

Desempenho agronômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica

Agronomic performance and sanitary quality of soybean seeds in response to potassium fertilization

Everton Vinicius Zambiazzi^{1*}, Adriano Teodoro Bruzi¹, Alan Mario Zuffo², Igor Oliveri Soares¹, Alan Eduardo Seglin Mendes¹, Ana Luiza Ribeiro Teresani¹, Raoni Gwinner¹, João Paulo Santos Carvalho¹ e Silvino Guimarães Moreira¹

¹ Universidade Federal de Lavras, Dpto. de Agricultura, Campus Universitário, CEP: 37200-000, Lavras, MG, Brasil

² Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dpto. de Produção Vegetal, Unidade Universitária de Cassilândia, MS 306, km 6,4, CEP: 79540-000, Cassilândia, MS, Brasil

(*E-mail: everton_zambiazzi@hotmail.com)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA16055>

Recebido/Received: 2016.04.30

Recebido em versão revista/received in revised form: 2017.02.20

Aceite/accepted: 2017.02.23

RESUMO

O potássio é o segundo nutriente mais exportado pela cultura da soja. Dessa forma, sua disponibilidade no solo pode influenciar tanto o rendimento da cultura, como a qualidade e composição química das sementes de soja. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação potássica sobre caracteres agronômicos, teor de óleo e qualidade sanitária de sementes de soja. Os ensaios decorreram no ano agrícola 2012/2013 em dois locais distintos no Estado de Minas Gerais, Brasil. O delineamento experimental constou de um esquema em blocos casualizado, com três repetições, e tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 6, com quatro cultivares (TMG 127 RR, TMG 1179 RR, BRSMG 850GRR, NA 7255 RR) e seis doses de potássio (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg.ha⁻¹). Foram avaliados o rendimento, altura de plantas, inserção de primeira vagem, acama de plantas, teor de óleo e a sanidade de sementes. O aumento nas doses de potássio alterou a composição química das sementes e incrementou significativamente o teor de óleo; no entanto, não houve efeito para os caracteres agronômicos e o rendimento de grãos. Os níveis de patógenos nas sementes aumentaram à medida que se diminui o fornecimento de potássio para as plantas.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, macronutriente, teor de óleo.

ABSTRACT

Potassium is the second most exported nutrient for soybean. Thus, their availability in the soil can influence both crop yield, the quality and chemical composition of soybean seeds. The objective of this work was to evaluate the effect of potassium fertilization on agronomic traits, oil content and sanitary quality of soybean seeds. The trials took place in the agricultural year 2012/2013 in two separate locations in the state of Minas Gerais, Brazil. The experimental design consisted of a randomized block design, with three replications, and treatments arranged in a factorial scheme 4 x 6, with four cultivars (TMG 127 RR, TMG 1179 RR, BRSMG 850GRR, NA 7255 RR) and six doses potassium (0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹). They evaluated the yield, plant height, first pod insertion, plants lodging, oil content and seed health. The increase in potassium levels altered the chemical composition of seeds and increased significantly oil content; however, there was no effect on the agronomic characteristics and grain yield. The contents of the seed pathogens increase as it decreases the potassium supply to the plants.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill, macronutrient, oil content.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas que mais cresceram nas últimas três décadas e sua área de cultivo corresponde atualmente a mais de 50% de toda área cultivada com grãos no Brasil. A grande área de cultivo de soja (33 milhões de hectares, CONAB, 2016) e sua expansão para novos Estados, enfatizam a necessidade aumentar o rendimento e a qualidade das sementes produzidas.

O manejo inadequado dos nutrientes é um dos principais fatores limitantes da produção (Sediyama, 2016). Os nutrientes também influenciam a composição química das sementes e, dessa forma, um adequado fornecimento de nutrientes além de afetar o desenvolvimento das plantas também influencia a composição química das sementes (Veiga *et al.*, 2010).

O potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido e exportado pelas plantas de soja, sendo que em cada 1.000 kg de sementes produzidas são exportados 20 kg de K₂O (Mascarenhas *et al.*, 2004). Este nutriente é essencial em quase todos os processos necessários à vida da planta, desempenhando funções vitais como abertura e fecho dos estomas, transporte de carboidratos e outros compostos, além de ativar muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (Myers *et al.*, 2005; Taiz e Zeiger, 2012).

O potássio é essencial na síntese e no transporte de óleo e influencia no transporte de fotoassimilados para as sementes (Mascarenhas *et al.*, 1988), desempenhando efeito positivo sobre o teor de óleo (Usherwood, 1994). Alguns autores mostram a importância de manter alta a concentração de potássio no tecido vegetal e sementes, sendo que nas sementes a maior disponibilidade de potássio está positivamente associada com a produção e qualidade (Vyn *et al.*, 2002). A deficiência de potássio, além de prejudicar o funcionamento de várias enzimas e facilitar a penetração dos fungos patogênicos nas plantas, provoca a diminuição na taxa fotossintética e, conseqüente redução na qualidade das sementes (Sfredo, 2008).

O fornecimento adequado do potássio pode reduzir os problemas da haste e vagem provocados por *Phomopsis*; crestamento foliar e mancha

púrpura das sementes provocados por *Cercospora kikuchii*) e também os problemas de cancro da haste provocados por *Diaporthe phaseolorum* f.sp. *meridionalis* (Mascarenhas *et al.*, 2004). Contudo, na literatura há poucas informações sobre o efeito do potássio no teor de óleo e qualidade sanitária de sementes de soja. Foi objetivo neste trabalho avaliar o efeito da adubação potássica sobre caracteres agrônômicos, teor de óleo e qualidade sanitária de sementes de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de campo foram conduzidos em dois locais no estado de Minas Gerais durante o ano agrícola 2012/2013, São Gotardo e Lavras, MG. A fazenda experimental no município de São Gotardo está situada à latitude de 19°12'S e longitude 46°10'W com altitude de 1132 m. Em Lavras, está situada à latitude de 21°12'S, longitude 44°58'W e altitude de 955 m. A pluviometria e temperatura média mensal durante o período de condução dos ensaios registrados nos dois locais (Figura 1), foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

A área experimental no município de São Gotardo possui solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Ácrico Típico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a). As características químicas na profundidade de 0 a 20 cm do solo, foram: matéria orgânica equivalente a 4,7 dag kg⁻¹; pH (H₂O): 5,3; P, K, Ca, Mg, H+Al e Al respectivamente 28,1; 103 mg dm⁻³; 3,6; 1,1; 7,0 e 0,08 cmol dm⁻³, saturação por bases de 41% e teor de argila de 50%. Em Lavras, a área experimental apresenta solo do tipo Latossolo Vermelho Distroférico Típico, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a). As características químicas na profundidade de 0 a 20 cm do solo foram: matéria orgânica equivalente a 2,6 dag kg⁻¹; pH (H₂O): 5,9; P, K, Ca, Mg, H+Al e Al respectivamente 7,2; 118 mg dm⁻³; 4,7; 1,3; 2,9 e 0 cmol dm⁻³, saturação por bases de 69% e teor de argila de 64%. As determinações químicas foram executadas de acordo com os procedimentos descritos pela Embrapa (2009), em que os teores disponíveis de P e K foram extraídos com a solução extrator Mehlich 1, conhecida como duplo-ácida (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹). Por sua

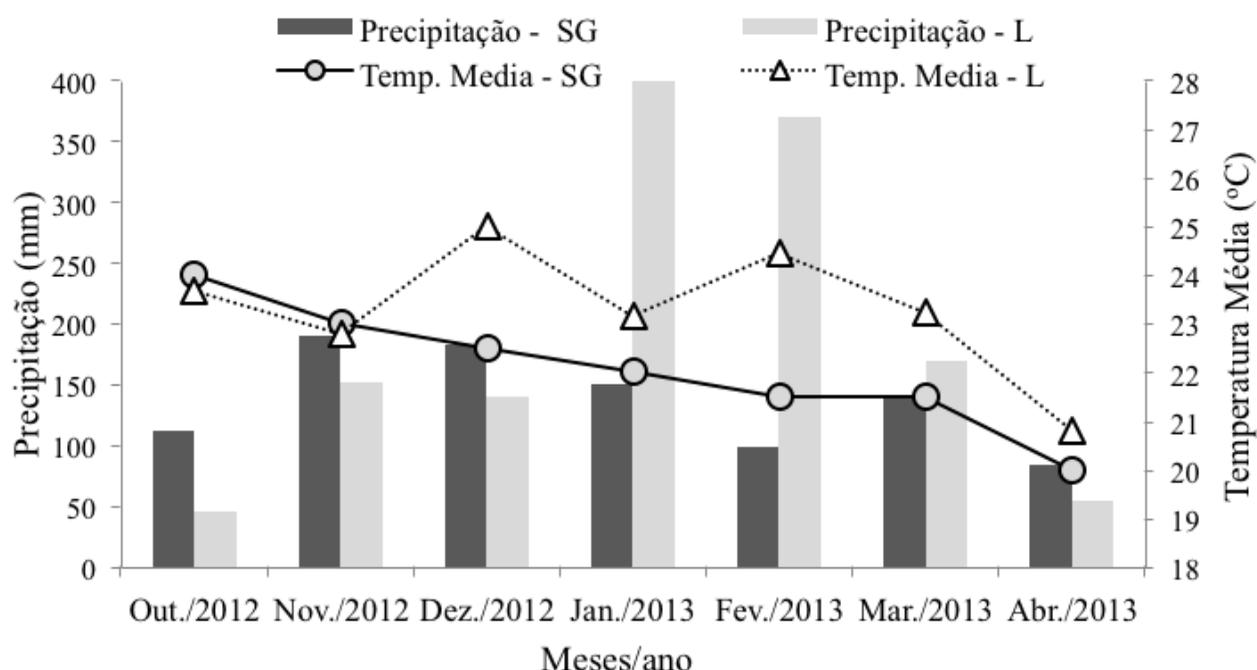


Figura 1 - Médias mensais de precipitação e temperatura do ar ocorridas em Lavras(L) e São Gotardo(SG), no Estado de Minas Gerais, ano agrícola 2012/2013, durante a realização dos ensaios. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

vez, teores de Ca, Mg e Al foram extraídos com o extrator KCl 1 mol L⁻¹. A acidez potencial (H+Al) foi extraída do solo com acetato de cálcio (0,5 mol L⁻¹), com pH ajustado a 7,0, seguida de determinação por titulação alcalimétrica.

A preparação do terreno envolveu a sementeira direta, com eliminação prévia das infestantes na área, utilizando-se 960 g.ha⁻¹ da substância ativa glifosato. Em seguida, realizou-se a abertura dos regos utilizando um semeador acoplado a um trator. Simultaneamente a esta operação foi realizada adubação de P₂O₅ com 200 kg.ha⁻¹ de super fosfato triplo (45%). As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas, com 5 m de

comprimento, espaçadas em 0,50 m, sendo a área de cada parcela 10 m² (5 m × 2 m).

Os ensaios de campo foram conduzidos no delineamento estatístico de blocos casualizados com três repetições, e tratamentos dispostos em um esquema fatorial 4 × 6, com quatro cultivares TMG 127 RR, TMG 1179 RR, BRSMG 850GRR e NA 7255 RR (Quadro 1) e seis doses de potássio (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg.ha⁻¹ de K₂O). A fonte de potássio utilizada foi o cloreto de potássio (KCl) com 60% K₂O. As diferentes doses de K₂O foram aplicadas manualmente, em maior profundidade, no rego de plantio seguido pela incorporação.

Quadro 1 - Características específicas das cultivares de soja utilizadas nos ensaios quanto a origem, grupo de maturidade (G.M.), habito de crescimento (H.C.) e teor de óleo (T.O.) presente nas sementes

Cultivar	Origem	G.M.	H.C.	T.O. (%)
BRS MG 850 GRR	Embrapa	8.2	Determinado	14,70
NA 7255 RR	Nidera	7.6	Indeterminado	22,80
TMG 1179 RR	TMG ¹	7.9	Determinado	15,27
TMG 127 RR	TMG ¹	7.2	Indeterminado	24,00

¹ Informações retiradas do portfólio de cultivares das empresas obtentoras do material genético. ²Tropical Melhoramento Genético

A sementeira foi realizada de forma manual logo após a adubação, na primeira quinzena do mês de novembro, nos dois locais de produção, adotando-se densidade de 30 sementes/m². Após a sementeira, foi realizada a inoculação diretamente no rego, de acordo com metodologia recomendada pela EMBRAPA (2013b), com as bactérias *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 18 mL p. c. kg⁻¹ de semente – estirpes SEMIA 5079 e 5080, contendo 10.8 × 10⁶ UFC/sementes do inoculante Nitragin Cell Tech HC® (3×10⁹ UFC/mL).

O controlo de infestantes em pós-emergência foi realizado utilizando-se 960 g.ha⁻¹ da substância ativa glifosato. Para o controlo de pragas foram utilizados os inseticidas com as substâncias ativas clorpirifos para controlo de lagartas e tiametoxam para controlo de percevejos na dose recomendado pelo fabricante.

O controlo de doenças foi realizado por meio de duas aplicações preventivas com fungicidas químicos com as substâncias ativas piraclostrobina + epoxiconazol e trifloxistrobina + protriocanazol, na dose recomendada pelo fabricante, aplicadas respectivamente nos estádios reprodutivos R₂ e R₅.

Para as avaliações e colheita foram consideradas como área útil as duas linhas centrais, descartando-se 0,50 m das extremidade das duas linhas. A colheita foi realizada manualmente quando as plantas se encontravam na fase R₈ – maturação plena (Fehr *et al.*, 1971) e a debulha de forma mecânica com auxílio de trilhadora *Vencedora* modelo Maqtron®.

Os caracteres avaliados foram:

Altura de plantas – medida por meio de uma régua milimétrica, disposta ao lado da planta, registrando-se o valor (cm) do solo ao ápice da planta, em cinco plantas aleatórias da parcela, obtendo-se o valor médio.

Inserção de primeira vagem – medida por meio de uma régua milimétrica, disposta ao lado da planta, registrando-se o valor (cm) do solo até a primeira vagem da planta, em cinco plantas aleatórias da parcela, obtendo-se o valor médio.

Acama das plantas – estimada de acordo com a

escala proposta por Bernard *et al.* (1965), atribuindo-se notas de (1 – 5), sendo 1 quando a parcela apresentava todas as plantas eretas e 5 quando a parcela apresentava acamamento igual ou superior a 80% das plantas.

Rendimento – determinada a partir da colheita das duas linhas centrais de cada parcela; após a pesagem e correção da umidade das sementes para 13%, estimou-se o rendimento (kg.ha⁻¹).

Teor de óleo – em cada uma das parcelas de campo foi retirada uma amostra representativa (100 g) de cada tratamento, utilizando-se três repetições, e avaliadas conforme proposto por Heil (2010).

Sanidade de sementes – foi avaliada pelo método “Blotter-test”, com cinco repetições de 40 sementes, utilizando o delineamento inteiramente casualizado. As placas foram mantidas em sala de incubação a 20°C e fotoperíodo de 12 h, por sete dias, e posteriormente, avaliadas quanto à presença de patógenos associados às sementes.

As análises de variâncias individual e conjunta foram realizadas adotando o modelo estatístico e o procedimento de análise semelhante ao apresentado por Ramalho *et al.* (2012). Para os fatores qualitativos adotou-se o agrupamento pelo teste de Scott-Knott (1974). A análise de regressão foi aplicada para estudar as fontes de variação quantitativas. A sanidade de sementes foi avaliada por meio do intervalo de confiança para proporções (P) conforme proposto por Ramalho *et al.* (2012), utilizando a equação abaixo, pela aproximação de Poisson, ao nível de 5% de significância.

$$P = \frac{n}{N}$$

em que:

P é a proporção de indivíduos com incidência de patógenos;

n é o número de indivíduos com incidência de patógenos na amostra;

N é o número de indivíduos totais da amostra.

Quando se realiza análise de intervalo de confiança para proporção, a distribuição é de Poisson, conforme estimador apresentado abaixo.

$$IC_{1-\alpha} = \hat{P} \pm e$$

em que:

$$e = Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}, \text{ sendo } Z_{\alpha/2}$$

o valor tabelado na distribuição normal padronizada com nível de significância $\alpha/2$.

\hat{P} é a proporção observada do evento

n é o tamanho da amostra

N refere-se ao tamanho populacional

A interpretação dos resultados foi realizada de acordo com os limites inferiores e superiores do intervalo de confiança. Na estimação por intervalo, considerando o nível de confiança de 95% pode-se inferir que o real valor associado a estimativa, isto é proporção de patógenos, está contido no intervalo obtido. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico SISVAR® (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Detectou-se diferença significativa entre as cultivares e locais de produção para todos os caracteres. Este fato era esperado, pois as cultivares são de diferentes procedências (Quadro 1), propiciando assim a existência de variação. De acordo com Soares *et al.* (2015a) e Felisberto *et al.* (2015), as cultivares tem características diferentes quanto ao *background* genético, hábito de crescimento, grupo de maturação e outros atributos, propiciando a existência de variações, evidenciando a importância de se realizar sobretudo, ensaios de campo em locais distintos.

Para as doses de potássio, observou-se diferença somente para o caráter teor de óleo nas sementes. A resposta não significativa da produtividade à adubação potássica pode ser explicada pela

elevada fertilidade natural do solo nas áreas em que os ensaios foram conduzidos (Pettigrew, 2008).

Em relação ao rendimento, o município de São Gotardo apresentou produção 28,2% superior aos rendimentos observados em Lavras. Uma possível explicação para este fato pode estar relacionada com as condições edafoclimáticas (Figura 1). A faixa de necessidade hídrica para que a cultura da soja complete seu ciclo fisiológico varia de 450 a 800 mm (Embrapa, 2013b). Houve excesso de precipitação principalmente no município de Lavras, que acumulou 536 mm acima do máximo exigido, aumentando a ocorrência e disseminação de patógenos como a ferrugem asiática, mancha parda, cercosporiose, mancha púrpura, antracnose, entre outros (Embrapa, 2013b; Godoy *et al.*, 2014), influenciando diretamente o desempenho agrônômico médio das cultivares inseridas neste ambiente.

As médias relativas as cultivares, envolvendo todos os caracteres, estão apresentados no Quadro 2. Para o rendimento, foi observado melhor desempenho para a cultivar TMG 1179 RR com 4293 kg.ha⁻¹, opondo-se a cultivar TMG 127 RR que produziu apenas 2988 kg.ha⁻¹. Contudo, deve-se destacar que este valor alcançado supera a média de rendimento nacional na colheita do ano 2012/20 13 que foi de 2903 kg.ha⁻¹ (Quadro 2).

O rendimento é muito influenciado por vários fatores ambientais, como precipitação, temperatura e fotoperíodo (Guimarães *et al.*, 2008), e o potencial de rendimento pode ser definido como a produção de uma cultivar no local ao qual está adaptada, sem limitações edafoclimáticas e nutricionais, livre da ação de pragas e doenças e com os demais estresses efetivamente controlados (Soares *et al.*, 2015b). No presente trabalho, deve-se destacar a ocorrência de elevada precipitação durante a condução dos ensaios, acarretando assim uma maior ocorrência de fungos e conseqüente redução no rendimento.

Na cultura da soja além do rendimento outras características agrônômicas são de interesse e desejáveis, como a altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem e acama das plantas, sendo estas características dependentes do genótipo, fatores ambientais, fertilidade do solo, clima, ano agrícola, humidade, dentre outros (Lambert *et al.*, 2007).

Quadro 2 - Valores médios de rendimento (R – kg.ha⁻¹), teor de óleo (O - %), altura de plantas (AP - cm), inserção da primeira vagem (IV - cm) e acama de plantas (ACP) das cultivares e locais de produção no ano agrícola 2012/2013, nos municípios de Lavras e São Gotardo, MG, Brasil

Cultivares	R	O	AP	IV	ACP
TMG127 RR	2988,0 d	23,45 a	78,66 b	13,66 a	1,36 b
NA 7255 RR	3541,2 c	22,08 b	80,44 a	13,15 a	1,03 c
BRS MG 850 GRR	3923,3 b	20,57 c	75,32 b	12,29 a	1,22 b
TMG 1179 RR	4293,0 a	20,23 d	83,06 a	10,14 b	1,64 a
Lavras	3085,05 b	21,33 b	71,20 b	11,81 a	1,00 a
São Gotardo	4287,75 a	21,84 a	87,54 a	12,81 a	1,63 b

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de significância.

Observando os dados referentes à altura média das plantas, nota-se que as cultivares apresentaram diferenças significativas para este caráter. As maiores estimativas de altura foram observadas nas cultivares TMG 1179 RR e NA 7255 RR respectivamente com médias de 83,06 e 80,44 cm, e a menor altura de plantas foi observada nas cultivares TMG 127 RR e BRSMG 850GRR com 78,66 e 75,32 cm, respectivamente. As cultivares comerciais normalmente apresentam altura média de 60 a 120 cm (Borém, 2000). Preconiza-se que as cultivares de soja modernas apresentem altura de planta entre 60 a 110,0 cm, não apenas para se obter alto rendimento, mas também para otimizar o ganho operacional das colhedoras durante a colheita (Shigihara e Hamawaki, 2005).

A altura de planta é uma característica essencial, uma vez que se relaciona com o rendimento, controle de plantas daninhas (fechamento da entrelinha da cultura mais rápido) e também com as perdas durante a operação de colheita mecânica. As variações na altura de plantas podem ser influenciadas pela época de semeadura, espaçamento, disponibilidade de água, temperatura, fertilidade do solo e outros parâmetros ambientais, como o fotoperíodo (Rocha *et al.*, 2012).

Para se obter um elevado rendimento operacional da colhedora, associado à minimização de perdas de colheita, recomenda-se que, em terrenos planos, as cultivares de soja apresentem inserção da primeira vagem igual ou superior a 10,0 cm (Valadão Junior *et al.*, 2008). Entretanto, para a maioria das áreas de produção de soja a altura satisfatória para a cultura está em torno de 12 a

15 cm (Marcos Filho, 1986), embora ceifeiras mais modernas possam efetuar boa colheita com plantas apresentando inserção da primeira vagem a 10 cm (Rocha *et al.*, 2012). No presente trabalho, todas as cultivares apresentam inserção da primeira vagem apropriadas, conforme descrito na literatura, onde os maiores valores de inserção da primeira vagem foram observados nas cultivares TMG 127 RR, NA 7255 RR e BRSMG 850GRR respectivamente com 13,66; 13,15 e 12,29 cm.

A acama das plantas é uma característica muito influenciada pelo tipo de solo e pelas condições de desenvolvimento da planta. Em geral, as plantas de soja apresentam maior acama em solos férteis e pesados, com humidade abundante, relativamente aos solos leves e arenosos. Outro ponto a ser considerado refere-se à altura da planta; normalmente, plantas altas poderão proporcionar um maior acama das plantas, por apresentarem caules mais finos, ficando sujeitas à queda pela ação dos ventos (Rocha *et al.*, 2001; Guimarães *et al.*, 2008).

Para esta característica foram obtidos resultados que evidenciam que a cultivar TMG 1179 RR apresentou maior acama com valor médio de 1,64, isto é, registram-se algumas plantas acamadas. As demais cultivares variaram entre 1,03 e 1,36 (algumas plantas ligeiramente inclinadas). A acama afeta diretamente o desempenho das ceifeiras, pois plantas acamadas significam perdas no rendimento, pela incapacidade da colheita das vagens, além de poder ocasionar perdas provocadas pelo contato direto do solo com as vagens, e aparecimento de fungos e pragas comprometendo a sanidade e a qualidade das sementes (Shigihara e Hamawaki, 2005).

No que respeita à característica teor de óleo nas sementes é evidente, por meio das médias apresentadas no Quadro 2, que as cultivares diferiram entre si, obtendo teores de óleo variando de 23,45 a 20,23 para as cultivares TMG 127 RR e TMG 1179 RR, respectivamente. Este resultado já era esperado, uma vez que as cultivares são de diferentes procedências (Quadro 1) e o caráter em questão é controlado geneticamente, bem como, influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento dos grãos (Minuzzi *et al.*, 2009). Considerando os resultados, evidencia-se também que há influência das doses do potássio ($p \leq 0,01$) no incremento do teor de óleo nas sementes (Figura 2). Esses resultados confirmam a importância do potássio na síntese e transporte de óleo para as sementes. O resultado pode ser explicado pelo papel do potássio no transporte de fotoassimilados para as sementes, permitindo a síntese de óleo nos mesmos (Usherwood, 1994).

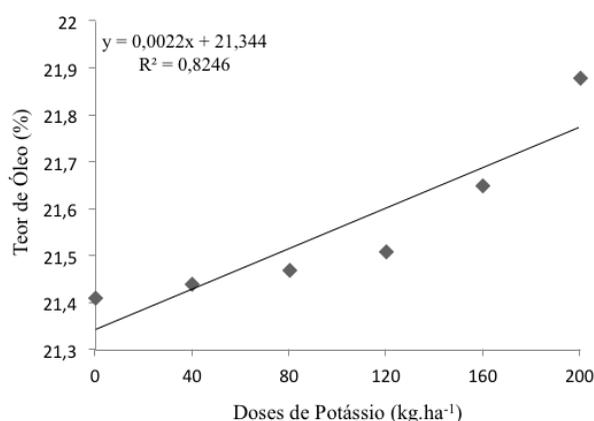


Figura 2 - Resposta das cultivares quanto ao teor médio de óleo nas sementes em função das doses de potássio. Dados obtidos por meio da média dos locais (Lavras e São Gotardo), avaliados na safra 2012/2013.

Em várias pesquisas tem sido observado que os fornecimentos dos nutrientes em níveis adequados podem influenciar de forma positiva a qualidade sanitária das sementes (Veiga, 2007). Muitos patógenos, na maioria fungos, podem estar associados às sementes de soja (Patricio *et al.*, 1991). A incidência de organismos patogênicos nas

sementes depende também, do local de produção da semente, das tecnologias de cultura realizados durante o ciclo cultural, das condições climáticas, do controle químico e também da resistência varietal do genótipo cultivado (Ávila *et al.*, 2003; Lacerda *et al.*, 2003).

Na avaliação sanitária das sementes foram identificados a incidência de *Colletotrichum* sp., *Phomopsis* sp., *Fusarium* sp., *Alternaria* sp. e *Cercospora kikuchii*. As proporções de patógenos considerando todos os locais de produção, de acordo com a análise de intervalo de confiança, destacam maior presença de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp. (Figura 3A e Quadro 3).

As sementes representam uma das vias mais eficientes de transportes de patógenos e, por consequência, da transmissão de doenças. Do ponto de vista sanitário, a semente ideal estaria isenta de qualquer micro-organismo indesejável. Porém, isso nem sempre é possível, uma vez que a qualidade das sementes é altamente influenciada pelas condições climáticas sob as quais são produzidas e armazenadas. Além disso, essas condições variam de ano para ano e de região para região (Chitarra, 2003). No presente trabalho foi observado maior incidência de patógenos nas sementes produzidas em Lavras (Figura 3B e Quadro 3), enquanto em São Gotardo verificou-se incidência de patógenos 44% menor, quando comparado as sementes produzidas em Lavras. Este fato pode ser atribuído às condições climáticas, como temperatura e precipitação, que foram superiores em Lavras, principalmente no momento de colheita, ocasionando ambiente mais favorável à ocorrência e propagação das doenças. Considerando a qualidade sanitária de sementes de soja em relação ao local de produção, Costa *et al.* (2003) verificaram diferenças de 13,2 a 17,6% na incidência total de fungos em sementes de soja produzidas em três diferentes regiões do Paraná.

No que respeita as cultivares em estudo, verificou-se maior incidência de patógenos nas cultivares TMG 127 RR e NA 7255 RR (Figura 3C e Quadro 3). Estes resultados corroboram os obtidos para as estimativas de rendimento, em que as cultivares que apresentaram menor rendimento, apresentaram maior incidência de patógenos.

Em relação às doses de potássio, foi observado maior incidência de patógenos nos tratamentos sem adição deste nutriente (Figura 3D e Quadro 3). Apesar de não se verificarem diferenças significativas com o aumento das doses, foi observado

decréscimo na incidência de patógenos com doses crescentes. A maior disponibilidade de potássio está positivamente associada com a maior qualidade sanitária das sementes (Vyn *et al.*, 2002). As proporções de patógenos nas sementes aumentam na

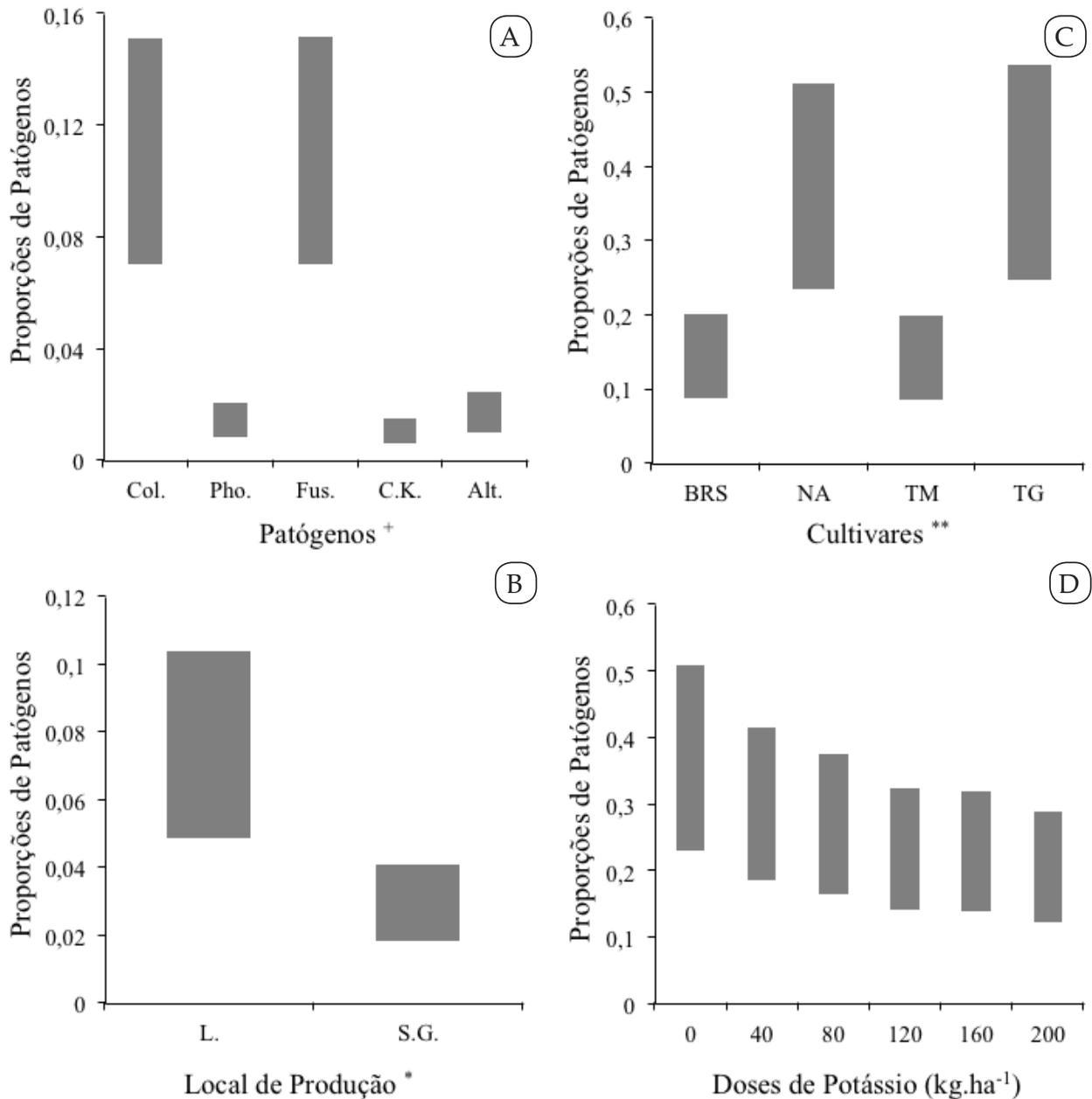


Figura 3 - Proporções de patógenos presentes em sementes de soja (A), nos diferentes locais de produção (B), para as cultivares avaliadas (C), e doses de potássio (D), para sementes avaliadas logo após a colheita no ano agrícola 2012/2013 para os municípios de Lavras e São Gotardo – MG, Brasil. + Patógenos (Col. – *Colletotrichum*; Pho. – *Phomopsis*; Fus. – *Fusarium*; C.K. - *Cercospora kikuchii* e Alt. - *Alternaria*); * Local de Produção (L. – Lavras e S.G. – São Gotardo); ** Cultivares (BRS - BRSMG 850GRR; NA - NA 7255 RR; TM - TMG 1179 RR, e TG - TMG 127 RR).

Quadro 3 - Estimativa por ponto (n/N) e estimativas de intervalo de confiança (limite inferior e superior) para os patógenos presentes em sementes de soja, nos diferentes locais de produção, para as cultivares avaliadas, e doses de potássio, para sementes avaliadas logo após a colheita no ano agrícola 2012/2013 para os municípios de Lavras e São Gotardo – MG, Brasil

	Estimativa por Ponto (n/N)
Patógenos	
<i>Colletotrichum</i>	0,0753 (0,0699; 0,0810) ^{1/}
<i>Phomopsis</i>	0,0100 (0,0081; 0,0122)
<i>Fusarium</i>	0,0756 (0,0702; 0,0813)
<i>Cercospora Kikuchii</i>	0,0074 (0,0057; 0,0093)
<i>Alternaria</i>	0,0119 (0,0098; 0,0143)
Locais	
São Gotardo	0,1014 (0,0926; 0,1108)
Lavras	0,2591 (0,2449; 0,2739)
Cultivares	
BRS MG 850 GRR	0,0995 (0,0873; 0,1130)
NA 7255 RR	0,2550 (0,2352; 0,2760)
TMG 1179 RR	0,0987 (0,0865; 0,1121)
TMG 127 RR	0,2679 (0,2476; 0,2894)
Doses de Potássio (kg.ha⁻¹)	
0	0,2537 (0,2296; 0,2796)
40	0,2062 (0,1846; 0,2297)
80	0,1733 (0,1533; 0,1947)
120	0,1606 (0,1415; 0,1815)
160	0,1581 (0,1392; 0,1788)
200	0,1300 (0,1129; 0,1489)

^{1/} Limite inferior e superior da estimativa; (n) é o número de indivíduos com incidência de patógenos na amostra; (N) é o número de indivíduos totais da amostra.

medida que se diminui o fornecimento de potássio para as plantas, predispondo as sementes à infecção por inúmeros patógenos (Sfredo, 2008).

CONCLUSÕES

A maior disponibilidade de potássio, com o aumento nas doses, propiciou alteração na composição química das sementes com incremento no teor de óleo.

As proporções de patógenos nas sementes aumentam na medida que se diminui o fornecimento de potássio para as plantas.

Verificou-se predomínio de patógenos dos gêneros *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão das bolsas de estudo e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, M.R.; Braccini, A.L.; Motta, I.S.; Scapim, C.A. & Braccini, M.C. L. (2013) – Sowing seasons and quality of soybean seeds. *Scientia Agrícola*, vol. 60, n. 2, p. 245-252. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162003000200007>
- Bernard, R.L.; Chamberlain, D.W. & Lawrence, R.D. (1965) – *Results of the cooperative uniform soybean test*. USDA, Washington. 134 p.
- Borém, A. (2000) – Escape gênico: os riscos do escape gênico da soja no Brasil. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, vol. 10, p. 101-107.
- Chitarra, L.G. (2003) – *Tratamento de sementes de algodoeiro com fungicidas no controle de patógenos causadores de tombamento de plântulas*. Várzea Grande. Relatório Técnico Final.
- CONAB (2016) – *Acompanhamento safra brasileira de grãos*. vol. 7 – Safra 2015/16 – Sétimo levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento Brasília, p. 1-158.
- Costa, N.P.; Mesquita, C.M.; Maurina, A.C.; França Neto J.B.; Krzyzanowski, F.C. & Henning, A.A. (2003) – Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 25, n. 1, p. 128-132. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222003000100020>
- EMBRAPA (2009) – Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos, Embrapa Informática Tecnológica. Brasília. 627 p.
- EMBRAPA (2013a) – *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 353 p.
- EMBRAPA (2013b) – *Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Londrina. 265 p.
- Fehr, W.R.; Caviness, C.E.; Burmood, D.T. & Pennington, J.S. (1971) – Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, vol. 11, n. 6, p. 929-931. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x>
- Felisberto, G.; Bruzi, A.T.; Zuffo, A.M.; Zambiazzi, E.V.; Soares, I.O.; Rezende, P.M. & Botelho, F.B.S. (2015) – Agronomic performance of RR soybean cultivars using to different pre-sowing desiccation periods and distinct post-emergence herbicides. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 10, n. 34, p. 3445-3452. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2015.9853>
- Ferreira, D.F. (2011) – Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 35, n. 6, p. 1039-1042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Godoy, C.V.; Almeida, A.M.R.; Soares, R.M.; Seixas, C.D.S.; Dias, W.P.; Meyer, M.C.; Costamilan, L.M. & Henning, A.A. (2014) – *Doenças da soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Sociedade Brasileira de Fitopatologia, p. 20-21. <http://www.sbfito.com.br/divulgacao/DoencasdaSoja.pdf>
- Guimarães, F.S.; Rezende, P.M.; Castro, E.M.; Carvalho, E.A.; Andrade, M.J.B. & Carvalho, E.R. (2008) – Cultivares de soja [*Glycine max*(L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 32, n. 4, p. 1099-1106. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000400010>
- Heil, C. (2010) – *Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR Spectroscopy*. Thermo Fisher Scientific, Madison. 3 p. <http://www.nicoletcz.cz/userfiles/file/vjegy/soybeans.pdf>
- Lacerda, A.L.S.; Lazarini, E.; Sá, M.E. & Valério Filho, W.V. (2003) – Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 25, n. 2, p. 97-105. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222003000400014>
- Lambert, E.S.; Meyer, M.C. & Klepker, D. (2007) – *Cultivares de soja 2007/2008 Região Norte e Nordeste*. Embrapa Soja, Documento 284, 36 p.
- Marcos Filho, J. (1986) – *Produção de sementes de soja*. Fundação Cargill, Campinas. 86 p.
- Mascarenhas, H.A.A.; Bulisan, E.A.; Miranda, M.A.C.; Braga, N.R. & Pereira, J.C.V.N.A. (1988) – Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. *O Agrônomo*, vol. 40, n. 1, p. 34-43.
- Mascarenhas, H.A.A.; Tanaka, R.T.; Wutke, E.B.; Braga, N.R. & Miranda, M. A.C. (2004) – Potássio para a soja. *Informações Agrônomicas*, n. 105, p. 1-2.
- Minuzzi, A.; Rangel, M.A.S.; Braccini, A.L.; Scapim, C.A. & Robaina, A.D. (2009) – Rendimento, teores de óleo e proteínas de quatro cultivares de soja, produzidas em dois locais no estado do Mato Grosso do Sul. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 33, n. 4, p. 1047-1054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000400015>

- Myers, S.W.; Gratton, C.; Wolkowski, R.P.; Hogg, D.B. & Wedberg, J.L. (2005) – Effect of soil potassium availability on soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. *Journal of Economic Entomology*, vol. 98, n. 1, p. 113-120. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-98.1.113>
- Patricio, F.R.A.; Borin, R.B.R.G. & Ortolani, D.B. (1991) – Patógenos associados a sementes que reduzem a germinação e vigor. In: Menten, J.O.M. (Ed.) – *Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico*. FEALQ, Piracicaba, p. 137-160.
- Pettigrew, W.T. (2008) – Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia Plantarum*, vol. 133, n. 4, p. 670-681. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x>
- Ramalho, M.A.P.; Ferreira, D.F. & Oliveira, A.C. (2012) – *Experimentação em genética e melhoramento de plantas*. Editora: UFLA, Lavras. 3 ed.
- Rocha, R.S.; Silva, J.A.L.; Neves, J.A.; Sedyama, T. & Teixeira, R.C. (2012) – Desempenho agrônômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 43, n. 1, p. 154-162.
- Rocha, R.N.C.; Pelúzio, J.M.; Barros, H.B.; Fidelis, R.R. & Silva Júnior, H.P. (2001) – Comportamento de cultivares de soja em diferentes populações de plantas, em Gurupi, Tocantins. *Revista Ceres*, vol. 48, n. 279, p. 529-537.
- Scott, A.J. & Knott, M.A. (1974) – Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, vol. 30, n. 3, p. 507-512. <http://dx.doi.org/10.2307/2529204>
- Sedyama, T. (2016) – *Produtividade da soja*. Ed. 1, Mecenas, Londrina. 310 p.
- Sfredo, G.J. (2008) – *Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Documentos 305, Londrina.
- Shigihara, D. & Hamawaki, O.T. (2005) – Seleção de genótipos para juvenilidade em progênies de soja. *Revista Horizonte Científico*, vol. 4, n. 1, p. 1-26.
- Soares, I.O.; Rezende, P.M.; Bruzi, A.T.; Zambiazzi, E.V.; Zuffo, A.M.; Silva, K.B. & Gwinner, R. (2015a) – Adaptability of soybean cultivars in different crop years. *Genetics and Molecular Research*, vol. 14, n. 3, p. 8995-9003. <http://dx.doi.org/10.4238/2015.August.7.8>
- Soares, I.O.; Rezende, P.M.; Bruzi, A.T.; Zuffo, A.M.; Zambiazzi, E.V.; Fronza, V. & Teixeira, C.M. (2015b) – Interaction between soybean cultivars and seed density. *American Journal Plant Science*, vol. 6, n. 9, p. 1425-1434. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.69142>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2012) – *Fisiologia Vegetal*. 4 ed. Artmed, Porto Alegre. 720 p.
- Usherwood, N.R. (1994) – Potassium interactions and balanced plant nutrition. *Better Crops With Plant Food*, vol. 77, n. 1, p. 26-27.
- Valadão Júnior, D.D.; Bergamin, A.C.; Venturoso, L.R.; Schlindwein, J.A.; Caron, B.O. & Schmidt, D. (2008) – Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. *Scientia Agraria*, vol. 9, n. 3, p. 369-375. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i3.11537>
- Veiga, A.D. (2007) – *Influência do potássio e da calagem na produtividade, na composição química e na qualidade de sementes de soja*. Dissertação de Mestrado em Agronomia Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Brasil. 83 p.
- Veiga, A.D.; Von Pinho, E.V.R.; Veiga, A.D.; Pereira, P.H.A.R.; Oliveira, K.C. & Von Pinho, R.G. (2010) – Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 34, n. 4, p. 953-960. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400022>
- Vyn, T.J.; Yin, X.; Bruulsema, T.W.; Jackoson, C.C.; Rajcan, I. & Brouder, S.M. (2002) – Potassium Fertilization Effects on Isoflavone Concentrations in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, vol. 50, n. 12, p. 3501-3506. <http://dx.doi.org/10.1021/jf0200671>