv. Monsoy 8400. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 091-099, 2008.
- VASCONCELOS, E. S. *et al.* Análise não-paramétrica da sanidade de sementes e índices de eliminação e classificação de genótipos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 341-348, 2008.
- ZONETTI, P. C. *et al.* Growth and root lignification of susceptible and glyphosate-resistant soybean. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 291-295, 2011.