

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
RAFAEL TOMAZ NAVES

DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA ADICIONAL EM COBERTURA

Monte Carmelo
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
RAFAEL TOMAZ NAVES

DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA ADICIONAL EM COBERTURA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Everson Reis Carvalho

Monte Carmelo
2018

RAFAEL TOMAZ NAVES

DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA ADICIONAL EM COBERTURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 6 de dezembro de 2018.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho
Orientador

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel
Membro da Banca

Me. Rafael Resende Finzi
Membro da Banca

Monte Carmelo
2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me dado sabedoria para concluir esse trabalho.

Aos meus pais e meu irmão, por terem acreditado em mim durante todo esse tempo, dando segurança e atenção, sendo meu alicerce, meu ponto de apoio nos momentos difíceis, os quais superamos juntos nessa caminhada e, nos momentos bons, que nos alegramos pelas conquistas nessa etapa da minha vida.

A uma pessoa especial que sempre esteve do meu lado durante essa trajetória.

À Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo, unidade Araras, por ter cedido à área para realização do experimento.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Everson Reis Carvalho pela paciência, por ter acreditado no meu potencial, pelos ensinamentos que foram fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho e conhecimento repassados.

A todos os membros do Centro de Excelência em Soja e Feijão – CESF - UFU no qual eu participo. Obrigado por todo o trabalho em equipe que realizamos, pelo aprendizado e empenho na realização de nossos projetos de pesquisa.

A todos meus amigos e funcionários do Campus que tiveram uma participação direta ou indireta na minha formação e realização do experimento.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	4
1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	7
3 REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1 Nutrição mineral da cultura da soja	7
3.2 Potássio e a produção de sementes de soja	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
4.1 Características agronômicas.....	12
4.2 Qualidade de sementes.....	15
5 CONCLUSÕES	20
REFERÊNCIAS	21

RESUMO

O potássio é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura da soja e sua deficiência afeta o funcionamento de algumas enzimas, podendo afetar a produtividade da cultura. A adubação potássica, comumente, vem sendo realizada no sulco de semeadura, porém em alguns casos pode apresentar efeitos salinos. O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento agrônomico e a qualidade de sementes de soja em função da adubação potássica adicional em cobertura. O experimento foi em DBC, em fatorial, com 2 modos de aplicação, em linha ou lanço em área total, e 5 doses de K_2O em cobertura aos 40 dias após a emergência, 0; 40; 80; 100 e 120 $kg\ ha^{-1}$ em 3 blocos, doses essas adicionais em relação ao recomendado para a cultura no estado de Minas Gerais. Foram realizadas avaliações de altura da planta aos 30 dias após adubação adicional, altura final da planta, número de legumes por planta, número de sementes por legume, peso de mil sementes e produtividade para características agrônomicas. A qualidade das sementes foi analisada com os testes de germinação, teste de envelhecimento acelerado e germinação em restrição hídrica (Manitol, -0,25 KPa). As doses de K_2O adicionais apresentaram relação linear direta com a altura de planta de soja com ganho de mais de 5 cm a cada 100 $kg\ K_2O\ ha^{-1}$ até a dose de 120 $kg\ de\ K_2O\ ha^{-1}$. Para a adubação em linha, até 66 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O houve incremento na produtividade da soja. Para doses mais elevadas a aplicação adicional a lanço proporcionou os ganhos em produtividade, até 120 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O . O uso de potássio adicional em cobertura favoreceu a germinação e vigor das sementes produzidas. A aplicação adicional de potássio em cobertura incrementou o vigor (EA) das sementes produzidas, com melhores resultados com aplicação em linha para menores doses e à lanço para maiores doses.

Palavras-chave: Adubação em cobertura. *Glycine max*. Potássio. Produtividade. Vigor.

1 INTRODUÇÃO

A soja *Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas que mais cresceram no Brasil nas últimas décadas com sua área cultivada correspondendo a mais de 50% de toda área cultivada com grãos no Brasil. A grande área de cultivo de soja (mais de 35 milhões de hectares, CONAB, 2018) e sua expansão para novos Estados, enfatizam a necessidade aumentar o rendimento e a qualidade das sementes produzidas.

Um dos principais fatores do sucesso do cultivo de soja é a utilização de sementes de elevada qualidade. E para a produção de sementes de alta qualidade é essencial uma nutrição das plantas adequada, sabe-se que plantas bem nutrida tendem a maior produtividade e melhor qualidade das sementes produzidas.

O potássio é um nutriente que está envolvido diretamente no desenvolvimento das sementes, por atuar principalmente no vigor das plantas, na formação de açúcares e amido, proporcionando melhores colheitas. Sua deficiência pode acorrer enrugamento das sementes e diminuição da produção (FONTES, 2001).

Quando se trata do manejo da calagem e da adubação, observa-se que ainda não existem recomendações específicas e consolidadas quanto ao uso destes insumos sobre a produção e qualidade das sementes, sendo utilizada como base informações existentes para a produção de grãos, como exemplo para o estado de Minas Gerais Ribeiro et al. (1999), ou ainda o uso sem qualquer base científica.

Dentre os nutrientes, o potássio é um dos mais importantes para a cultura da soja, e se fornecido em quantidades adequadas atua em diversas funções fisiológicas relacionadas ao metabolismo da planta (DAVIS et al., 1997; MALAVOLTA, 1980). A deficiência desse nutriente facilita a penetração de fungos patogênicos além de prejudicar o funcionamento de várias enzimas, causando redução na taxa fotossintética e diminuição na qualidade das sementes (SFREDO, 2008).

A adubação potássica na soja tem sido realizada em sulcos de plantio, porém pode causar um efeito salino e esse efeito prejudicar o estabelecimento inicial da cultura da soja, como a germinação das plantas, o enraizamento e perdas por lixiviação (BERNARDI et al., 2009). Assim, muitos produtores tem realizado a adubação potássica em área total, a lanço, por questões técnicas e também logísticas, por se tratar muitas vezes de extensas áreas.

O segundo elemento mais absorvido pelas plantas é o potássio, porém sua reserva mineral é muito pequena em solos de cerrado, que são insuficientes para suprir a extração das culturas por cultivos sucessivos (SILVA et al., 2008). Todos esses fatores (doses, fontes

épocas e métodos de aplicação) são de grande importância para a melhoria da produtividade e para a manutenção das culturas (VILELA; SOUZA; MARTHA JÚNIOR, 2007). Por isso estudos e adequações dos sistemas de fertilização dos solos são constantemente demandados, visando incremento de produtividade e, quando necessário, qualidade fisiológica das sementes de soja.

Dessa maneira fica evidente a importância e necessidade de estudos para adequação da adubação com potássio em solos do cerrado em sistemas de produção intensivos, sobretudo quando se visa à produção de sementes de elevada qualidade.

2 OBJETIVOS

Avaliar o desenvolvimento agrônomo e a qualidade de sementes de soja em função da adubação potássica adicional em cobertura.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Nutrição mineral da cultura da soja

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 K_2O (MASCARENHAS et al., 2004).

O potássio pode reduzir os problemas da haste e vagem provocados por *Phomopsis* sp.; 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* quando for fornecido adequadamente (MASCARENHAS et al., 2004).

Para compensar a baixa disponibilidade de potássio deve-se realizar a adubação de reposição que deve compensar a exportação do nutriente pelas culturas e também por perdas inerentes à lixiviação e erosão, evitando assim o risco de limitar a produtividade de grãos causada pela sua deficiência (ZAMBIAZZI, 2014).

Zambiazzi et al., 2017 utilizou doses (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg.ha⁻¹ de K₂O) incorporadas no sulco de semeadura em maior profundidade. A maior disponibilidade de potássio, com o aumento nas doses, propicia alteração na composição química das sementes com incremento no teor de óleo.

Segundo Lima et al. (2017) a adubação potássica acima do valor recomendada pela análise de solo eleva o rendimento de proteína em cultivares de soja. A aplicação de potássio na semeadura promove melhorias nos parâmetros relevantes para o desenvolvimento da soja (NETO; MINATO; BESEN, 2018).

Avaliando o desempenho da cultura da soja submetida ao parcelamento da adubação potássica Salib et al. (2012) observaram que a melhor época de aplicação do potássio em cobertura foi 30 dias após a semeadura, embora não houvesse diferença significativa da aplicação a lanço antes da semeadura. Já Backes e Trento (2006) observaram os melhores resultados da aplicação desse nutriente aos 20 dias após o plantio para os caracteres produtividade de grãos e altura de plantas.

3.2 Potássio e a produção de sementes de soja

Um fator muito importante na produção e na garantia de estandes uniformes é a qualidade das sementes, o que garante o sucesso do empreendimento. A qualidade pode ser afetada por vários fatores, desde a fecundação até o momento da semeadura, como: genótipo, condições ambientais durante o desenvolvimento das sementes, fertilidade do solo e nutrição mineral, posição da semente na planta mãe, época e técnicas de colheita, condições de armazenamento e tratamentos pré-semeadura (BASU, 1995).

Nutrientes disponíveis influenciam na produção e qualidade de plantas produtoras de sementes, afetando a formação dos órgãos de reserva e do embrião, assim como a composição química e, conseqüentemente, o metabolismo e o vigor das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Uma adubação adequada pode evitar algumas anomalias no desenvolvimento das plântulas, que são as manifestações mais comuns, decorrentes das deficiências minerais (WIRIGLYR et al., 1984).

A importância de manter alta a concentração de potássio no tecido vegetal e sementes vem sendo mostrado por alguns autores, sendo que nas sementes a maior disponibilidade de potássio está positivamente associada com a produção e qualidade (VYN et al., 2002).

A correlação fertilidade do solo e potencial fisiológico da semente estão sendo estudados, pois é fator relevante para a tecnologia de semente (MONDO et al., 2012). Resultados publicados ainda são contraditórios, plantas bem nutrida estão em condições de produzir um maior número de sementes viáveis, o que influência da nutrição a produção de sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Veiga et al. (2010) observaram que doses crescentes de potássio não influenciam a germinação de sementes de soja, e que após o envelhecimento das sementes, foram verificados maiores valores de vigor nas sementes produzidas em área com saturação por base de 85%, atingindo valores de 97% de vigor .

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Iraí de Minas, estado de MG. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. Foi realizada análise de solo, 0 a 20 cm de profundidade (Tabela 1), para a realização da adubação de semeadura.

Tabela 1. Atributos químicos do solo.

pH CaCl ₂	K ⁺ -----mg dm ⁻³ -----	P (meh) -----mg dm ⁻³ -----	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al) -----cmol _c dm ⁻³ -----	SB	t	T	V -----%-----	m
4,9	53	1,6	0,14	2,4	1,9	0,00	2,40	4,51	4,51	6,91	65	0

Fonte: Laboratório Brasileiro de Análises Agrícolas Ltda(LABRAS), Monte Carmelo, MG

Em função dos resultados foram realizadas as adubações no sulco de semeadura, tanto para fósforo e potássio, conforme quantidades indicadas para produção de grãos de soja no estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), sendo as necessidades atendidas integralmente aplicando 240 kg do fertilizantes fosfato monoamônio (MAP) fornecendo 120 kg de P₂O₅ e 134 kg de cloreto de potássio (KCl) fornecendo 80 kg de K₂O. Essa adubação foi realizada em dose única, de forma integral, aplicada de forma mecanizada, no momento e no sulco de semeadura.

A semeadura foi realizada em novembro de 2018, com sementes da cultivar AS3730 tratadas com o fungicida/inseticida StandakTop® (Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato Metílico) e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de semeadura com 5 m de comprimento, com espaçamento de

0,5 m entre linhas. Foi considerada área útil da parcela as duas linhas centrais, com eliminação de 0,5 m em cada extremidade.

O desbaste foi realizado 15 dias após emergência das plântulas, mantendo-se 18 plantas por metro, com espaçamento de 0,50 m entre linha, 360.000 plantas por hectare.

Após 40 dias de emergência foi realizada a adubação adicional em cobertura com K_2O , utilizando como fonte o cloreto de potássio, de forma manual e superficial, com dois diferentes modos de aplicação: em linha, paralela a linha de semeadura com afastamento de 0,25 m, e a lanço em área total. As doses utilizadas na adubação adicional em cobertura foram de 0; 40; 80; 100 e 120 kg ha⁻¹.

Os tratos culturais, aplicações de inseticidas e fungicidas foram realizados uniformemente em todas as parcelas de acordo com as necessidades e recomendações para a cultura. A colheita foi realizada manualmente quando as plantas se encontravam em R8, maturação plena (FEHR et al., 1971). Foi efetuada secagem natural (ao sol), até as sementes atingirem teor de água próximo a 13% (base úmida). A debulha foi realizada por meio de trilhadora mecânica estacionária de parcelas, com sistema de trilha transversal (cilindro e côncavo).

Foram feitas avaliações das seguintes características agronômicas: altura da planta aos 30 dias após adubação adicional e altura final da planta (pré-colheita), tomadas aleatoriamente em 10 plantas da parcela útil, número de legumes por planta, número de sementes por legume, peso de mil sementes e produtividade (kg ha⁻¹), com correção para 13% de umidade.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio dos seguintes testes:

Germinação: O substrato para semeadura foi o papel do tipo “Germitest”, na forma de rolo, umedecido com água em 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida os rolos foram mantidos em câmara úmida, a 25 °C. As avaliações foram realizadas conforme descritas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com contagem de plântulas normais aos 8 dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais. Foram utilizadas 4 replicadas de laboratório de 50 sementes por bloco instalado no campo (3 blocos).

1º contagem de germinação: concomitante ao teste de germinação descrito anteriormente, foi realizado a 1º contagem de plântulas normais aos 5 dias após a semeadura.

Envelhecimento acelerado: foram utilizadas caixas plásticas tipo gerbox, adaptadas com tela de alumínio suspensa. Em cada gerbox foram adicionados 40 mL de água e uma camada única de sementes sobre toda a tela. Em seguida foram mantidos em câmara tipo BOD a 41 °C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Após este período, as sementes foram

submetidas ao teste de germinação, conforme descrição anterior, com 4 repetições de 50 sementes por bloco no campo e a contagem realizada aos 5 dias após a sementeira. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, avaliadas conforme BRASIL (2009).

Restrição hídrica artificial em papel: as sementes foram semeadas em papel germitest (2 folhas), com mesma metodologia descrita para o teste de germinação anteriormente, porém para o umedecimento dos papéis foi utilizada solução aquosa contendo manitol (P.A $C_6H_{14}O_6$ – P.M. 182,17) para simulação artificial da restrição hídrica e obtenção do potencial osmótico de -0,25MPa. As concentrações de manitol foram calculadas por meio da fórmula de Van't Hoff, ou seja, $Y_{os} = -RTC$, onde: Y_{os} = potencial osmótico (atm); R = constante geral dos gases perfeitos ($8,32J mol^{-1} K^{-1}$); T = temperatura (K); e C = concentração ($mol L^{-1}$), em $g L^{-1}$ de água, utilizadas para obter cada nível de potencial osmótico. Considerando: 1 MPa = 10 bar; 1 bar = 0,987 atm; T (K) = 273+T (°C). Nas condições do experimento foram necessários 18,6 $g L^{-1}$ de água. A avaliação das plântulas normais foi realizada conforme critérios de BRASIL (2009), aos 5 dias após a sementeira, além do critério de normalidade, foi estabelecido o comprimento mínimo da plântula de 1,5 cm. Sendo o resultado expresso em porcentagem de plântulas normais com pelo menos 1,5 cm.

O delineamento experimental foi blocos casualizados, com 3 blocos em campo, em esquema fatorial 2 x 5, envolvendo dois modos de aplicação superficial do fertilizante em cobertura, em linha e a lanço, e cinco doses de K_2O adicionais, 0; 40; 80; 100 e 120 $kg ha^{-1}$.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2014), a 5% pelo teste F. Quando pertinente as médias foram submetidas a análise de regressão, com a escolha de modelos matemáticos significativos a 5%, com maior coeficiente de determinação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características agronômicas

Por meio da análise de variância (Tabela 2) verificou-se que para altura de planta aos 30 dias após a adubação e altura final de plantas houve efeito significativo para a fonte de variação dose, com coeficiente de variação (CV) de 3,74% e 4,42% respectivamente.

Para número de legumes por planta e número de sementes por legume não foi observado diferença significativa, onde o CV foi de 14,96% e 1,62%, com número médio de 28 legumes por planta e 2,4 sementes/legume, respectivamente (Tabela 2).

Para peso de mil sementes (PMS), também não foi observado diferença onde o CV foi de 3,15%, com peso médio de 145,81g (Tabela 2).

Para produtividade, houve efeito significativo para a interação Dose x Forma, com o coeficiente de variação 7,93% (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura aos 30 dias após adubação (Alt. 30 dias), altura final (Alt. Final) , número de legume por planta (N° leg. planta⁻¹), número de sementes por legume (Sem. leg⁻¹), peso de mil sementes (PMS) e produtividade (Prod.) de soja em função da adubação adicional de potássio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios (QM)					
		Alt. 30 dias (cm)	Alt.final (cm)	N° leg.planta ⁻¹	Sem. leg ⁻¹	PMS (g)	Prod.(kg)
Doses (D)	4	53,043 [*]	46,083 [*]	9,268 ^{ns}	0,002 ^{ns}	7,037 ^{ns}	430772,961 [*]
Formas (F)	1	15,552 ^{ns}	6,534 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,002 ^{ns}	1,192 ^{ns}	12748,522 ^{ns}
DxF	4	22,461 ^{ns}	5,117 ^{ns}	6,619 ^{ns}	0,002 ^{ns}	56,632 ^{ns}	338635,781 [*]
Bloco	2	4,740	0,234	0,750	0,001	73,806	6428,798
Erro	18	105,713	7,826	17,500	0,001	21,037	44389,615
CV(%)		3,74	4,42	14,96	1,62	3,15	7,93

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Para altura das plantas aos 30 dias após adubação adicional e altura final das plantas foi verificado efeito linear direto, quanto maior a dose de K₂O adicional maior a altura das plantas (Figuras 1 e 2), independente do modo de aplicação do adubo.

Para altura de planta aos 30 dias foi constatado que a cada 100 kg ha⁻¹ de K₂O adicional houve um ganho de 5,7 cm (Figura 1). Para altura final de plantas o resultado foi semelhante, com acréscimo de altura de 5,2 cm a cada 100 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 2). Característica essa importante, pois pode contribuir com a produtividade.

O potássio se torna necessário uma vez que esse nutriente está envolvido na abertura e fechamento dos estômatos (entrada e saída de água da planta), transporte de carboidratos e outros compostos, sínteses, produção de clorofila, regulação do balanço hídrico (MYERS et al., 2005), além de ativar diversas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2012).

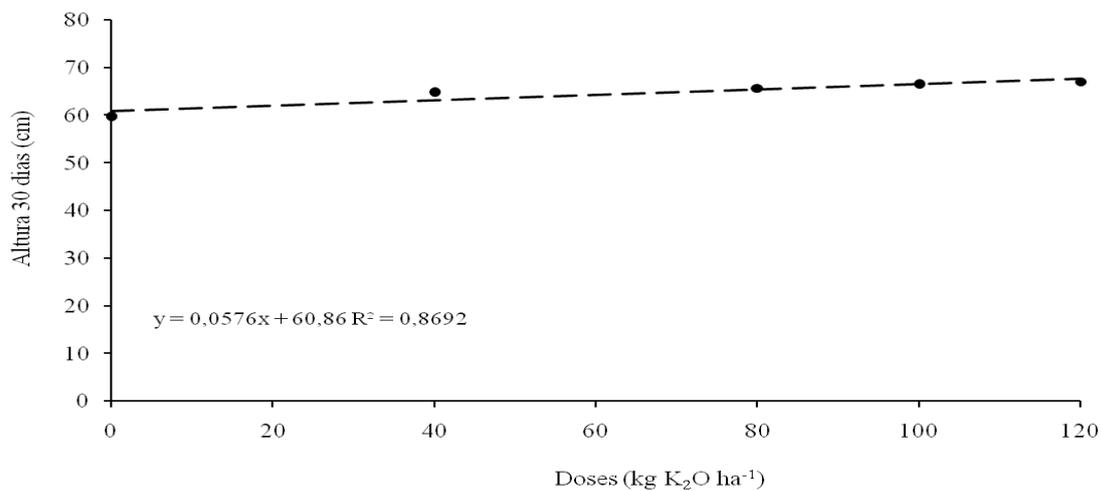


Figura 1. Equação de regressão para altura aos 30 dias (cm) após adubação das plantas em função doses de K₂O por hectare (kg de K₂O ha⁻¹).

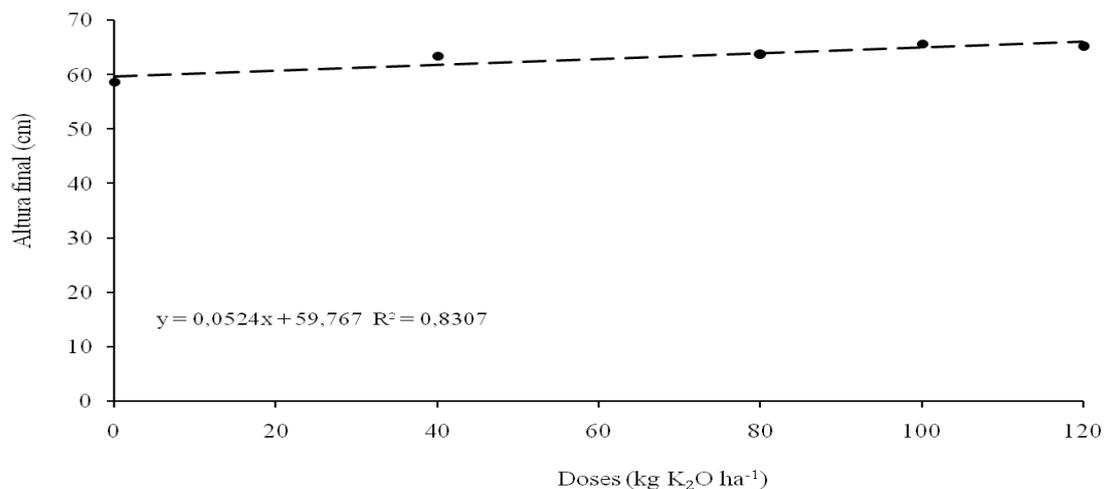


Figura 2. Equação de regressão para altura final (cm) de planta em função doses de K₂O por hectare (kg de K₂O ha⁻¹).

Para a produtividade, com a aplicação de K_2O em linha, o efeito foi quadrático, sendo a produtividade máxima atingida de 2893 kg ha^{-1} com a dose de $66 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, a partir dessa dose os valores de produtividade foram diminuindo com o aumento da dose aplicada próximo a linha de semeadura, provavelmente em decorrência da alta concentração salina na linha de semeadura (Figura 3). A alta salinidade de alguns fertilizantes, principalmente o KCl compromete a distribuição e o crescimento das raízes assim como a absorção de água e nutrientes, pois diminui o potencial osmótico próximo à rizosfera, dificultando o caminhamento dos íons até as raízes, segundo MARSCHNER (1997).

Já com a aplicação a lanço verificou-se efeito depressivo inicial com a utilização de até $45 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, com posterior acréscimo na produtividade com o aumento na dose. A maior produtividade foi constatada com a aplicação de 120 kg ha^{-1} de K_2O , com o valor estimado de 3299 kg ha^{-1} . Resultados esses provavelmente relacionados ao efeito salino prejudicial que foi menor devido a maior distribuição do fertilizante na área com a aplicação à lanço.

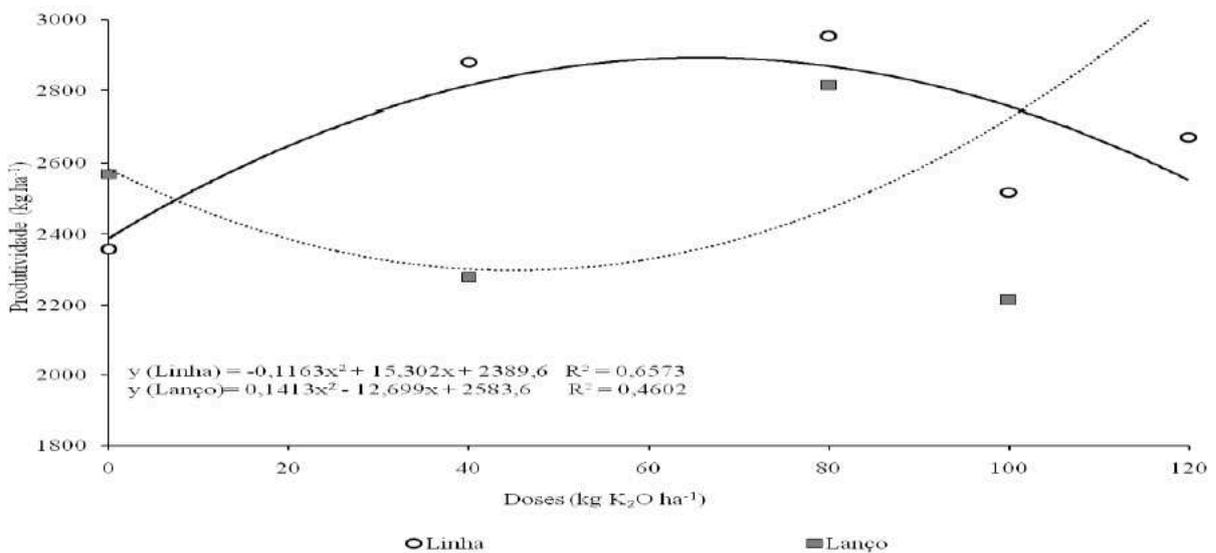


Figura 3. Equação de regressão para produtividade (kg ha^{-1}) de planta em função doses de K_2O por hectare ($\text{kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$).

Nesse sentido, quando se comparou as formas de aplicação (Tabela 3), a aplicação em linha foi superior em doses mais baixas (40 kg ha^{-1}), porém com doses mais elevadas de K_2O , 120 kg ha^{-1} , a adubação a lanço foi superior, proporcionando a melhor produtividade. Reiterando o discutido anteriormente sobre a relação distribuição do fertilizante na área e efeito salino da fonte de K_2O , assim infere-se que o modo de aplicação à lanço em área total é adequado para doses mais elevadas.

Para Malavolta (2006), devido ao plantio direto existem outras opções para distribuição de K_2O , como exemplo parte no pré-plantio, parte na semeadura e parte na cobertura.

Zambiazzi et al. (2017) não constataram influencia de diferentes doses de K_2O aplicado no sulco de semeadura, entre 0 e 200 kg de K_2O ha^{-1} , sobre as características agrônômicas da soja, incluindo produtividade, com experimento em dois locais.

Tabela 3. Produtividade ($kg\ ha^{-1}$) de soja em função das formas de aplicação e doses de K_2O por hectare.

Formas	Doses de K_2O ($kg\ ha^{-1}$)				
	0	40	80	100	120
Linha	2357a	2881a	2953a	2518a	2672b
Lanço	2570a	2278b	2814a	2215a	3299a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

4.2 Qualidade de sementes

Por meio da análise de variância (Tabela 4) verificou-se que para a primeira contagem de germinação e restrição hídrica houve efeito significativo para a fonte de variação dose, com coeficiente de variação de 9,47% e 5,31% respectivamente.

Para germinação final houve efeito significativo para a fonte de variação dose e formas de modo isolado, com coeficiente de variação de 4,02% (Tabela 4)

Para envelhecimento acelerado, houve efeito significativo entre a interação, com o coeficiente de variação 4,20% (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para primeira contagem de germinação (1°G), germinação final (G), envelhecimento acelerado (EA) e restrição hídrica (RH) em sementes de soja em função da adubação adicional de potássio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios (QM)			
		1°G	G	EA	RH
Doses (D)	4	157,0229*	248,5333*	84,5125*	40,4708*
Formas (F)	1	54,0020 ^{ns}	197,6333*	40,8333 ^{ns}	32,5520 ^{ns}
DxF	4	26,9395 ^{ns}	26,8000 ^{ns}	42,3541*	10,1250 ^{ns}
Bloco	2	42,3812	22,9333	10,5583	0,1895
Erro	18	30,2238	10,3407	11,5583	13,4303
CV(%)		9,47	4,02	4,20	5,31

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Observa-se que para variável primeira contagem é diretamente afetada com o aumento da dosagem de K₂O, sendo assim infere-se que as dosagens de K₂O inteferem no vigor das sementes (Figura 4). Os ganhos foram na proporção de aproximadamente 8% a cada 100 kg de ha⁻¹ de K₂O adicional. Demonstrando a importância da nutrição com esse nutriente, principalmente quando se trata em produção de sementes com elevada qualidade.

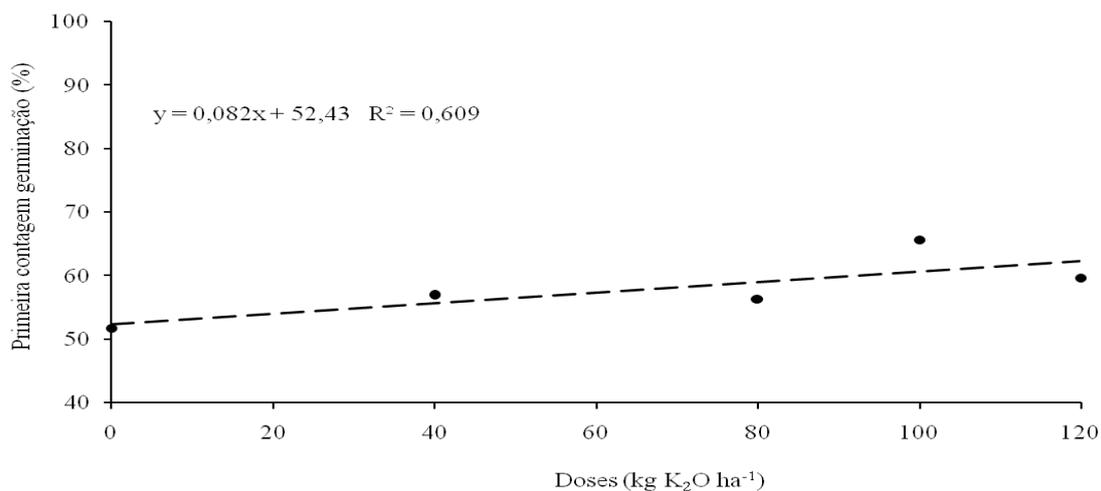


Figura 4. Equação de regressão para primeira contagem de germinação (%) em função doses de K₂O por hectare (kg de K₂O ha⁻¹).

A exemplo do verificado na primeira contagem de germinação, para germinação final observa-se um aumento linear direto, sendo que as doses mais elevadas de K_2O proporcionaram maior porcentagem de germinação nas sementes produzidas potencial germinativo (Figura 5). Esse incremento na germinação foi de 9,5% a cada 100 kg de K_2O ha⁻¹.

Fato esse relevante, pois o MAPA de acordo com a instrução normativa n°45 de 17 de setembro de 2013, exige a germinação mínima de 80% para os lotes de sementes de soja comercializados (MAPA, 2013).

Veiga et al.(2010) também trabalhando com a adubação potássica, não constataram efeito do potássio sobre a germinação e o vigor das sementes, com doses entre 0 e 200 kg K_2O ha⁻¹, em solo com 79 mg dm⁻³ de K^+ . Já com a elevação da saturação por base foi verificado incremento no vigor de sementes de soja.

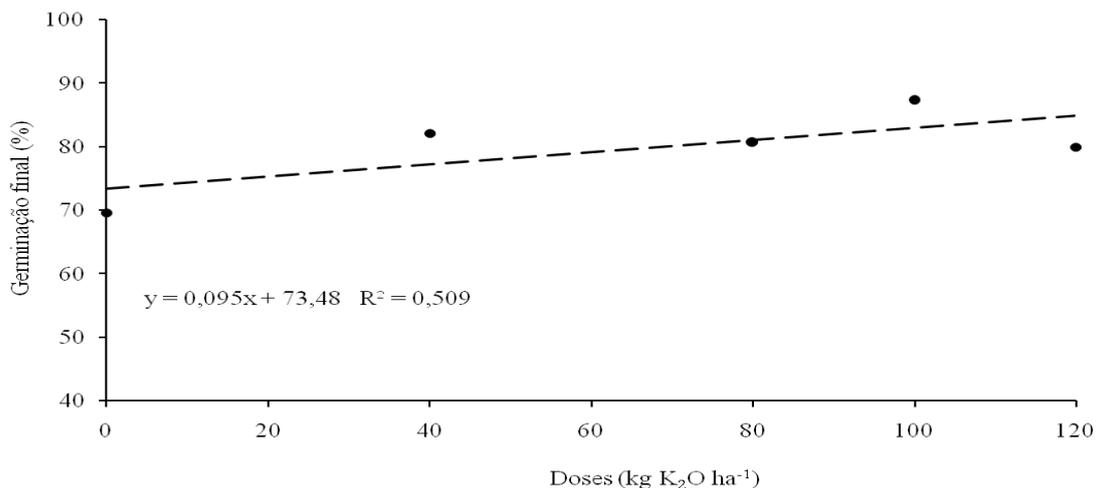


Figura 5. Equação de regressão para germinação final (%) em função doses de K_2O por hectare (kg de K_2O ha⁻¹).

Em relação ao modo de aplicação de K_2O e a germinação das sementes produzidas, a aplicação do fertilizante adicional em cobertura apresentou melhores resultados com a aplicação em área total à lanço em detrimento à aplicação concentrada em linha (Tabela 5), provavelmente relacionado à relação discutida anteriormente entre fonte salina do fertilizante, distribuição na área e aproveitamento do fertilizante.

Tabela 5. Germinação final em função dos modos de aplicação de K_2O adicional em cobertura na soja.

Formas	Média
Linha	77,40b
Lanço	82,53a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Para o vigor estimado por envelhecimento acelerado, nota-se que a adubação na linha, próxima da planta, proporcionou maior otimização de uso e efeitos do nutriente até a dose de 80 kg de K_2O ha^{-1} , sendo que nas dosagens mais elevadas o vigor foi menor, também provavelmente relacionado ao discutido com a aplicação de doses elevadas de forma concentrada na linha (Figura 6).

Já com a aplicação à lanço quanto maior a dosagem maior foi o vigor das sementes, com efeito linear direto (Figura 6), com incrementos de 7,7% a cada 100 kg K_2O ha^{-1} .

Sementes com baixa qualidade fisiológica deterioram-se mais rapidamente do que sementes mais vigorosas, estabelecendo diferenças no potencial fisiológico (GUEDES et al., 2011).

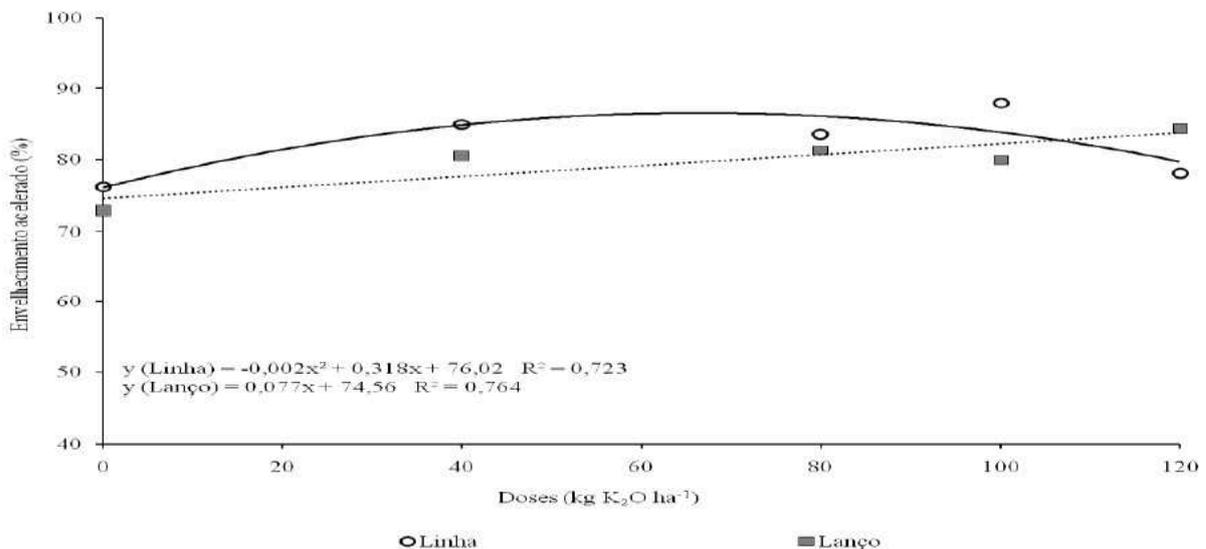


Figura 6. Equação de regressão para envelhecimento acelerado (%) em função doses de K_2O por hectare (kg de K_2O ha^{-1}).

Para doses elevadas, 100 e 120 kg de K_2O ha^{-1} , a aplicação a lanço proporcionou melhores resultados em relação a aplicação concentrada (Tabela 6). Reiterando que a

metodologia de aplicação à lanço em área total é a adequada opção em doses mais elevadas de K_2O .

Tabela 6. Vigor (%) por meio do teste de envelhecimento acelerado em função das formas e doses de adubação adicional com K_2O ($kg\ ha^{-1}$).

Formas	Doses de K_2O ($kg\ ha^{-1}$)				
	0	40	80	100	120
Linha	72,83a	80,50a	81,33a	88,00a	78,00b
Lanço	76,16a	85,00a	83,50a	80,00b	84,33a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F, a5%deprobabilidade.

Para o vigor por restrição hídrica, o potássio em cobertura de forma adicional proporcionou incrementos lineares de vigor com o aumento da dosagem, uma vez que, quanto maior a dose de K_2O maior foi o vigor das sementes sob condições de restrição hídrica. O incremento no vigor foi de 3,5% a cada 100 kg de $K_2O\ ha^{-1}$ adicional. Dessa forma, reitera-se a importância da nutrição mineral com potássio quando se visa a produção de sementes de soja.

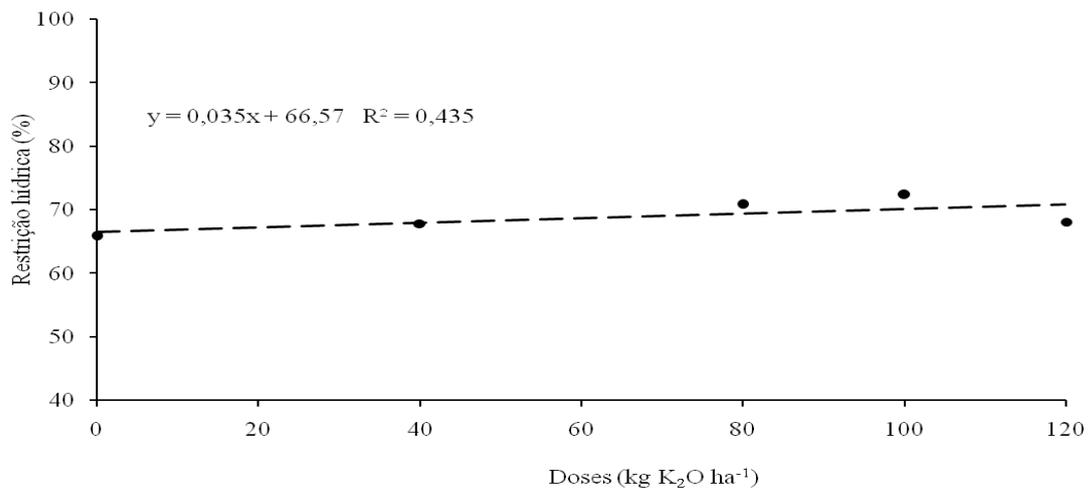


Figura 7. Equação de regressão para vigor por restrição hídrica em função de doses de K_2O adicional por hectare (kg de $K_2O\ ha^{-1}$).

5 CONCLUSÕES

As doses de K_2O adicionais apresentaram relação linear direta com a altura de planta de soja com ganho de mais de 5 cm a cada 100 kg de K_2O ha^{-1} até a dose de 120 kg de K_2O ha^{-1} .

Para a adubação em linha, até 66 kg ha^{-1} de K_2O houve incremento na produtividade da soja. Para doses mais elevadas a aplicação adicional a lanço proporcionou os ganhos em produtividade, até 120 kg de ha^{-1} de K_2O .

O uso de potássio adicional em cobertura favoreceu a germinação e vigor das sementes produzidas.

A aplicação adicional de potássio em cobertura incrementou o vigor (EA) das sementes produzidas, com melhores resultados com aplicação em linha para menores doses e à lanço para maiores doses.

REFERÊNCIAS

- BACKES, D.; TRENTO, S. **Efeito da época de aplicação de cloreto de potássio na cultura da soja**. Novo Rio do Sul, Mercedes - PR, 2006.
- BASU, R. N. Seedviability. *In*: BASRA, A. S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: The Haworth, 1995. p. 1-42.
- BERNARDI, A. C. C. *et al.* Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 158-167, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.
- CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento- **Observatório Agrícola Acompanhamento de safra Brasileira de grãos**. - V. 6 - SAFRA 2018/19- n. 2 - Segundo levantamento, Novembro 2018.
- DAVIS, R. M. *et al.* **Compendium of lettuce diseases**. California: Academic, 1997. 79 p.
- FEHR, W. R. *et al.* Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v. 11, n. 6, p. 929-931, nov./dec. 1971.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n.4, p.278-286, 2014.
- FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.
- GUEDES, R. S. *et al.* Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 443-450, 2011.
- LIMA, M. D. *et al.* Potassium fertilization and sowing seasons on protein yield in soybean cultivars. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 6, p. 392–397, 2017.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo, SP: Agronômica Ceres, 2006. p. 213 – 214.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: ESALQ, 1980. 40 p.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa N° 45**, de 17 de Setembro de 2013. 39 p.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. *In*: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-24.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1997.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; WUTKE, E.B.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M. A.C. (2004) – Potássio para a soja. **Informações Agronômicas**, n. 105, p. 1 -2.

MONDO, V. H. V. *et al.* Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 193-201, 2012.

MYERS, S. W. *et al.* Effect of soil potassium availability on soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. **Journal of economic entomology**, Califórnia, v.98, n. 1, p.113-120, 2005.

NETO, M. E.; MINATO, E. A.; BESEN, M. R. Biometric responses of soybean to different potassium fertilization management practices in years with high and low precipitation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, n. 42, p. 1–13, 2018.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG, CFSEMG/UFV, 1999. 359p.

SALIB, G. C. *et al.* Desempenho da cultura da soja submetida ao parcelamento da adubação potássica. *In: CONGRESSO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO*, 1, 2012, Rio Verde. **Anais [...]**. Rio Verde: IFGoiano, 2012

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

SILVA, V. A. *et al.* Kinetics of K release from soils of Brazilian coffee regions: effect of organic acids. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 533-540, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p 720.

VEIGA, A. D. *et al.* INFLUÊNCIA DO POTÁSSIO CALAGEM E QUÍMICA , QUALIDADE FISIOLÓGICA E NA ATIVIDADE. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 953–960, 2010.

VILELA, L.; SOUZA, D. M. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Adubação potássica e com micronutrientes. *In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. Cerrados: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 179-188

VYN, T.J.; YIN, X.; BRUULSEMA, T.W.; JACKSON, 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.

WIRIGLYR, C. W. *et al.* Effect of sulfur deficiency on wheat availability. *In: SULFUR in Agriculture*. Washington: The Sulfur Institute, 1984. p. 2-7.

ZAMBIAZZI, E. V. **Aplicações da adubação potássica na cultura da soja**. 2014. p.117. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

ZAMBIAZZI, E. V. et al. Desempenho agronômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 543–553, 2017.