

**INFLUÊNCIA DO POTÁSSIO E DA
CALAGEM NA PRODUTIVIDADE, NA
COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NA QUALIDADE
DE SEMENTES DE SOJA**

ADRIANO DELLY VEIGA

2007

ADRIANO DELLY VEIGA

**INFLUÊNCIA DO POTÁSSIO E DA CALAGEM NA PRODUTIVIDADE,
NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE
SOJA**

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

Orientador

Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

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

Veiga, Adriano Delly.

Influência do potássio e da calagem na produtividade, na composição química e na qualidade de sementes de soja. / Adriano Delly Veiga. -- Lavras: UFLA, 2007.

83 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

Orientadora: Édila Vilela de Resende Von Pinho.

Bibliografia.

1. Soja. 2. Semente. 3. Composição química. 4. Qualidade. 5. Adubação. I. Universidade Federal de Lavras.
II. Título.

CDD – 633.3421

ADRIANO DELLY VEIGA

**INFLUÊNCIA DO POTÁSSIO E DA CALAGEM NA PRODUTIVIDADE,
NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE
SOJA**

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

APROVADA em 06 de setembro de 2007

Prof. Dr. João Almir Oliveira

DAG/UFLA

Prof. Dr. Carlos Alberto Silva

DCS/UFLA

Profª. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho

DAG/UFLA

(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

Aos meus familiares e amigos,

OFEREÇO.

Aos meus pais, Ruben e Beth
e a meu irmão André,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelas oportunidades que surgem em nossas vidas, pela sabedoria e luz que nos guiam para que estas sejam aproveitadas da melhor maneira possível.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

À Profa. Édila Vilela de Resende Von Pinho, pela orientação e confiança durante a realização do trabalho.

Ao Prof. Carlos Alberto Silva, pela co-orientação.

Ao Prof. João Almir de Oliveira, pelas contribuições e participação na banca de defesa.

Aos demais professores do Setor de Sementes, Renato Mendes Guimarães e Maria Laene Moreira de Carvalho, pela amizade.

Às funcionárias do Laboratório de Sementes da UFLA, Dona Elza, Dalva, Elenir, Andréa e Sr. Zé, pela disponibilidade e atenção durante a realização do mestrado.

Aos bolsistas de iniciação científica, Pedro Henrique e Kênia, por todas as contribuições, acompanhamento do trabalho e amizade.

Ao amigo e companheiro de trabalho Luiz Hildebrando de Castro e Silva, pelo apoio e inúmeras contribuições.

Ao meu irmão André, por sua grande disponibilidade e cooperação durante todo o período de realização do trabalho.

A todos os meus amigos do Setor de Sementes e demais colegas de pós-graduação, pelo companheirismo durante todo o mestrado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A cultura da soja.....	3
2.2 Exigências climáticas.....	4
2.3 Potássio no solo e nas plantas.....	9
2.4 Influência potássio e da calagem na qualidade fisiológica das sementes.....	13
2.5 Relação entre potássio e resistência a doenças.....	15
2.6 Influência do potássio na atividade enzimática.....	18
2.7 Potássio e composição química de sementes.....	22
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
CAPÍTULO II: INFLUÊNCIA DO POTÁSSIO E DA CALAGEM NA PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE FÍSICA, FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DAS SEMENTES DE SOJA.....	33
1 RESUMO.....	34
2 ABSTRACT.....	35
3 INTRODUÇÃO.....	36
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
6 CONCLUSÕES.....	60
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

CAPÍTULO III: INFLUÊNCIA DO POTÁSSIO E DA CALAGEM NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE SEMENTES DE SOJA.....	64
1 RESUMO.....	65
2 ABSTRACT.....	66
3 INTRODUÇÃO.....	67
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
6 CONCLUSÕES.....	78
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	81

RESUMO

VEIGA, Adriano Delly. **Influência do potássio e da calagem na produtividade, na composição química e na qualidade de sementes de soja.** 2007. 83p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Neste trabalho foram avaliados os efeitos de diferentes doses de potássio e da calagem sobre o teor dos nutrientes, produtividade, qualidade física, fisiológica e sanitária, composição química e sobre a atividade de algumas enzimas em sementes de soja. A pesquisa foi desenvolvida na área experimental e nos laboratórios de análises e biotecnologia de sementes do Departamento de Agricultura, no laboratório de produção vegetal do Departamento de Ciência dos Alimentos e no laboratório de análises do Departamento de Ciência do Solo, na UFLA. Sementes da cultivar M-Soy 8001 foram produzidas sob dois níveis de saturação por bases (48% e 85%) e quatro doses de potássio aplicadas no sulco (0, 50, 100, 200 kg. ha⁻¹ de K₂O). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em parcela subdividida, com quatro repetições. A qualidade fisiológica foi avaliada por meio dos testes de germinação, envelhecimento acelerado e tetrazólio; a qualidade sanitária, por meio de blotter test e a qualidade física pelo peso de mil sementes. Foram avaliados os teores de potássio, cálcio, boro, óleo e de proteína, assim como a atividade das enzimas esterase, malato desidrogenase, álcool desidrogenase e piruvato quinase. A disponibilidade de potássio no solo pode afetar a produtividade, qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes de soja. A elevação da saturação por bases, mesmo para 85%, proporcionou melhor qualidade de sementes de soja. O potássio influenciou a composição química das sementes de soja, aumentando o teor de óleo e reduzindo o de proteína. As enzimas piruvato quinase e álcool desidrogenase podem ter sua atividade afetada pela concentração de potássio nas sementes e quando da aplicação da calagem, respectivamente.

* Comitê Orientador: Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho - UFLA (Orientador), Prof. Dr. Carlos Alberto Silva – UFLA.

ABSTRACT

VEIGA, Adriano Delly. **Influence of potassium and liming on the productivity, chemical composition and quality of soybean seeds.** 2007. 83p. Dissertation (Master's degree in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Gerais*.

In this work, the effect of different doses of potassium and liming on nutrient content, yield, physical, physiological and health quality, chemical composition and on the activity of some enzymes in soybean seeds were evaluated. The research work was developed in the experimental area and in the seed analysis and biotechnology laboratory of the Agriculture Department, in the Plant Production Department laboratory of the Food science Department and the analysis Laboratory of the Soil Science Department at UFLA. Seeds of cultivar M-Soy 8001 were produced under two levels of base saturation (48% and 85%) and four doses of potassium applied into the furrow (0, 50, 100, 200 kg of $K_2O\ ha^{-1}$). The experimental design was the one of randomized blocks in split plot with four replicates. The physiological quality was evaluated by means of the germination, accelerated aging and tetrazolium tests, the health quality by means of blotter test and physical quality per the weight of one thousand seeds. The contents of potassium, calcium and boron, in addition to being evaluated the chemical composition and activity of some enzymes. The availability of potassium in soil can affect yield, physical, physiological and health quality of soybean seeds. The elevated base saturation, even for 85%, provided a better quality of soybean seeds. Potassium influenced the chemical composition of soybean seeds, increasing oil content and reducing the one of protein. The enzymes piruvate kinase and dehydrogenase alcohol can have their activity affected by potassium concentration in seeds and at the time of liming application, respectively.

* Guidance Committee: Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho - UFLA (Major Professor), Prof. Dr. Carlos Alberto Silva – UFLA.

CAPITULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo e essa cultura é de grande expressão para o agronegócio, devido às divisas e ao número de empregos que gera. Em 2004/05, foram cultivados 22 milhões de hectares, com produção de 50 milhões de toneladas de grãos (Companhia Nacional de Abastecimento, Conab, 2005). Em relação à produção de sementes de soja na safra 2004/05, no país, foram produzidas cerca de 820 mil toneladas, para uma demanda efetiva de 666 mil toneladas, que representa 47% do total da demanda de sementes no país (Associação Brasileira de Sementes e Mudas, Abrasem, 2006).

Devido à grande demanda existente no país, empresas produtoras de sementes de soja têm investido em programas de controle de qualidade, visando à produção de sementes com capacidade de produção, com pureza genética, sanidade e alta qualidade fisiológica. Sabe-se que a semente é o meio mais importante para o uso e difusão dos avanços tecnológicos que se traduzem em aumento de produtividade e outros benefícios.

A qualidade das sementes é a soma de atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários que podem ser afetados por diversos fatores como a origem dessas sementes, condições edafoclimáticas durante o processo de produção, tipo de colheita, taxa de secagem, condições de armazenamento, tratamento químico, presença de pragas e de doenças no campo de produção, e outros.

Com relação à adubação, de modo geral, sabe-se que as plantas bem nutridas têm capacidade de produzir maior quantidade de sementes bem

formadas. A exigência nutricional para a maioria das espécies torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica por ocasião da formação de sementes, quando considerável quantidade de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, é para elas translocada. Essa maior exigência se deve ao fato de os nutrientes serem necessários para a formação e o desenvolvimento de novos órgãos e de materiais de reserva. A disponibilidade de nutrientes, a exemplo de K e de Ca aplicados na correção da acidez do solo, pode influenciar ainda na composição química das sementes e, conseqüentemente, no metabolismo e no vigor dessas (Carvalho & Nakagawa, 1988).

Durante o período vegetativo, as plantas acumulam reservas que, posteriormente, são translocadas. Assim, o adequado fornecimento de nutrientes as condiciona a produzirem metabólitos necessários ao seu bom desenvolvimento e o de seus frutos. Nas sementes, é necessário que o acúmulo de reservas seja feito adequadamente, uma vez que o crescimento inicial das plântulas depende dessas substâncias.

Dentre os macronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, o potássio é de grande importância na fotossíntese, na translocação de assimilados e na ativação de diversas enzimas. A presença de quantidade adequada de potássio assimilável no solo está diretamente ligada ao vigor e ao crescimento dos vegetais. Sendo um dos elementos minerais mais abundantes nos tecidos das plantas, o K, de modo geral, não tem levado a aumento de rendimentos, mas seus efeitos têm sido observados na maior retenção da vagem na haste, na redução da deiscência, na melhoria da qualidade das sementes, na maior resistência da planta a doenças, além de propiciar maior tolerância aos estresses, como frio ou seca.

Poucos trabalhos têm sido realizados para verificar as relações de fertilidade do solo, nutrientes fornecidos às plantas e qualidade das

sementes produzidas. Dessa forma, neste estudo, foi avaliado o efeito da adubação potássica e da calagem na produtividade, na qualidade física, fisiológica e sanitária, na composição química e na atividade enzimática das sementes de soja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da soja

A soja, *Glycine max* (L) Merrill, tem como centro de origem o continente asiático, mais precisamente a região nordeste da China (Hymowitz, 1970). A que é cultivada hoje no mundo é muito diferente da dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras e se desenvolviam na costa leste da Ásia. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por pesquisadores na China.

A introdução da cultura da soja no Brasil ocorreu no século XIX, inicialmente na Bahia. Posteriormente, foi introduzida nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul (Bonato & Dall'Agnoll, 1986). O estabelecimento e o crescimento da cultura da soja nesses estados ocorreram devido à excelente adaptação das cultivares introduzidas do sul dos Estados Unidos (Bonato & Bonato, 1987). No entanto, o cultivo comercial de soja se iniciou bem mais tarde, sendo as primeiras estatísticas oficiais referentes à produção de soja no Brasil datadas de 1941.

A área ocupada pela cultura da soja no mundo é de 87 milhões de hectares, para uma produção anual de 216 milhões de toneladas na safra 2004/05, com um movimento de 215 bilhões de dólares do seu complexo agroindustrial. No Brasil, este movimento é cerca de 30 bilhões de

dólares (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, 2005). Devido às múltiplas utilizações da soja na alimentação humana e animal e aplicação em diversos processos industriais, essa cultura é responsável pela formação de uma complexa estrutura de produção, armazenamento, processamento e comercialização.

A produção mundial de soja, na safra 2005/06, foi estimada em 222,76 milhões de toneladas, 3,4% acima da safra 2004/05. Esse volume, por superar o potencial da demanda, estimado em 213,73 milhões de toneladas, deverá elevar os estoques mundiais para o recorde de 53,8 milhões de toneladas (United States Department of Agriculture, USDA, 2006).

Na safra 2004/05, a produção nacional de grãos foi de 50 milhões de toneladas, e a demanda efetiva de sementes de 666 mil toneladas (Abrasem, 2006). Com essa grande demanda de sementes, há a necessidade de um eficiente programa de controle de qualidade de sementes, por meio do qual todas as etapas do processo de produção são controladas. Com esse monitoramento, busca-se uma produção que atenda à demanda e ao fornecimento de um produto de alta qualidade no mercado.

Durante o processo de produção de sementes, deverão ser consideradas as exigências climáticas e nutricionais, as quais podem influenciar na qualidade das sementes.

2.2 Exigências climáticas

O controle da qualidade de sementes tem início com a implantação do campo de produção de sementes. Na escolha da região devem-se levar em consideração as condições climáticas. O desenvolvimento das plantas de soja é influenciado por diversos fatores ambientais, como temperatura, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, umidade do solo e fotoperíodo. Por sua vez, esse ambiente de produção deve ser conhecido, quanto às suas

potencialidades, para suportar uma produção vegetal econômica.

A água constitui aproximadamente 90% do peso da planta, atuando em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos. Desempenha a função de solvente, que como tal leva minerais e outros solutos para dentro das células e movem-se pela planta. Tem, ainda, papel importante na regulação térmica da planta, agindo tanto no resfriamento como na manutenção e na distribuição do calor.

Segundo Gardner et al. (1981) e Marcos Filho (1986), deficiência hídrica durante a fase vegetativa produz efeitos menores do que durante os períodos de florescimento e de frutificação. Para a soja, a deficiência hídrica durante a etapa de diferenciação de botões florais promove queda de grande número de flores. Essa mesma ocorrência pode ser observada se a estiagem for seguida por um repentino excesso de chuvas (Marcos Filho, 1986). Porém, o aborto de flores e vagens pode ser compensado pelo acréscimo no número de flores tardias, desde que a água torne-se disponível (Whigham & Minor, 1983).

Por outro lado, Stonit & Kramer (1977), citados por Marcos Filho (1986), observaram que a redução do potencial de água, em qualquer estágio reprodutivo da soja foi prejudicial à produção. Verificaram maior intensidade de abortos no período inicial de formação de vagens, menor número de sementes com tamanho normal, menor peso de sementes e produção final. Entretanto, o número de sementes não foi reduzido quando as plantas estavam em fase de acúmulo intenso de matéria seca.

O regime hídrico é o principal fator climático a ser considerado, em se tratando de qualidade de sementes. Segundo Carvalho & Nakagawa (1988), em duas circunstâncias pelo menos e de formas diferentes, a ocorrência de chuvas pode exercer influência decisiva sobre o período de viabilidade das sementes. A primeira é a fase em que a semente está acumulando matéria seca, na qual a não disponibilidade de água no solo resulta na formação de sementes de menor

densidade ou até mesmo chocha, as quais terão menor potencial de armazenabilidade. Em outra fase muito mais sensível ao regime hídrico, é quando as sementes já adquiriram a maturidade e o ideal é a menor ou a não incidência de chuva, a fim de que a semente sofra um mínimo de deterioração no campo.

Em regiões com alta precipitação e umidade relativa, além de ocorrer o retardamento do processo de maturação das sementes e as condições contribuírem para a aceleração da deterioração destas em campo, o desenvolvimento de fitodoenças e a conseqüente contaminação e ou infecção de sementes (Choldhury, 1985) são favorecidas, reduzindo a qualidade sanitária, característica fundamental à produção de sementes de boa qualidade.

Assim como a água, a temperatura intervém em maior ou menor grau em praticamente todos os processos fisiológicos das plantas, como condição e não como matéria-prima, como é caso da água..

Segundo Marcos Filho (1986), para a soja, o período reprodutivo ocorre sob condições ótimas, quando a temperatura está próxima dos 25°C. Temperaturas inferiores à ótima provocam atrasos nas diferentes fases, enquanto as elevadas podem promover florescimento precoce, distúrbios na fase de frutificação e acelerar a maturação das sementes, tendo como conseqüência final a redução da produção.

Os principais efeitos do fator térmico sobre a qualidade das sementes referem-se à ocorrência de temperaturas elevadas, associadas a altos índices de precipitação pluvial, por ocasião da maturação das sementes. De modo geral, tais condições climáticas são prejudiciais não só por acelerarem a deterioração das sementes no campo, mas também por favorecerem o desenvolvimento de doenças, que são transmitidas por elas. Assim, clima seco e com temperaturas relativamente baixas na época que vai da maturidade fisiológica até a colheita das sementes de maneira geral é altamente desejável.

A germinação de sementes e a emergência de plântulas de soja são favorecidas por temperaturas de solo entre 25°C e 30°C, sendo 10°C considerada como a temperatura mínima exigida para esse processo (Câmara, 1992). A partir da germinação epígea da soja, a temperatura do ar passa a exercer maior influência sobre o seu crescimento. Temperatura do ar entre 25°C e 30°C favorece o desenvolvimento vegetativo das plantas, com rápido crescimento e fechamento mais rápido nas linhas e entrelinhas, reduzindo significativamente a infestação de plantas daninhas. A absorção de potássio pela planta é favorecida por temperaturas próximas a 30°C (Câmara, 1992; Sedyama et al., 1985).

Sabe-se que o movimento e a captação do potássio são afetados pelas condições de umidade e de temperatura do solo. Também, a resposta da planta para estresses de umidade e temperatura é afetada pela quantidade do potássio na planta. Dentre os efeitos da relação solo-planta-ambiente têm-se observado que, com baixa umidade, a difusão de potássio para raízes é baixa. Quantidade adequada de potássio reduz perdas de água por transpiração e, também, a captação de potássio pelas plantas é menor em temperaturas mais baixas (Nelson, 1980).

O fotoperíodo, assim como a temperatura, determina as regiões em que se podem produzir sementes de culturas que respondem a esse fator climático, de modo que a produção de sementes ficará limitada aos locais onde as cultivares foram desenvolvidas, ou onde são cultivadas em larga escala. No caso da soja, a maioria dos cultivares apresenta resposta ao fotoperíodo, o que afeta época de florescimento e maturação.

Sendo uma planta de dias curtos, a indução floral ocorrerá em um período em que se verifica a redução do comprimento dos dias. Entretanto, segundo Whigham & Minor (1983) e Marcos Filho (1986), a planta só é induzida a florescer quando passar do período juvenil. Portanto, para uma produção compensadora de sementes, a época de semeadura deverá ser tal que

permita desenvolvimento vegetativo suficiente para isso. Segundo Marcos Filho (1986), numa mesma latitude, cultivares precoces geralmente têm fotoperiodismo prematuro em relação aos de ciclo médio e este mais que o tardio.

O atraso da semeadura da soja em relação ao mês de outubro permite que a fase de maturação das sementes coincida com épocas mais secas e de temperaturas mais amenas. Assim, principalmente quando as cultivares precoces são semeadas em dezembro, as sementes obtidas são de melhor qualidade. Entretanto, devido à redução do período vegetativo, devido à resposta fotoperiódica, deve-se esperar redução na produtividade.

Na semeadura tardia, independente da região de cultivo, quando comparada com a melhor época de semeadura de cada genótipo em questão, todas as cultivares tendem a florescer mais cedo, reduzindo o ciclo e o porte das plantas e, conseqüentemente, diminui o rendimento.

Portanto, o efeito típico do fotoperíodo na soja, quando se leva uma variedade para regiões com menor latitude ou retarda sua semeadura, é a redução do período compreendido entre a emergência das plântulas e o início do florescimento e, conseqüentemente, do ciclo da cultura. Nessa circunstância ocorrem, também, reduções do porte das plantas, da altura de inserção de primeiras vagens, da área foliar e da produtividade (Green et al., 1965; Sedyama et al., 1972).

A radiação solar pode afetar diretamente a quantidade de sementes produzidas devido à sua influência, principalmente no florescimento (Whigham & Minor, 1983). De acordo com Marcos Filho (1986), durante o período de florescimento, a soja produz um número de flores superior ao número de vagens. Esse número depende, principalmente, do vigor da planta e da disponibilidade de água e luz para a realização da fotossíntese. Assim, o sombreamento excessivo pode acarretar aumento de abortamento e queda de flores e

vagens, devido à redução do nível de açúcar nas folhas.

Além da influência do clima sobre a produção e a qualidade de semente, outro fator de grande importância a ser considerado é a adubação das plantas de soja.

2.3 Potássio no solo e nas plantas

O conceito de eficiência de utilização de um nutriente por uma planta diz respeito aos processos de absorção, translocação, acúmulo e utilização do nutriente para a produção de matéria seca ou de grãos nas diferentes condições de cultivo. Existem inúmeras evidências de que a eficiência de utilização de nutrientes é uma característica geneticamente controlada, podendo-se esperar diferenças acentuadas entre genótipos de uma mesma espécie. Existe ainda variabilidade genética para tolerância a diferentes condições de estresse, como seca, temperatura, deficiência e excessos nutricionais (Blum, 1985).

A reserva de nutrientes na semente é expressa pelos teores encontrados em suas partes constituintes. Esse valor varia entre espécies, cultivares e depende das condições do ambiente em que a semente é produzida (Carvalho & Nakagawa, 1988).

Com exceção do nitrogênio, fixado simbioticamente, o potássio é o nutriente mais extraído pela soja e o que se apresenta em maiores concentrações nos tecidos. A maior exigência do K ocorre no estágio de crescimento vegetativo da soja, apresentando a velocidade de absorção máxima do nutriente alguns dias que antecedem o florescimento (Tanaka & Mascarenhas, 1992).

Apesar dessa elevada exigência de K, são encontrados poucos trabalhos nos quais foram observadas respostas dessa cultura à adubação potássica. Os fatores que determinaram a ausência deste efeito foram relacionados ao tipo de solo, ao nível do nutriente no solo, a exigência nutricional da cultivar e a aplicação inadequada do fertilizante (Yamada & Borket, 1992).

A principal forma de K nos solos é a mineral, encontrada na rede cristalina de minerais primários – feldspatos, micas como a moscovita e biotita - e nos minerais secundários – argilas do tipo 2:1, illita e vermiculita. O grau de intemperismo do solo afeta os minerais e as formas existentes no solo. Em solos muito intemperizados, esses minerais são menos comuns, dando lugar à caulinita, que não tem K na sua estrutura (Faquin, 2005), e tampouco se constitui em reserva do nutriente disponível para as plantas.

A disponibilidade de potássio no solo depende de vários fatores, como o teor de argila, a capacidade de troca de cátions, a capacidade de fixação de K pelos minerais de argila, a concentração do elemento no subsolo e o comprimento de raízes, a umidade e a temperatura, a aeração, o pH, os teores de Ca e Mg e de outros nutrientes. Também fatores relacionados à planta são citados, destacando-se a CTC das raízes, o tipo de raiz, a cultivar ou híbrido, a população de plantas, o espaçamento e a produtividade (Tisdale et al., 1993).

De acordo com Tanaka et al. (1993), o potássio é disponível para a planta e sujeito à absorção tanto na forma de cátion monovalente da solução do solo quanto na forma trocável, que fica adsorvida aos colóides orgânicos e minerais. Os autores afirmam que há interações do cálcio e magnésio sobre a dinâmica do potássio: por serem cátions, ambos competem e, dessa forma, a atividade de um diminui a dos outros, provocando o deslocamento para a solução do solo.

No entanto, a neutralização dos íons H^+ , pela prática da calagem, promove o aumento do pH, com conseqüente aumento na concentração de bases no complexo de troca, principalmente Ca e Mg. Dessa forma, a calagem favorece a manutenção do teor de K trocável do solo, pois aumenta a capacidade de troca de cátions efetiva, reduzindo suas perdas por lixiviação (Oliveira, 2000). Em certos casos, pode aumentar a disponibilidade de K às plantas mais do que a de Ca e de Mg, devido ao menor grau de atração do K pelas

cargas negativas do solo (Barber & Humbert, 1963). Contudo, a relação entre os teores disponíveis de (Ca+Mg) e de K não deve ser muito elevada (Usherwood, 1982).

O requerimento de K para o ótimo crescimento das plantas está, aproximadamente, entre 2% a 5% na matéria seca, variando em função da espécie e do órgão analisado. As plantas produtoras de amido, açúcares e fibras parecem ser particularmente exigentes em potássio (Faquin, 2005).

A absorção do K pelas plantas é favorecida em comparação com outras espécies catiônicas. Dentre os cátions macronutrientes, o potássio é o que se apresenta, em geral, em menor e maior concentração no solo e na planta, respectivamente. Por essa razão, o balanço do K em relação aos outros cátions no solo determina as quantidades absorvidas, tanto de K como dos demais cátions (Oliveira, 2000).

Segundo Raij (1991), o potássio é absorvido como K^+ e mantém-se sempre nesta forma no interior da planta, sendo o mais importante cátion da fisiologia vegetal, não fazendo parte de compostos específicos e não possuindo função estrutural. É extremamente móvel na planta, sendo comum sua distribuição das folhas velhas para as novas.

O principal mecanismo de transporte do íon K^+ da solução do solo para as raízes da planta é o de difusão. A absorção do potássio ocorre em duas etapas. A primeira é passiva, quando o cátion percorre os espaços intercelulares e atinge a parede celular por difusão facilitada. A segunda é ativa, pois ocorre contra o gradiente de concentração. Nessa etapa, o K^+ se combina a um carregador e atravessa a membrana plasmática e o tonoplasto, atingindo o vacúolo (Mengel & Kirkby, 1987).

Conforme Malavolta (1980), as funções fisiológicas do potássio nas plantas estão associadas ao papel no metabolismo e na formação de carboidratos; à quebra e à translocação do amido; à atuação no metabolismo

do nitrogênio e na síntese de proteínas; à regulação da atividade de vários nutrientes; à neutralização de ácidos orgânicos e ao ajuste da relação entre movimento estomatal e água, por meio da turgidez da célula. Segundo Wallingford (1980), as funções do potássio na planta são divididas em seis áreas: ativação de enzimas, relações com água, relações com energia, translocação de assimilados, captação de nitrogênio e síntese de proteínas e síntese de amido.

O potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, portanto, não desempenha função estrutural na planta. No floema, o K é o cátion mais abundante, em concentrações iguais à do citoplasma; neste, a concentração mantém-se em uma relação relativamente estreita, de 100 a 120 mmol/L, enquanto nos cloroplastos é mais variável, de 20 a 200 mmol/L. Essas altas concentrações são requeridas para a neutralização de ânions insolúveis e solúveis e para estabilizar o pH nestes compartimentos entre 7 e 8, pH ótimo para as reações enzimáticas (Marchner, 1986).

Está bem estabelecido que o K^+ é requerido para a síntese protéica em plantas. Plantas deficientes em K apresentam menor síntese de proteínas e acúmulos de compostos nitrogenados solúveis como aminoácidos, amidas e nitrato. É bastante provável que o K, além de ativar redutase nitrato, também seja requerido para a síntese desta enzima (Marschner, 1986).

Tem sido reportado um efeito direto do K sobre a taxa de assimilação do CO_2 . Além da regulação da abertura e do fechamento dos estômatos, o K estaria também envolvido em uma melhor difusividade do CO_2 no mesófilo e no estímulo na atividade da ribulose bifosfato carboxilase (RuBP), possivelmente, devido à manutenção de um pH ótimo para a atividade da enzima (Faquin, 2005).

O carregamento e o descarregamento do floema em fotossintatos é um processo ativo, requer energia do ATP e envolve ATPases associadas às

membranas. Pequeno crescimento de plantas deficientes em K está diretamente relacionado com o efeito do K sobre a ATPase da plasmalema dos tecidos meristemáticos (Mengel & Kirkby, 1987).

Os efeitos do potássio sobre a produção devem ser, portanto, indiretos e relacionados com a qualidade fisiológica e fitossanitária dos grãos, além do aumento do teor de óleo (Mascarenhas et al., 1994). A nutrição adequada em potássio, além de garantir uma maior resistência às doenças, tem importância no rendimento da colheita mecânica da soja. Plantas deficientes em potássio têm seu processo de senescência atrasado, resultando em retenção foliar e haste verde no estágio de maturidade fisiológica dos grãos (Mascarenhas et al., 1987), dificultando a colheita e aumentando as perdas nessa etapa, podendo influenciar ainda na qualidade fisiológica e sanitária de sementes.

2.4 Influência do potássio e da calagem na qualidade fisiológica das sementes

A recomendação de fertilizantes nas culturas destinadas à produção de sementes é, geralmente, semelhante àquela utilizada para a produção de grãos (Maeda et al., 1986). No entanto, embora insuficientes na literatura, há relatos de que a qualidade fisiológica da semente pode ser influenciada pela quantidade e pela qualidade da adubação empregada.

Martins et al. (2001), estudando o efeito de doses de potássio e épocas de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja, observaram uma interação significativa entre as doses de potássio e a época de colheita para vigor de sementes. As doses de 40 e 80 kg.ha⁻¹ de K₂O mostraram-se mais adequadas para a obtenção de sementes com alto vigor e para a redução dos efeitos negativos do retardamento da colheita pela aplicação de potássio.

Em trabalho realizado por Nakagawa et al. (1981), citados por Sá & Buzetti (1994), com o objetivo de estudar os efeitos de densidade de

plantas e da adubação potássica sobre diversas características da soja, foram constatados efeitos da interação entre densidades de planta e doses de adubo na germinação das sementes.

Carneiro (1988) estudou os efeitos da densidade de plantas de soja da cultivar UFV-1 e da adubação na qualidade de sementes e outras características agrônômicas da soja. Este autor observou que a porcentagem de germinação e o vigor das sementes produzidas foram, de modo geral, pouco influenciados pelos níveis de nutrientes utilizados.

Em outros trabalhos tem sido estudado também o efeito da calagem sobre a produção e a qualidade de sementes. Em trabalho realizado por Turkiewicz (1976), citados por Sá & Buzetti, (1994), com soja, cultivar Paraná, foi observado que a calagem e a adubação fosfatada afetaram a qualidade das sementes. Tanto a ausência de calcário como a presença de dose mais elevada de fósforo foram prejudiciais à germinação e ao vigor das sementes.

Costa et al. (1983) pesquisaram os efeitos de níveis e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre germinação, vigor de sementes e emergência de plântulas de soja em um solo classificado como Latossolo Roxo distrófico. Os autores verificaram que os métodos de aplicação e os níveis de adubação não influenciaram na qualidade fisiológica das sementes.

Avaliando o efeito da adubação potássica no rendimento e na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de canola, Ávila et al. (2004) verificou aumento na germinação e no vigor das sementes na presença de adubação com K. O total de fungos foi inferior nas sementes produzidas com aplicação de potássio entre 50 e 60 kg.ha⁻¹ de K₂O.

De acordo com Belsousov (1964), citados por Sá & Buzetti (1994), em trabalhos realizados com algodão, as sementes provenientes de plantas que se desenvolveram em meio que não apresentavam deficiência de nutrientes conservaram o poder germinativo por longo tempo. Por outro lado, as

sementes obtidas de plantas cultivadas em meio nutritivo deficiente em potássio apresentaram menor viabilidade, com valor zero, após períodos maiores de armazenamento. Nessa mesma pesquisa, em sementes oriundas de plantas cultivadas em meio pobre em fósforo, a colheita foi reduzida em 450 kg ha⁻¹ e, nas cultivadas em meio pobre em potássio, a redução foi de 900 kg ha⁻¹.

Em trabalhos desenvolvidos por Harris & Brolmann (1966), citados por Sá & Buzetti (1994), sementes de amendoim produzidas sob condições de deficiência de cálcio apresentaram baixa germinação, o mesmo ocorrendo sob deficiência de boro.

A nutrição mineral pode influenciar ainda no desenvolvimento de doenças em plantas e sementes.

2.5 Relação entre potássio e resistência a doenças

Em várias pesquisas tem sido observado que a fertilidade do solo e a nutrição de plantas também podem influenciar a qualidade sanitária das sementes. Muitos fitopatógenos, na maioria fungos, podem estar associados às sementes e afetam a germinação e o vigor das plântulas, resultando em reduções da emergência e da produtividade (Sinclair, 1982; Patrício et al., 1991; Sinclair, 1991).

Dentre os vários fungos transportados pelas sementes de soja e responsáveis pela baixa qualidade, destacam-se: *Phomopsis* sp., causador da seca da haste e da vagem, além do apodrecimento das sementes; *Colletotrichum dematium* (Pers. Ex Fr.) Grove var. *truncata* (Schw.) Arx., que causa antracnose; *Cercospora kikuchii* (T. Matsu. & Tomoyasu) Gardner, causador do crestamento foliar e da mancha-púrpura da semente; *Fusarium* spp., associado a podridões de sementes e *Peronospora manshurica* (Naum.) Syd. ex Gaum., responsável pelos sintomas de míldio nas plantas e incrustações de oosporos nas sementes, depreciando o seu valor comercial (Hepperly & Sinclair, 1978; Sinclair,

1982). O efeito exercido pelo ambiente na infecção das sementes pelos microrganismos, tanto de campo como de armazenamento, merece crescente atenção, tendo se tornado evidente que, além do clima, as práticas culturais adotadas influenciam diretamente sobre a qualidade sanitária das sementes colhidas.

Neste contexto, a nutrição mineral das plantas tem importante papel, que pode afetar a qualidade das sementes produzidas. Em vários estudos tem sido comprovado que plantas submetidas a adubações desequilibradas, sem um balanço adequado entre os vários nutrientes, tornam-se mais susceptíveis às doenças (Huber & Arny, 1985; Marschner, 1986; Perrenoud, 1990) e as sementes produzidas apresentam baixa qualidade sanitária (França Neto et al., 1985; Henning et al., 1985; Ito et al., 1994).

Em estudos de doses da adubação potássica na qualidade das sementes em solos com 20 ppm de K, França Neto et al. (1987) concluíram que, com doses a partir de 80 kg de K₂O, houve controle com eficiência de *Phomopsis* e inversamente proporcional à ocorrência de *Cercospora kikuchi*. Os autores também relataram a ocorrência do controle de percevejo nas doses maiores de K₂O, com 42% das sementes danificadas nas testemunhas.

Mascarenhas et al. (1995) estudaram o efeito residual da adubação potássica e da calagem sobre a ocorrência de fungos em sementes de soja, em experimento instalado com a cultivar IAC-17, no ano agrícola de 1991/92, aplicando doses a lanço de 0, 3,5 e 7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e de 0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹ de K₂O. As sementes colhidas no terceiro ano de cultivo (1993/94) foram submetidas ao teste de sanidade. Observou-se que a calagem reduziu significativamente a incidência de *Phomopsis* sp., favorecendo, no entanto, a presença de *Aspergillus* sp. e de *Fusarium* sp. Apenas a incidência de *Phomopsis* sp. diminuiu significativamente devido à adubação potássica, sendo menor quando se utilizou a dose de 450 kg ha⁻¹ de K₂O.

Ritchey et al. (1987), estudando o efeito residual de K e Mg sobre a incidência de *Colletrotrichum truncatun* e *Phomopsis* spp., não observaram qualquer influência dos tratamentos sobre a população dos patógenos. Resultados diferentes foram obtidos por Ito et al. (1992), que observaram redução na incidência de *Cercospora kikuchii*, quando o teor de K disponível era alto. Sig et al. (1992), em solos do Texas, observaram que plantas bem supridas de K apresentam um efeito supressor sobre a incidência de antracnose e outras doenças da soja, indicando, inclusive, que a adubação potássica apresenta melhores efeitos do que o uso de fungicida.

Segundo Yamada (1995), a resistência das plantas a patógenos pode ser aumentada por mudanças na sua anatomia e nas propriedades fisiológicas e bioquímicas. A resistência pode ser aumentada pela alteração nas respostas da planta aos ataques parasíticos pelo aumento da formação de barreiras mecânicas, com a lignificação e da síntese de toxinas como as fitoalexinas. Uma aparente resistência pode ser alcançada quando existe uma assincronia entre os estágios de crescimento mais suscetíveis da planta hospedeira e o período de maior atividade dos patógenos e das pragas.

De acordo com Marschener (1995), o potássio provoca o espessamento dos tecidos, conferindo à planta maior resistência ao acamamento e às doenças. Ele é considerado o nutriente que exerce maior influência sobre as doenças apresentando efeito benéfico na sanidade das sementes.

O efeito específico do potássio é a conversão de açúcares e nitrogênio intermediários em compostos de alto peso molecular, como a celulose, carboidratos e proteínas, em vez de sacarose, frutose e aminoácidos, os quais se acumulam na biomassa das plantas sob baixos níveis do elemento. Essa relação é observada para muitas doenças e pragas.

A diminuição dos danos por doenças, em decorrência da aplicação de potássio, é atribuída ao seu efeito no desenvolvimento estrutural de

espessamento de paredes externas da epiderme (Ellet, 1973) e sua ação em atividades enzimáticas e síntese de proteínas (Kilary, 1976).

Mcnew (1953) afirma que muitas doenças de plantas foram controladas pelo uso do adubo potássico, mais do que qualquer outro elemento, talvez por ele ser catalizador das atividades celulares.

A influência do potássio sobre a produção de sementes e à qualidade fisiológica e sanitária pode estar associada à participação desse elemento na atividade de várias enzimas.

2.6 Influencia do potássio na atividade enzimática

O papel do potássio na ativação de enzimas é, provavelmente, a mais importante função desse elemento nas plantas. Em mais de 60 enzimas tem sido observada a necessidade do K para sua ativação. Essas enzimas são necessárias em várias reações envolvidas na utilização de energia, como síntese de amido, metabolismo do nitrogênio e respiração.

O potássio aparece como o único cátion monovalente disponível na natureza em quantidade suficiente e com propriedades químicas apropriadas para satisfazer à exigência da maioria das ativações enzimáticas por cátions monovalentes. Não existe uma completa concordância sobre como o potássio ativa enzimas, mas a teoria mais conhecida é a de que o íon potássio hidratado combina com enzimas e altera sua conformação, expondo o local dessa atividade na enzima. Outra teoria é a de que o potássio atua como uma ponte entre a enzima e seu substrato. Sendo assim, as duas moléculas podem ser alinhadas apropriadamente para a reação. As enzimas que são ativadas por potássio incluem sintetases, oxirredutases, desidrogenases, transferases e kinases (Wallingford, 1980).

Altas concentrações de K são necessárias para induzir as variações conformacionais e a otimização do grau de hidratação da enzima e,

portanto, máxima ativação. Essas altas concentrações são encontradas no citoplasma e em cloroplastos de plantas bem nutridas em K. Em geral, a mudança conformacional das enzimas induzidas pelo K⁺ aumenta a taxa de atividade, a velocidade máxima de absorção e, em alguns casos, também a afinidade para com o substrato, “Km”. No metabolismo de carboidratos, enzimas, como a 6-fosfofrutoquinase e a piruvato quinase, a qual converte o fosfoenolpiruvato em piruvato com liberação de ATP, em uma etapa final da via glicolítica, apresentam alto requerimento de potássio. A sintetase do amido também é altamente dependente de cátions monovalentes, dentre os quais o K é o mais eficiente (Faquin, 2005).

As enzimas possuem grande potencial como marcadores moleculares para monitorar e caracterizar a qualidade fisiológica de sementes e constituem ferramentas de grande valor, pois, além de auxiliar no diagnóstico do estado fisiológico de sementes, pode, em determinados casos, ajudar na inferência sobre as causas da perda de vigor e viabilidade. O uso de enzimas no estudo de situações de estresse está relacionado ao entendimento das mudanças metabólicas e mecanismos de defesa, os quais ocorrem em plantas (Burdon & Marshall, 1983).

Perdas no vigor e na germinação de sementes podem estar associadas ao mecanismo de peroxidação de lipídios em sementes, o qual é ativado pela ação de um oxigênio sobre os ácidos graxos insaturados constituintes das membranas celulares, principalmente ácidos linoléico e linolênico (Leningher et al., 1995). O resultado é a liberação de radicais livres que danificam as membranas, o que culmina nas reações destrutivas (MacDonald, 1999). Assim, o funcionamento das mitocôndrias, nas quais as reações químicas da respiração acontecem, fica comprometido, juntamente com o fornecimento de energia e compostos secundários para a síntese de proteínas (Leningher et al., 1995).

A existência de várias formas de radicais livres, cuja formação depende da presença de O_2 e com diferentes capacidades de danificar as células, tem sido detectada em tecidos vivos (Larson, 1997). São considerados radicais livres o superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e a hidroxila (OH^-). O superóxido é produzido pela oxidação de hidroquinonas e tióis e pela ação das enzimas mitocondriais desidrogenase. A hidroxila é o radical livre mais reativo, reagindo quase que imediatamente com qualquer molécula próxima ao sítio onde é gerado.

A superóxido dismutase é um grupo de enzimas de oxidoreductase encontradas no citoplasma celular, matriz mitocondrial e cloroplastos. Ela cataliza a reação de dismutação de radicais superóxidos livres (O_2^-) produzidos em diferentes locais na célula, para oxigênio molecular (O_2) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), protegendo e levando as plantas a um estado de equilíbrio contra danos celulares. O peróxido de hidrogênio gerado é decomposto principalmente pela catalase, cujas subunidades são formadas no citoplasma, sendo a síntese completada no peroxissomo (McDonald, 1999).

As catalases utilizam o H_2O_2 para oxidação de toxinas, incluindo compostos fenólicos, ácido fórmico, formaldeídos e álcoois (Rice-Evans et al., 1991). Elas removem o H_2O_2 gerado nos peroxissomos foliares, pela oxidação do glicolato na fotorrespiração em plantas C3 e atuam também nos glioxissomos e nos mitocôndrios, controlando o H_2O_2 produzido na β -oxidação dos ácidos graxos e na cadeia transportadora de elétrons (Frugoli et al., 1996).

Em outros compartimentos subcelulares, o peróxido de hidrogênio é removido pelas peroxidases, as quais desempenham um papel crítico no metabolismo das plantas e na oxidação por peróxidos, como aceptores de hidrogênio, sendo importante nos mecanismos de defesa (McDonald, 1999). Apesar da função ainda não ser elucidada, as peroxidases desempenham funções como catálise da oxidação e biosíntese de lignina, gerando H_2O_2 a partir de

NADH (Goldberg et al., 1985) e oxidação de compostos fenólicos (Fry, 1986).

Enzimas envolvidas no processo de respiração de sementes também têm sido utilizadas como marcadores da qualidade fisiológica. A enzima álcool desidrogenase (ADH) reduz acetaldeído para etanol no metabolismo anaeróbico. Quando a atividade da enzima álcool desidrogenase (ADH) diminui, a semente fica mais susceptível à ação deletéria do acetaldeído (Zhang et al., 1994). A enzima malato desidrogenase catalisa a conversão de malato à oxalacetato, tendo uma importante função dentro do ciclo de Krebs, além de participar do movimento do malato através da membrana mitocondrial e da fixação de CO₂ nas plantas (Taiz & Zeiger, 1991). Shatters et al. (1994) observaram que a atividade da malato desidrogenase foi a menos afetada pelos tratamentos de envelhecimento em sementes de soja.

Em muitos estudos tem sido demonstrado que a peroxidação de lipídios danifica as membranas mitocondriais, diminuindo a atividade respiratória. Com isso, há um atraso na degradação das reservas, o que prejudica o desenvolvimento do embrião e a germinação, diminuindo a qualidade fisiológica das sementes (Murray, 1984).

A atividade das enzimas envolvidas na via pentose fosfato, a qual, em sementes, sempre se processa conjuntamente à glicólise como uma fonte alternativa de NADPH, foi estudada por Bettey & Finch-Savage (1996). Segundo esses autores, a atividade da enzima glicose 6-fosfato desidrogenase variou entre lotes de sementes de Brassica que apresentavam diferenças de vigor decorrentes de processos deteriorativos. Essa enzima catalisa a conversão da glicose 6-fosfato em 6-fosfoglicano lactona, que é a primeira reação química da via pentose fosfato, nas mitocôndrias.

Dessa forma, a variação da atividade das enzimas envolvidas nas rotas metabólicas da respiração, que são a glicólise e sua via alternativa pentose fosfato, o ciclo de Krebs e a fosforilação oxidativa, é útil para

predizer a qualidade fisiológica de sementes.

A qualidade fisiológica e sanitária e a atividade de enzimas pode estar ainda associada à influencia do mesmo sobre a composição química das sementes.

2.7 Potássio e a composição química de sementes

Grãos de soja, de algumas cultivares, apresentam relação 2:1 entre os teores de proteína e de óleo, respectivamente, enquanto outras culturas têm esse índice inverso (Brim, 1973). Segundo Marega et al. (2001), existe uma negativa e significativa correlação entre os teores de óleo e proteína. Brim (1973) conseguiu aumentar, por meio de melhoramento genético, em até 50%, a concentração de proteína, mas diminuiu a concentração de óleo e a produtividade de grãos.

Nos Estados Unidos, Hartwig (1973) constatou teores médios de proteína e de óleo de 40,5% e 21%, respectivamente, enquanto no estado de São Paulo, Mascarenhas et al. (1982) observaram teores de 35% e 24%, respectivamente. As diferenças entre os genótipos cultivados nos dois países com relação aos teores de óleo e de proteína, provavelmente, são devidas aos fatores ambientais, destacando-se a acidez do solo (Mascarenhas et al., 1991; Tanaka et al., 1995; Tanaka & Mascarenhas, 1995). De acordo com Hiromoto & Vello (1986), fatores genéticos podem ser descartados, pois as cultivares recomendadas em ambos os países têm bases genéticas semelhantes.

A indústria de moagem não tinha interesse nos teores de óleo ou proteína para comercialização, porém, isso tem mudado, principalmente com as perspectivas para a produção do biodiesel. As variedades de soja cultivadas no Brasil são frutos de anos de pesquisas. Ao contrário do que possa parecer, o principal produto da soja é o seu farelo (proteína) e não o óleo (lipídio). Portanto, todo o desenvolvimento do material genético brasileiro tem sido

voltado, além de outros fatores, para o aumento do teor de proteína (38%), com a conseqüente redução no teor de óleo (19%) e de carboidratos totais. A soja, pelas suas características comerciais, para ser produzida como uma oleaginosa, tendo o seu produto principal o óleo, é inviável porque é pouco produtiva, além ainda do alto custo de produção da cultura.

É desejável que a alta produtividade de grãos seja acompanhada de alta concentração de seus componentes químicos, como teor de óleo e proteína. A capacidade da soja em produzir grãos é controlada por inúmeros fatores genéticos e muito influenciada por fatores ambientais (Brim, 1973). Tanaka et al. (1991) e Mascarenhas et al. (1991) relataram a ocorrência de variações nos teores de óleo e de proteína de soja como resultado do manejo da adubação ou da correção da acidez.

Segundo Mascarenhas et al. (1988), o K é essencial na síntese e no transporte de óleo para os grãos, o que pode ser explicado pelo papel do K no transporte de fotoassimilados para os mesmos, permitindo a síntese de óleo e também no controle de entrada de CO₂ nos estômatos (Usherwood, 1993/1994).

Dessa forma, há necessidade de um melhor entendimento da influência da adubação potássica e da calagem sobre produtividade, qualidade física, fisiológica, qualidade sanitária, composição química e, ainda, na atividade de enzimas chaves no processo de germinação de sementes de soja.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Anuário Abrasem 2006**. Brasília, 2006. 86 p.

ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A. de L.; SCAPIM, C.A.; ALBRECHT, L.P. Adubação potássica em canola e seu efeito no rendimento e na qualidade fisiológica e sanitária das sementes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.26, n.4, p.475-481, 2004.

BARBER, S.A.; HUMBERT, R.P. Advances in knowledge of potassium relationship in the soil and plant. In: McVICKAR, M.H.; BRIDGER, G.L.; NELSON, L.B. **Fertilizer technology and uses**. Madison: SSSA, 1963. Cap.11, p.231-268.

BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A.C. Changes in soluble carbohydrate during seed storage. **Plant Physiology**, v.98, p.1207-1210, 1992.

BETTEY, M.; FINCH-SAVAGE, W.E. Respiratory enzyme activities during germination in Brassica seeds lots of differing vigor. **Seed Science Research**, Wallingford, v.6, n.4, p.165-173, Dec. 1996.

BLUM, A. Breeding crop varieties for stress environments CCR. **Crit. Ver. Plant Science**, Boca Ration, v.2, p.199-238, 1985.

BONATO, E.R.; BONATO, A.L.V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1987. 61p. (Embrapa CNPSo. Documentos, 21).

BONATO, E.R.; DALL'AGNOLL, A. Soybean in Brazil: production and research. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1985, Ames. **Proceedings...** Boulder: Westveew, 1986. p.1248-1256.

BRIM, C.A. Quantitative genetics and breeding. In: CALDWELL, B.E.; HOWELL, R.W.; JOHNSON, H.W. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p.172.

BURDON, J. J.; MARSHALL, D.R. The use of isozymes research. In: TANKSLEY, S. D.; ORTON, T. J. (Ed.). **Isozymes in plants genetics and breeding: part A**. Amsterdam: Elsevier, 1983. p.401-412.

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da soja. In: CÂMARA, G.M.S.; MARCOS FILHO, J.; OLIVEIRA, E.A.M. (Ed.). SÍMPOSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1992, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP/Departamento de Agricultura, 1992. p.129-142.

CARNEIRO, G.E. de S. **Efeito da densidade de plantas e da adubação na qualidade de sementes e outras características agronômicas da soja**. 1988. 119p. Tese (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed.rev. Campinas: Fundação Cargil, 1988. 424p.

CHOUDHURY, M.M. Situação atual e potencialidade de produção de sementes de alta qualidade sanitária em regiões árida e semi-árida brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v.7, n.2, p.21-31, 1985.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Dados sobre a cultura da soja** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22 fev. 2006.

COSTA, N.P. da; FRANÇA NETO, J. de B.; ALMEIDA, A.M.R.; HENNING, A.A.; PALHANO, J.B.; SFREDO, G.F. Efeito de níveis e métodos de aplicação do cloreto de potássio sobre a germinação, vigor e emergência de sementes de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 3., 1983, Campinas. **Resumos...** Campinas: 1983. p.114.

ELLET, C.W. Soil fertility and diseases development. **Better Crops**, Atlanta, v.57, n.3, p.6-8, 1973.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Dados sobre a cultura da soja**. Londrina, PR, 2005. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FRANÇA NETO J.B.; COSTA, N.P.; HENNING, A.A.; PALHANO, J.B.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade de sementes de soja. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de soja. **Resultados de pesquisa de soja 1984/85**. Londrina, 1985. p.294-301.

FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P.; HENNING, A.A.; SFREDO, G.J.; BOERKET, C.M.; OLIVEIRA, M.C.N. Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade da semente de soja. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1985/1986**. Londrina, 1987. p.180-183.

FRUGOLI, J.A.; ZHONG, H.H.; NUCCIO, M.L.; McCOURT, P.; McPEEK, M.A.; THOMAS, T.L.; McCLUNG, C.R. Catalase is encoded by a multigene family in *Arabidopsis thaliana* (L.). **Plant Physiology**, v.112, p.327-336, 1996.

FRY, S.C. Cross-linking of matrix polymers in growing cell wall of angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology**, v.37, p.165-186, 1986.

GOPALAKRISHANAN, S.; VEERANNAH, L. Studies on the germinating groundnut seed (TMV-2) in red and black soil treated with micronutrients. **Madras Agricultural Journal**, Coimbatore, v.49, p.405-411, 1962.

GARDNER, B.R.; BLAD, B.L.; MAURER, R.E.; WATTS, D.G. Relationship between crop temperature and the physiological and phenological development of differentially irrigated corn. **Agronomy Journal**, v.73, p.743-46, 1981.

GOLDBERG, R.; LÊ, T.; CATESSON, A.M. Localization and properties of cell wall enzyme activities related to the final stages of lignin biosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v.36, p.503-510, 1985.

GREEN, D.E.; PINNEL, C.L.; CAVANAN, L.E.; WILLIAMS, L.F. Effect of planting date and maturity date on soybean seed quality. **Agronomy Journal**, Madison, v.57, n.2, p.165-168, 1965.

HARTWIG, E.E. Varietal development. In: CALDWELL, B.E.; HOWELL, R.W.; JOHNSON, H.W. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p.194.

HENNING, A.A.; YORINORI, J.T.; FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P.; PALHANO, J.B.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Efeito do potássio sobre a incidência de doenças da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 4., 1985, Brasília. **Resumos...** Brasília: ABRATES, 1985. p.138.

HEPPERLY, P.R.; SINCLAIR, J.B. Quality losses in *Phomopsis* infected soybean seeds. **Phytopathology**, v.68, p.1684-1687, 1978.

HIROMOTO, D.M.; VELLO, N.A. Genetic base of Brazilian soybean cultivars. **Revista Brasileira de Genética**, v.9, n.2, p.295-306, 1986.

HUBER, D.M.; ARNY, D.C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.O. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: ASA/CSSA/SSA, 1985. p.467-88.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economy Botany**, New York, v.24, p.408-421, 1970.

ITO, M.F.; TANAKA, M.A.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; DUDIENAS, C.; GALLO, P.B. Potassium reduces incidence of soybean leaf blight caused by *cercospora kikuchii*. **Better crops International**, Atlanta, v.8, n.1, p.16-17, 1992.

ITO, M.F.; MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, M.A.S.; DUDIENAS, C.; TANAKA, R.T.; GALLO, P.B.; MIRANDA, M.A.C. Efeito residual da adubação potássica e da calagem sobre a incidência de *Phomopsis* spp. em sementes de soja. **Fitopatologia Brasileira**, v.19, n.1, p.44-49, 1994.

KIRALY, Z. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 12., 1976, Berne. **Proceedings** Berne, International Potash Institute, 1976. p.33-46.

LARSON, R.A. **Naturally occurring oxidation**. Boca Raton: Lewis, 1997. p.23-45.

LENINGHER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: SAVIER, 1995. 839p.

MAEDA, J.A.; LAGO, A.A.; TELLA, R. de. Efeito da calagem e adubação com NPK na qualidade de sementes de amendoim. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.9, p.941-944, 1986.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MANN, E.N.; RESENDE, P. M.; MANN, R, S.; CARVALHO, J. G.; VON PINHO, E.V.R. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1757-1764, 2002.

MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 86p.

MAREGA, M.F.; DESTRO, D.; MIRANDA, L.A.; SPINOZA, W.A.; PANIZZI, M.C.C.; MONTALVÁN, R. Relationships among oil content, protein content and seed size in soybeans. **Brazilian archives of biology and technology**], v.44, n.1, p.23-32, 2001.

MARSCHENER H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.889p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1986. p.369-390.

MARTINS, H.S.D.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Efeito de potássio e épocas de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 12., 2001, Curitiba. **Resumos...** Curitiba, PR, 2001. p.102..

MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; LELIS, L.G.L.; BULISANI, E.A.; BRAGA, N.R.; PEREIRA, J.C.V.N.A. **Haste verde e retenção foliar em soja causada por deficiência de potássio**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 15p. (Boletim Técnico IAC, 199).

MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; MIRANDA, M.A.C.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; BRAGA, N.R. Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.42, p.1-4, jun. 1988.

MASCARENHAS, H.A.A; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C.; TEIXEIRA, J.P.F. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill à aplicação de doses de calcário em solo Latossolo roxo distrófico de cerrado. I. Efeito imediato. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, Brasília, 1981. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1982. v.2, p.742-51.

MASCARENHAS, H.A.A.; TEIXEIRA, J.P.F.; NAGAI, V.; TANAKA, R.T.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; MIRANDA, M.A.C. Rates of liming on the concentration and yield of oil and protein in soybeans. In: INTERNATIONAL MEETING ON FATS, OILS AND TECHNOLOGY, 1991, Campinas. **Proceedings...** Campinas: UNICAMP, 1991. p.157-161.

MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; GALLO, P.B.; BATAGLIA, O.C. Efeito de adubos potássicos na produção de soja. **Scientia Agricola**, v.51, n.1, p.82-89, jan./abr. 1994.

MASCARENHAS, H.A.A.; PATRÍCIO, F.R.A.; TANAKA, M.A.S.; TANAKA, R.T.; PIANOSKI, J. Ocorrência de fungos em sementes de soja produzidas sob calagem e adubação potássica residuais. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.3, p.426-430, set./dez. 1995.

McDONALD, M.B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.27, n.1, p.177-237, 1999.

MCNEW, G.L. **Plant diseases**. Washington: USDA, 1953. 940p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. Potassium. In: MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Berna: International Potash Institute, 1987. Cap.10, p.427-454.

MURRAY, D.R. Axis-cotyledon relations rips during reserve mobilization. In: MURRAY, D.R. **Seed physiology**. New York: Academic, 1984. 295p.

NELSON, W.L. Interactions of potassium with moisture and temperature. In: **Potassium for agriculture**. Atlanta: Potash & Phosphate Institute, 1980. p.10-27.

OLIVEIRA, F.A. **Calagem e adubação potássica em soja cultivada em casa de vegetação**. 2000. 69p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Piracicaba, SP.

PATRICIO, F.R.A.; BORIN, R.B.R.G.; ORTOLANI, D.B. Patógenos associados a sementes que reduzem a germinação e vigor. In: MENTEN, J.O.M. (Ed.). **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. Piracicaba: FEALQ, 1991. p.137-160.

PERRENOUD, S. **Potassium and plant health**. 2.ed. Berne: International Potash Institute, 1990. 363p.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres/ –POTÁFOS, 1991.343p.

RICE-EVANS, C.A.; DIPLOCK, A.T.; SYMONS, M.C.R. **Techniques in free radical research**. Amsterdam: Elsevier Science, 1991. v.21, 291p.

RITCHEY, K.D; CERKAUSKAS, R.F.; SILVA, J.E. da; VILELA, L. Residual effects of potassium and magnesium on soybean yield and on disease incidence in cerrado dark red latosol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.8, p.825-32, ago. 1987.

LL

SÁ, M.E.; BUZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. 437p.

SEDIYAMA, C.S.; VIEIRA, C.; SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A.A.; ESTEVÃO, H.H. Influência do retardamento da colheita sobre a deiscência das vagens e sobre a qualidade e poder germinativo das sementes de soja. **Experientiae**, Viçosa, v.14, n.5, p.117-141, 1972.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da soja**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1985. Part 1, 96p.

SIG, J.W.; TURNER, F.T.; WHITNEY, N.G. Supression of anthracnose on soybeans with potassium fertilizer and benomyl. **Better Crops With Plant Food**, Atlanta, v.77, n.1, p.12-13, 1992.

SINCLAIR, J.B. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 2.ed. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1982. 104p.

SINCLAIR, J.B. Latent infection of soybean plants and seeds by fungi. **Plant Disease**, v.75, n.3, p.220-224,1991.

SHATTERS JR, R.G.; ABDELGHANY, A.; ELBAGOURY, O.; WEST, S.H. Soybean seed deterioration and response to priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germinating seeds. **Seed Science Research**, Wellingford, v.4, n.1, p.33-41, Mar. 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings, 1991. 559p.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; **Soja, nutrição, correção do solo e adubação**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 60p. (Série Técnica, 7)

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. Teores e produtividade de óleo e proteína de soja devido à aplicação de calcário e de gesso agrícola. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO LATINO AMERICANO SOBRE PROCESSAMENTO DE ÓLEO E GORDURA, 1995, Campinas. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 1995. p.207-210.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORKET, C.M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Associação Brasileira Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.105-126.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C. Effect of liming on soybean protein and oil yield. **Better Crops International**, Atlanta, v.7, n.2, p.9, 1991.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; D'ARCE, M.A.R.; GALLO, P.B. Concentração e produtividade de óleo e proteína de soja em função da adubação potássica e da calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.4, p.463-469, abr. 1995.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HALVIN, J.L. **Soil fertility and fertilizer**. 5.ed. New York: MacMillan, 1993. 634p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Dados sobre a cultura da soja no mundo**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.usdabrazil.org.br>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

USHERWOOD, N.R. Interação do potássio com outros íons. In: SIMPÓSIO SOBRE O POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. **O potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 1982. p.227-247.

USHERWOOD, N.R. Potassium interactions and balanced plant nutrition. **Better Crops With Plant Food**, Atlanta, v.77, n.1, p.26-27, 1993/1994.

YAMADA, T. A nutrição mineral e a resistência das plantas as doenças. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.72, p. 1-4, Dez. 1995.

YAMADA, T.; BORKET, C.M. Nutrição e produtividade da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SOJA, 1., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP. Departamento Agricultura/FEALQ, 1992. p.180-212.

WALLINGFORD, W. Functions of potassium in plant. In: **Potassium for Agriculture**. , Atlanta: Potash & Phosphate Institute, 1980. p.10-27.

WHIGHAM, D.K.; MINOR, H.C. Agronomic characteristics and environmental stress. In: NORMAN, A.G. **Soybean physiology, agronomy and utilization**. Academic, 1983. Cap.4, p.78-105.

ZHANG, M.; MAEDA, Y.; FUCHIHATA, Y.; NORRIMURA, Y. I.; ESASHI, Y. A mechanism of seed deterioration in relation to volatile compounds evoked by dry seeds themselves. **Seed Science Research**, Wellingford, v.4, n.1, p.49-56, Mar. 1994.

CAPITULO 2
INFLUÊNCIA DO POTÁSSIO E DA CALAGEM NA PRODUTIVIDADE
E NA QUALIDADE FÍSICA, FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DAS
SEMENTES DE SOJA

1 RESUMO

VEIGA, Adriano Delly. Influência do potássio e da calagem na produtividade e na qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes de soja. In: _____. **Influência do potássio e da calagem na produtividade, na composição química e na qualidade de sementes de soja.** 2007. Cap. 2, p.33-63 Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O potássio, com exceção do nitrogênio, é o nutriente mais extraído pelas plantas de soja e se encontra em maiores concentrações nos tecidos. Nesta pesquisa foram avaliados os efeitos da adubação potássica e da calagem sobre a produção e a qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de soja. A pesquisa foi desenvolvida nos Laboratório de Análises de Sementes e na área experimental do Departamento de Agricultura, na UFLA. Sementes da cultivar M-Soy 8001 foram produzidas sob 2 níveis de saturação por bases (48% e 85%) e 4 doses de potássio aplicadas no sulco (0, 50, 100, 200Kg ha⁻¹ de K₂O). Foi utilizado o espaçamento de 0,5 m entre linhas e 15 plantas por metro em 4 linhas de 4 metros, por parcela útil. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. A qualidade fisiológica foi avaliada por meio dos testes: germinação, envelhecimento acelerado e tetrazólio. Também avaliou-se a qualidade sanitária e física de sementes. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a germinação. O maior vigor, avaliado pelo teste de envelhecimento, foi observado em sementes produzidas sob 85% de saturação de base. Com a calagem e o aumento da doses de potássio, houve menores danos de umidade e por percevejo. Com a aplicação de maiores doses de potássio foi observada maior produtividade de sementes, menores incidências de Fusarium e Phomopsis e maior peso de mil sementes, maiores e menores teores de potássio e cálcio, respectivamente.

* Comitê Orientador: Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho - UFLA (Orientador), Prof. Dr. Carlos Alberto Silva – UFLA.

2 ABSTRACT

VEIGA, Adriano Delly. Influence of potassium and liming on the productivity, physical, physiological and health quality of soybean seeds. In: _____. **Influence of potassium and liming on the productivity, chemical composition and quality of soybean seeds.** 2007. Cap. 2, p.33-63. Dissertation (Master's degree in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais*.

Potassium, with the exception of nitrogen is the nutrient most extracted by soybean plants and is concentrated in higher concentrations in the tissues. In this research work, the effects of potassium fertilization and liming on the yield, physical, physiological and health quality of soybean seeds were evaluated. The research was developed in the Seed Analysis Laboratory and in the experimental area of the Agriculture Department at UFLA. Seeds of cultivar M-SOY 8001 were produced under two levels of base saturation (48% and 85%) and four doses of potassium applied into the furrow (0, 50, 100, 200 kg .ha⁻¹ of K₂O). For seed production, the spacing of 0.5 m interrow and 15 plants per meter in four rows of four meters per useful plot was utilized. The experimental design was the one of randomized blocks in split plots with four replicates. The physiological quality was evaluated by means of the tests: germination, accelerated aging and tetrazolium. Also, the health and physical qualities of the seeds were also evaluated. There were no significant differences among the treatments for seed germination. The greatest vigor, evaluated by the aging test, was observed in seeds produced under 85% of base saturation. With liming and increased doses of potassium, lower moisture and bug damages occurred. From the application of higher doses of potassium, higher seed yield and less Fusarium and Phomopsis incidence and greater weight of one thousand seeds, greater and lower contents of potassium and calcium, respectively, were found.

* Guidance Committee: Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho - UFLA (Major Professor), Prof. Dr. Carlos Alberto Silva – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

Sementes de elevado potencial produtivo e qualidade são importantes no processo de tecnificação e modernização da agricultura. Como a qualidade da semente é fator preponderante para o sucesso da cultura, estudos sobre os efeitos das práticas culturais sobre a qualidade fisiológica, a exemplo da adubação, têm sido considerados de grande importância.

Os efeitos dos nutrientes minerais no crescimento e na produção são, usualmente, estudados em termos das suas funções no metabolismo das plantas e no seu crescimento. Qualquer alteração no nível e ou no equilíbrio desses nutrientes implica alteração no metabolismo, levando a modificações na morfologia, na anatomia e na composição química da semente.

A recomendação de fertilizantes nas culturas destinadas à produção de sementes é, geralmente, semelhante àquela utilizada para a produção de grãos (Maeda et al., 1986). No entanto, embora insuficiente na literatura, é relatado que a qualidade fisiológica da semente pode ser influenciada pela quantidade e pela qualidade da adubação empregada.

Assim, é conhecido o papel dos nutrientes na produção vegetal, os quais podem afetar a qualidade das sementes, caracterizando-se como fatores primordiais no estabelecimento da lavoura. Sementes de baixa qualidade possuem germinação e vigor reduzidos, originando lavouras com baixa população de plantas, sinônimo de prejuízo econômico.

O potássio é um dos nutrientes mais extraídos pela soja e o que se apresenta em maiores concentrações nos tecidos. Possui várias funções fisiológicas nas plantas, como: participação no metabolismo e na formação de carboidratos; quebra e translocação do amido; atuação no metabolismo do nitrogênio e síntese de proteínas; regulação da atividade de vários nutrientes;

neutralização de ácidos orgânicos e ajuste da relação entre movimento estomatal e da água, por meio da turgidez da célula (Malavolta, 1980).

A neutralização dos íons H^+ , pela prática da calagem, promove o aumento do pH, com conseqüente aumento na concentração de bases no complexo de troca, principalmente Ca e Mg. Dessa forma, a calagem favorece a manutenção do teor de K trocável do solo, pois aumenta a capacidade de troca de cátions efetiva, reduzindo suas perdas por lixiviação (Oliveira, 2000).

Os efeitos do potássio sobre a produção devem ser, portanto, indiretos e relacionados com a qualidade fisiológica e fitossanitária dos grãos (Mascarenhas et al., 1994). A nutrição adequada em potássio, além de garantir maior resistência a doenças, tem importância no rendimento da colheita mecânica da soja. Plantas deficientes em potássio têm seu processo de senescência atrasado, resultando em retenção foliar e haste verde no estágio de maturidade fisiológica dos grãos (Mascarenhas et al., 1987), dificultando a colheita e aumentando as perdas nessa etapa.

Neste trabalho foi avaliado o efeito da adubação potássica e da calagem na produção, na qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes de soja.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do experimento

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análises de Sementes e na área experimental do Departamento de Agricultura, no Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Fitopatologia e no Laboratório de Análise do Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG. O município está localizado na região Sul de

Minas Gerais, com latitude 21°14' S, longitude 40°17' W e clima Cwa, segundo a classificação de Kopen. O solo utilizado correspondeu a um Latossolo Vermelho Escuro de textura argilosa com 45% de argila, com teor de potássio inicial de 79 mg/dm³. As amostras de solo foram previamente coletadas e analisadas quanto às características químicas. Os resultados de fertilidade, matéria orgânica e textura do solo, antes da aplicação dos tratamentos, estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Resultados de fertilidade, matéria orgânica e textura do solo por ocasião da semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2006.

V	48,6
pH (H ₂ O)	5,6
P (mg/dm ³)	1,2
K (mg/dm ³)	79
Ca (cmol _c /dm ³)	1,6
Mg (cmol _c /dm ³)	1,4
(T)	7,0
MO (dag/kg)	2,1
Textura (%argila)	37

Foram coletadas amostras de solo, após a colheita das sementes, nas parcelas em que foi utilizada a dose de 200 kg.ha⁻¹ de K₂O, com e sem a aplicação do calcário. Os resultados de fertilidade e de matéria orgânica nessas parcelas estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 2. Resultados de fertilidade, matéria orgânica na parcela com 200 kg.ha-1 de K₂O, com uso da calagem. UFLA, Lavras, MG, 2007.

V	50,3
pH (H ₂ O)	5,9
P (mg/dm ³)	3,3
K (mg/dm ³)	56
Ca (cmol _c /dm ³)	2,1
Mg (cmol _c /dm ³)	0,8
MO (dag/Kg)	2,2

TABELA 3. Resultados de fertilidade, matéria orgânica na parcela com 200 kg.ha-1 de K₂O, sem uso da calagem. UFLA, Lavras, MG, 2007.

V	44
pH (H ₂ O)	5,5
P (mg/dm ³)	5,5
K (mg/dm ³)	67
Ca (cmol _c /dm ³)	1,7
Mg (cmol _c /dm ³)	0,4
MO (dag/kg)	2,1

4.2 Instalação e condução do experimento

Foram utilizadas sementes da cultivar semiprecoce M-SOY 8001, as quais foram semeadas com espaçamento de 0,5 m entre linhas, 15 plantas por metro. Cada parcela foi constituída de 6 linhas de 4 metros, sendo quatro consideradas como parcela útil. As adubações potássicas com cloreto de

potássio (KCl) foram realizadas nos sulcos no momento da semeadura, nas doses de 0; 50, 100 e 200kg.ha⁻¹ de K₂O). A dose de 100 K₂O.ha⁻¹ foi parcelada em duas vezes e a de 200 kg.ha⁻¹ de K₂O parcelada em três vezes, e foram aplicadas de acordo com a fenologia da planta, aos 25 dias (V2) e 35 dias (V4) após a semeadura.

Foram utilizados dois níveis de saturação por bases, um correspondendo ao nível observado por meio das análises de fertilidade na área de 48,6% e o segundo nível alcançado com a elevação da saturação por bases para 85%, utilizando-se o calcário dolomítico. A adubação básica foi realizada levando-se em consideração as características químicas do solo, sendo aplicado 120 kg. ha⁻¹ de P₂O₅ e 2 kg de boro ha⁻¹, utilizando supersimples e bórax.

No momento da semeadura, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium*, utilizando-se inoculante turfoso, na dosagem de 200g/50kg sementes.

Para o preparo da área foi utilizado preparo convencional (arado + 2 enxadas rotativas) e para o controle de plantas daninhas foram realizadas duas capinas manuais. Foram realizadas duas aplicações de inseticida (Tameron- 0,4 ml/20L) para controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*), uma aplicação de (DECIS- 0,4 ml/20L) para o controle de percevejo e, para o controle de ferrugem, duas aplicações do fungicida (Folicur - 0,5 ml/20L) e uma aplicação do fungicida (Opera - 0,5 ml/20L).

As temperaturas, a precipitação (mm) e as umidades relativas, durante o desenvolvimento das plantas, foram registradas em uma estação meteorológica localizada na Universidade Federal de Lavras. Os valores são apresentados nas Figuras 1, 2 e 3.

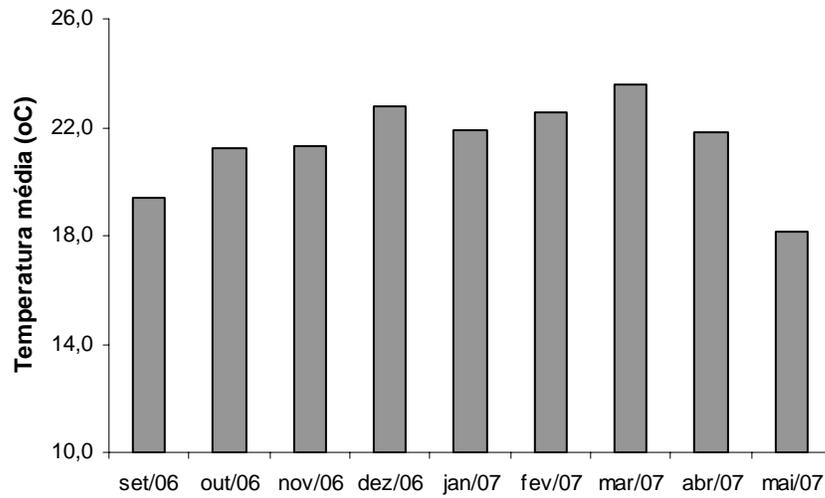


FIGURA 1: Valores de temperatura média ao longo do ciclo da cultura. UFLA, Lavras, MG, 2006/07.

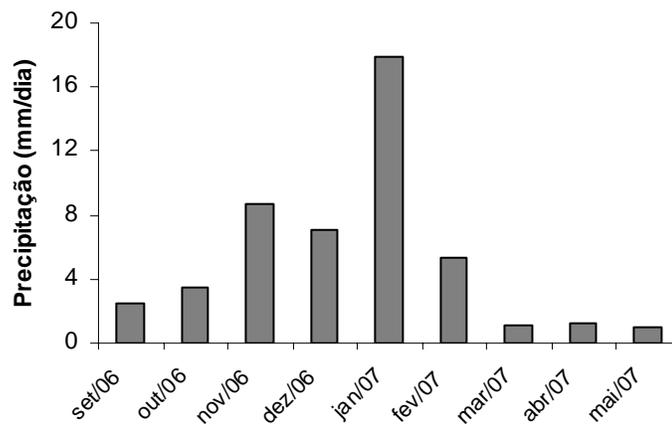


FIGURA 2: Valores de precipitação ao longo do ciclo da cultura. UFLA, Lavras, MG, 2006/07.

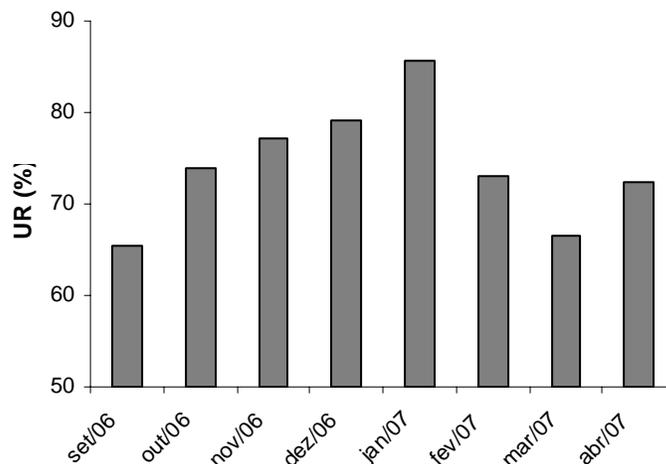


FIGURA 3: Valores de umidade relativa do ar ao longo do ciclo da cultura. UFLA, Lavras, MG, 2006/07.

Entre os estádios R7 e R8, as plantas foram colhidas manualmente e as vagens secadas à sombra, debulhadas e limpas manualmente, quando as sementes apresentavam em torno de 12% de teor de água.

O teor de água das sementes foi determinado utilizando-se o método da estufa a 105°C, por 24 horas, em duas repetições para cada tratamento, segundo as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Para a determinação da produtividade, o teor de água das sementes foi corrigido para 12%, utilizando-se a expressão:

$$P_{12\%} = [PC(1-U)/0,88]$$

em que:

$P_{12\%}$: produtividade de sementes ($t \cdot ha^{-1}$) corrigida para o teor de água de

12%;

PC: produtividade de grãos sem a correção;

U: teor de água das sementes observado no momento da colheita.

As sementes permaneceram em câmara fria e seca, regulada a $\pm 10^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 55%, até as avaliações da qualidade fisiológica e sanitária.

A avaliação da qualidade fisiológica foi realizada por meio dos testes de germinação, teste de envelhecimento acelerado e teste de tetrazólio. No teste de germinação foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento. A semeadura foi realizada em papel tipo “Germitest”, na forma de rolos e posteriormente mantido no germinador à temperatura de 25°C . A quantidade de água adicionada foi de 2,5 vezes o peso do papel, visando o umedecimento adequado e a uniformização do teste. As avaliações foram realizadas aos 7 dias após a semeadura, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

Para a instalação do teste de envelhecimento foram seguidos os critérios estabelecidos por Marcos Filho (1999). Foram utilizadas amostras de sementes de 42g por tratamento e colocadas sobre a tela de aço inoxidável adaptada em caixas plásticas “gerbox” contendo 40ml de água no seu interior. As caixas foram incubadas à temperatura de 41°C , por 72 horas e, a seguir, foi realizado o teste de germinação, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento. A semeadura foi realizada em papel tipo “Germitest” e as sementes foram mantidas no germinador, à temperatura de 25°C . A quantidade de água adicionada foi de 2,5 vezes o peso do papel, visando umedecimento adequado e uniformização do teste. As contagens foram feitas no 4º e no 7º dias após a semeadura.

Para a realização do teste de tetrazólio foi preparada a solução estoque a 1%, misturando 10g do sal de tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio) em 1

litro de água destilada, que foi armazenada e, posteriormente, utilizada a preparação da solução de trabalho a 0,075%. Foram utilizadas 100 sementes, 2 subamostras com 50 sementes cada, por tratamento, as quais foram embebidas em papel de germinação umedecido e mantidas no germinador por período de 16 horas, na temperatura de 25°C. Após o pré-condicionamento, as sementes foram colocadas em copinhos plásticos totalmente imersos na solução de tetrazólio na concentração de 0,075%, permanecendo, assim, a uma temperatura de 35°C, por 150 minutos. As sementes foram retiradas e lavadas com água, seguindo-se a avaliação (França Neto et al., 1999).

Para a determinação do peso de mil sementes foram contadas e pesadas oito repetições de 100 sementes de cada amostra e utilizou-se a fórmula indicada nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

A qualidade sanitária das sementes foi avaliada pelo método do papel filtro descrito por Neergard (1979), utilizando-se 200 sementes por tratamento. As sementes foram incubadas em placas de Petri de 15 cm de diâmetro, contendo três folhas de papel de filtro esterilizadas e umedecidas com água destilada esterilizada. Adicionou-se o sal de ácido 2,4-diclorofenoxiacético, na concentração de 10 ppm, à água destilada para evitar a germinação das sementes no período de incubação. As placas foram mantidas em câmara de crescimento sob luz, com fotoperíodo de 12 horas, à temperatura de 20°C ± 2°C, por um período de 7 dias. A observação das sementes para identificação da micoflora foi realizada com o auxílio do microscópio estereoscópico e, quando necessário, utilizou-se o microscópio ótico para a confirmação das estruturas do fungo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcela subdivididas (2 níveis de saturação por bases X 4 doses de potássio), com 4 repetições. Para as comparações entre as doses de potássio foram realizadas análises de regressão e a análise dos dados foi realizada por meio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças nos valores de teor de água das sementes no momento da colheita, embora não tenha sido realizada análise estatística (Figura 4). Nas sementes produzidas na área na qual foi realizada a calagem, foi observado, no momento da colheita, maior teor de água, quando comparadas àquelas produzidas em área sem calagem. Nesse caso, as plantas desenvolvidas em local com maior saturação por bases vegetaram mais, com extensão do ciclo.

Em relação às doses de potássio, foram observados, independente da saturação por bases, menores teores de água, à medida que as doses de potássio foram aumentadas. Foram encontrados valores de teor de água entre 30% e 18% quando se fez uso da calagem e entre 27% e 15% quando não foi aplicado o calcário. Assim, as sementes produzidas com doses maiores de potássio tiveram um período de maturação mais curto, podendo ser vantajoso para a colheita antecipada das sementes, evitando, dessa forma, perdas por deterioração, no campo.

Segundo Mascarenhas et al. (1987), a nutrição adequada em potássio tem importância no rendimento da colheita mecânica da soja. Plantas deficientes em potássio têm o processo de senescência atrasado, resultando em retenção foliar e haste verde no estágio de maturidade fisiológica. A diferença entre os tratamentos, em relação ao desenvolvimento das sementes, na fase de maturação, pode ser observada na Figura 5. Observa-se, pela fotografia, um menor desenvolvimento das sementes produzidas sob a dose zero de potássio. Esse atraso pode propiciar maior exposição às pragas, a exemplo de percevejos, o que reduz a qualidade fisiológica e sanitária das sementes.

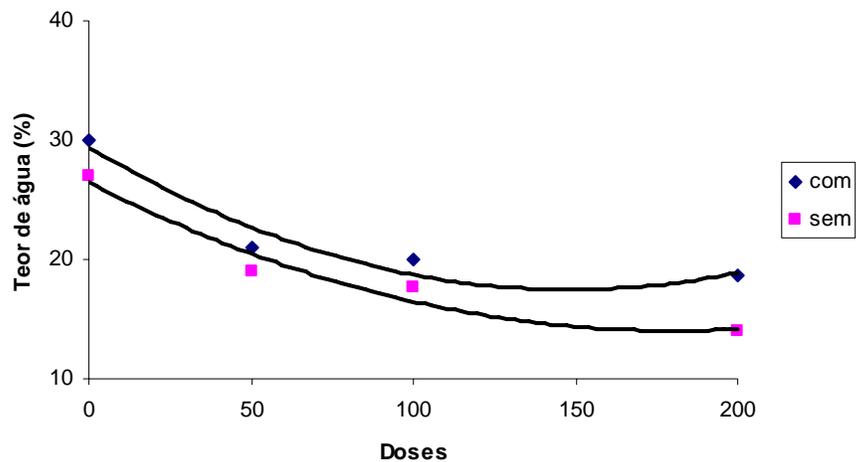


FIGURA 4. Valores de teor de água de sementes produzidas ou não com o uso de calagem e sob diferentes doses de potássio. UFLA, Lavras, MG, 2007.



FIGURA 5. Diferentes estágios de formação das sementes em função das doses de potássio (0, 50, 100 e 200 kg .ha⁻¹ de K₂O), aos 84 dias após a semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Pelas análises de variâncias, Tabelas 1A, 2A, e 3A, não se observou diferença significativa para a germinação (%G), de sementes produzidas sob diferentes doses de potássio e saturação por bases. A interação níveis de saturação por bases e doses de potássio foi significativa para as variáveis teor de potássio, danos por umidade (%DU) e danos por percevejo (%DP), avaliadas por meio do teste de tetrazólio. Em relação às outras variáveis, verificou-se diferença significativa apenas para os fatores individuais. Para os parâmetros teores dos nutrientes, cálcio (Ca) e boro (B) nas sementes, produtividade, peso de mil sementes (Peso), incidência de *Fusarium semitectum*, incidência de *Phomopsis* sp., houve significância em relação às doses de potássio. Para o peso de mil sementes e de vigor avaliado por meio do envelhecimento acelerado com contagens aos quatro e sete dias após a semeadura (%E1, %E2), houve efeito da calagem.

O teor de potássio nas sementes produzidas sem a aplicação do nutriente foi superior na área onde não se fez uso da calagem. Quando se fez a aplicação do potássio, o teor aumentou com as maiores doses e foi superior nas sementes em que foi aplicada a calagem, mostrando a interação existente entre os nutrientes no solo (Figura 6).

A calagem favorece a manutenção do teor de K trocável do solo, pois aumenta a capacidade de troca de cátions efetiva, reduzindo suas perdas por lixiviação (Oliveira, 2000). Em certos casos, pode aumentar a disponibilidade de K às plantas mais do que a de Ca e Mg, devido ao menor grau de atração do K pelas cargas negativas do solo (Barber & Humbert, 1963).

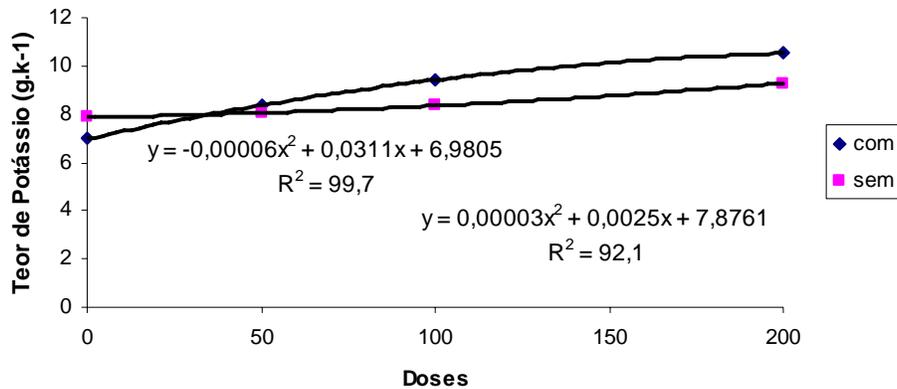


FIGURA 6. Representação gráfica da equação de regressão para teor de potássio nas sementes, em função das doses de potássio e do calcário aplicado. UFLA, Lavras, MG, 2007.

O teor de cálcio nas sementes reduziu quando aumentaram-se as doses de potássio (Figura 7). Esse fato pode estar relacionado à interação existente entre ambos os nutrientes no momento de absorção (Malavolta et al., 1980).

Tanaka et al. (1993) afirmaram que o potássio é disponível para a planta e sujeito à absorção tanto na forma de cátion monovalente da solução do solo quanto na forma trocável, que fica adsorvida aos colóides orgânicos e minerais. Segundo esses autores, há interações do cálcio e magnésio sobre a dinâmica do potássio: por serem cátions, ambos competem e, dessa forma, a atividade de um diminui a dos outros, provocando o deslocamento para a solução do solo.

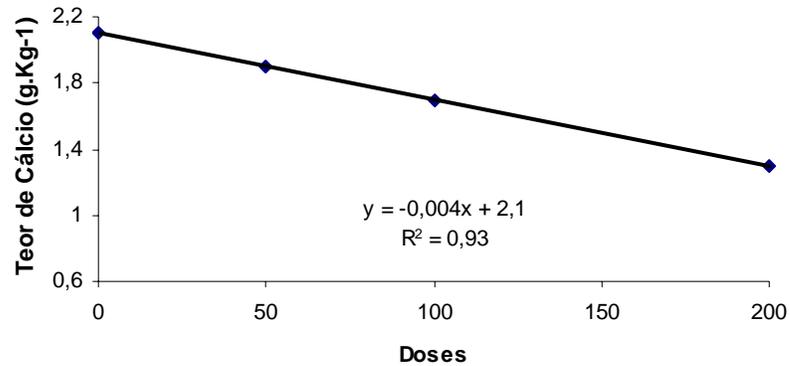


FIGURA 7. Representação gráfica da equação de regressão para teor de cálcio nas sementes em função das doses de potássio aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Com relação ao teor de boro, pôde-se observar aumento nas sementes, quando foi aplicada a dose de 50 kg.ha^{-1} de K_2O , tanto nas produzidas com o uso da calagem, como naquelas produzidas na ausência de calcário, mas com valores com valores distantes, mostrando o efeito da correção do pH no teor do boro. Quando foi utilizada a dose de 100 kg.ha^{-1} de K_2O , observou-se o maior teor de boro nas sementes produzidas com calagem, correspondendo ao máximo valor do nutriente avaliado. Isso demonstra a relação do potássio, dos nutrientes fornecidos via calagem e do boro no solo.

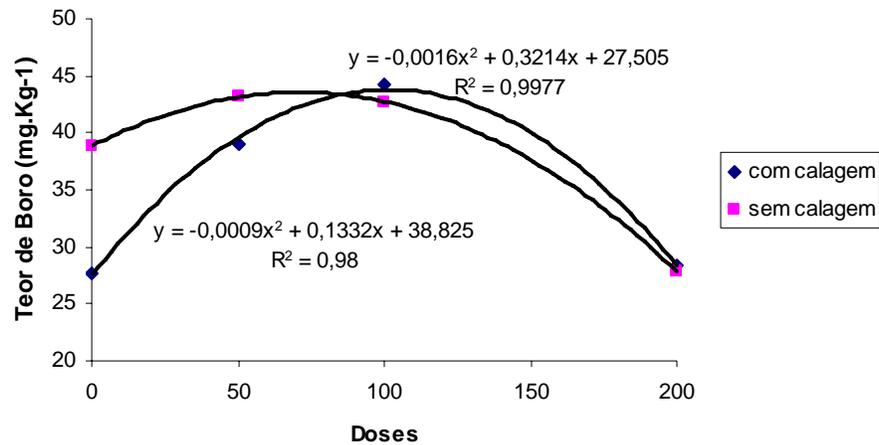


FIGURA 8. Representação gráfica da equação de regressão para teor de boro nas sementes em função das doses de potássio e do calcário aplicados UFLA, Lavras, MG, 2007.

Houve aumento da produtividade de sementes com o aumento das doses de potássio, atingindo valor superior a 3.000 kg ha⁻¹ com a maior dose utilizada (Figura 9). Resultados semelhantes foram observados por Pedroso Neto (2000) na aplicação do potássio em cobertura. A diferença no desenvolvimento das sementes, apresentada na Figura 5, também pode estar relacionada ao maior acúmulo de matéria seca em sementes produzidas sob doses mais elevadas de K, o que influenciou na produtividade final de sementes.

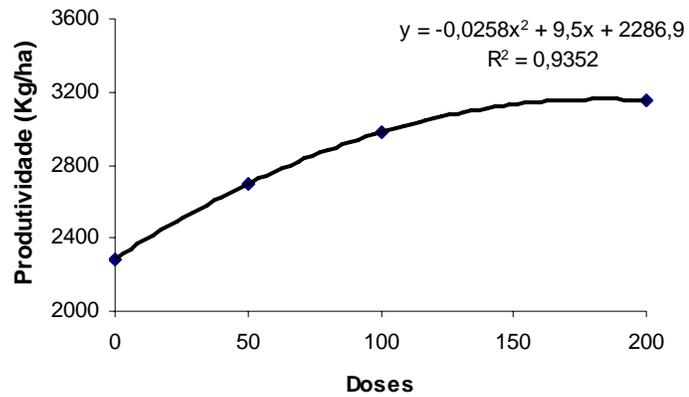


FIGURA 9. Representação gráfica da equação de regressão para produtividade de sementes em função das doses de potássio aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

A produtividade foi maior na área onde foi aplicada a calagem e elevada a saturação por bases, fazendo com que o solo estivesse em melhores condições para a produção de sementes (Figura 10).

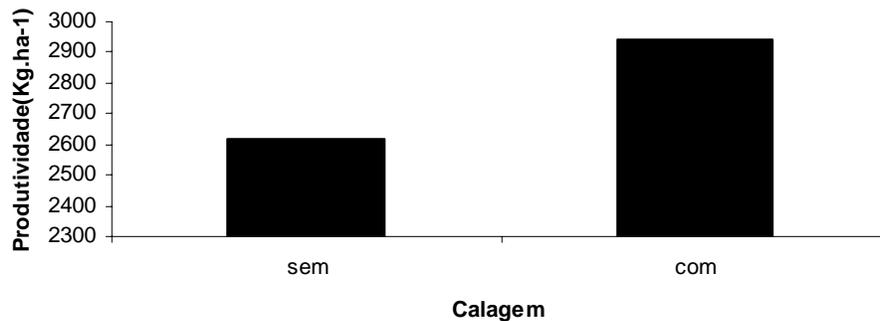


Figura 10. Produtividade de sementes em função da aplicação da calagem. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Assim, a influência das doses de K no solo sobre a produtividade das sementes parece ocorrer ainda na fase inicial do desenvolvimento reprodutivo. De acordo com Bataglia & Mascarenhas (1977), de 50% a 60% do material vegetal e do K já deveriam ter sido acumulados até essa época, com posterior redução na disponibilidade de K no solo no final do ciclo. O aumento da produção de grãos de soja com a adubação potássica foi verificado também por Rosolem et al. (1984), mas, esse resultado difere da maioria do de outras pesquisas, mesmo naqueles solos que tiveram o teor de K trocável reduzido ao longo de cultivos sucessivos (Borkert et al., 1997; Mascarenhas et al., 1981).

O aumento na produtividade de sementes observado nesta pesquisa pode ser relacionado com o aumento no peso de mil sementes, que apresentou comportamento semelhante ao aumento das doses de potássio (Figura 11). Tanaka et al. (1997) também observaram influência do K em relação ao peso de mil sementes.

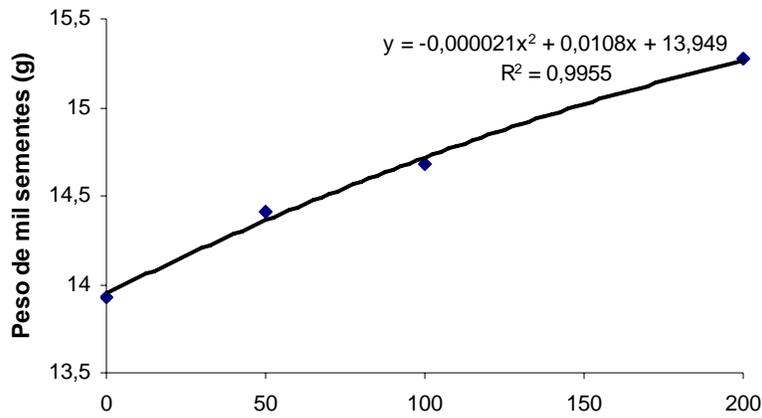


FIGURA 11. Representação gráfica da equação de regressão para peso de mil sementes em função das doses de potássio aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Maiores valores de peso de mil sementes também foram observados quando elas foram produzidas com a aplicação de calagem no solo, 15,03, e, para as produzidas em área sem a calagem, 14,17 g.

Na presente pesquisa pôde-se ainda relacionar o efeito do potássio com as condições climáticas às quais as sementes foram submetidas no período de maturação. Pelos resultados das Figuras 1 e 2 observam-se altas temperaturas e menor disponibilidade de água, no mês de fevereiro, o que pode ter potencializado a atuação de potássio. Plantas com menores níveis desse nutriente são menos capazes de resistir aos estresses hídricos, devido à sua incapacidade em fazer o uso total da água disponível. Dessa forma, foram observados maiores valores de peso de mil sementes e produtividade nas doses maiores. Esse nutriente é importante, principalmente no processo de maturação, momento em que as sementes necessitam de água para o acúmulo de matéria seca até

atingirem o ponto de maturidade fisiológica.

Potássio é um cátion que afeta o potencial osmótico da planta. O aumento de sua concentração nas células reduz o potencial osmótico e aumenta a capacidade das células em absorver e manter a água no seu interior (Wallingford, 1980).

Não houve diferenças significativas nos valores de germinação das sementes produzidas sob diferentes doses de potássio. Esse resultado pode estar relacionado com o teor inicial de potássio no solo, o qual se encontrava em um nível classificado como médio. Tanaka et al. (1997) trabalharam com doses crescentes de K e também não verificaram resposta para a germinação de sementes. Estes resultados contrariam os observados por Mascarenhas et al. (1988), nos quais o K beneficiou a germinação das mesmas.

Em relação aos resultados de vigor de sementes, obtidos por meio do teste de envelhecimento acelerado, observou-se efeito significativo da calagem na porcentagem de germinação das sementes, tanto na primeira (%E1) como na segunda leitura do teste (%E2). Maiores valores de vigor foram verificados nas sementes produzidas em área com saturação por base de 85%, chegando a 97% de germinação, após o envelhecimento das sementes. Essa diferença foi maior na avaliação realizada no 4º dia após a semeadura (E_1). Esse vigor na fase inicial do processo de germinação é fundamental para o estabelecimento de plantas no campo, principalmente sob condições de estresse, após a semeadura. Porém, deve ser ressaltado que as sementes produzidas em área sem calagem também apresentaram alto vigor (Tabela 4). Resultados significativos do efeito da calagem no vigor de sementes também foram observados por Turkiewicz (1976), citados por Sá & Buzetti (1994).

TABELA 4. Valores de germinação após o envelhecimento das sementes, em função da aplicação da calagem. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Calagem	% E1	%E2
Com	97 a	97 a
Sem	82 b	92 b

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pelo teste de tetrazólio, constatou-se que houve interação significativa entre os fatores doses de potássio e saturação por bases, para danos por umidade e danos por percevejo. Em relação aos danos de umidade, em geral, observou-se, nas sementes produzidas com a aplicação da calagem, saturação por bases de 85%, valores próximos, mas inferiores aos observados em sementes produzidas com menor saturação por bases.

Quando não foi aplicado o potássio, os danos foram superiores nas sementes produzidas com calagem. Isso ocorre pela relação e equilíbrio entre os nutrientes e, nessa situação, o potássio foi mais disponibilizado quando havia menor teor de cálcio no solo. Quando as doses de potássio foram aumentadas, a incidência de danos por umidade foi reduzida, sendo sempre menores nas sementes produzidas com a aplicação da calagem (Figura 12). Esse resultado reforça o papel desse elemento nas relações hídricas e abertura estomática na planta, podendo relacionar o efeito do potássio na parede celular com lignificação, principalmente no tegumento, dificultando a absorção rápida de água.

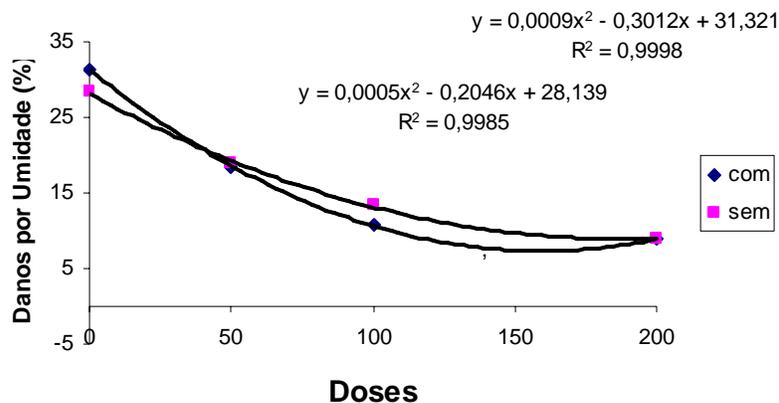


FIGURA 12. Representação gráfica das equações de regressão para os resultados de danos por umidade, em função do uso da calagem e doses de potássio no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Os danos por percevejo também foram menores nas sementes produzidas nas quais foram aplicados calagem e potássio. Os danos foram reduzidos à medida em que as doses de K foram aumentadas, não tendo sido observados em sementes produzidas na dose mais alta. Isso reforça o papel do cálcio e do potássio na proteção das plantas contra as pragas (Figura 13). Esses resultados também foram observados por França Neto et al. (1987), avaliando doses e modos de aplicações de potássio.

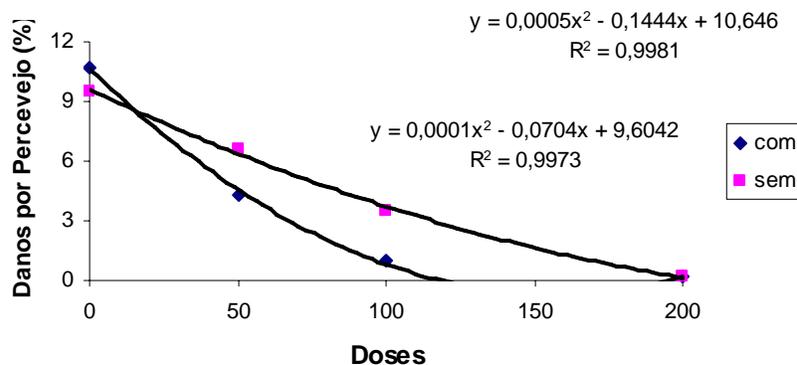


FIGURA 13. Representação gráfica das equações de regressão para os resultados de danos por percevejo, em função do uso da calagem e doses de potássio no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Segundo Yamada, (1995), a resistência a pragas pode ser aumentada pela alteração nas respostas da planta aos ataques parasíticos e pelo aumento da formação de barreiras mecânicas com a lignificação e da síntese de toxinas, como as fitoalexinas.

Em relação aos resultados da análise sanitária das sementes foi observada redução da ocorrência dos fungos *Fusarium semitectum* e *Phomopsis* sp. com o aumento das doses de potássio (Figuras 14 e 15). Deve-se ressaltar que o teor de água reduziu com o aumento nas doses de potássio, desfavorecendo a colonização de fungos que poderiam infestar ou infectar as sementes após a maturidade fisiológica. Outros autores também verificaram menor incidência de *Phomopsis* em sementes de soja produzidas nas doses mais elevadas do nutriente (França Neto et al., 1987).

Períodos com alta precipitação e umidade relativa podem contribuir para a aceleração da deterioração das sementes em campo, favorecendo o

desenvolvimento de fito doenças e, conseqüentemente, a contaminação e ou a infecção de sementes (Choldhury, 1985). Houve baixa incidência de patógenos, o que pode ser explicado, além do efeito do potássio na qualidade sanitária das sementes, também às condições ambientais favoráveis no período após a maturidade fisiológica, correspondendo ao mês de março, com umidade relativa de 66,5% (Figura 3) e precipitação média diária de 1,14 mm (Figura 2).

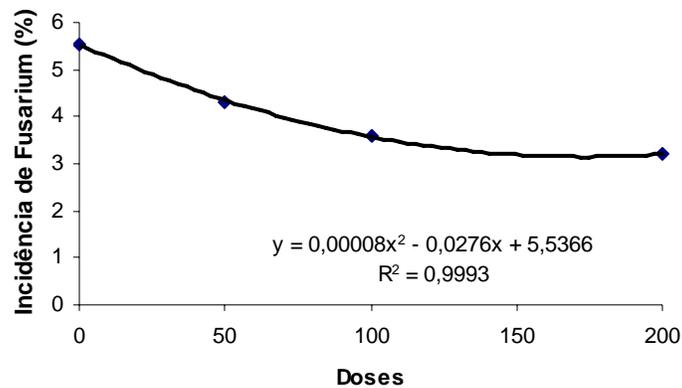


FIGURA 14. Representação gráfica da equação de regressão para incidência de *Fusarium semitectum*, em função das doses de potássio aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

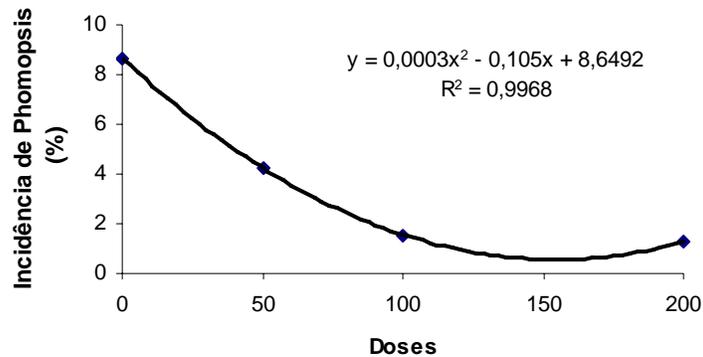


FIGURA 15. Representação gráfica da equação de regressão para incidência de *Phomopsis* sp., em função das doses de potássio aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Plantas deficientes em K acumulam aminoácidos que contribuem para a degradação dos fenóis. Essas plantas também podem acumular açúcares solúveis, que são substratos para os patógenos e, ainda, apresentar retardamento na cicatrização de feridas, favorecendo a penetração dos patógenos. O K tem ação na resistência às doenças causadas tanto pelos patógenos obrigatórios como os facultativos (Yamada, 1995).

Segundo Marschener (1995), o potássio provoca o espessamento dos tecidos, conferindo à planta maior resistência ao acamamento e às doenças e pragas. É considerado o nutriente que exerce maior influência as doenças, apresentando efeito benéfico na sanidade das sementes.

6 CONCLUSÕES

A adubação com potássio na dose de 200 kg ha⁻¹ promove maior vigor e melhor qualidade sanitária.

Maior produtividade, peso de mil sementes, menor índice de danos por umidade e por percevejo e menor incidência de fungos nas sementes são obtidos na medida em que as doses de potássio no solo são aumentadas.

A elevação da saturação por bases para 85% proporciona melhor qualidade de sementes de soja.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBER, S.A.; HUMBERT, R.P. Advances in knowledge of potassium relationship in the soil and plant. In: McVICKAR, M.H.; BRIDGER, G.L.; NELSON, L.B. **Fertilizer technology and uses**. Madison: SSSA, 1963. Cap.11, p.231-268.
- BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A.A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1977. 36p. (Boletim Técnico, 41).
- BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em LATOSSOLO ROXO Álico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.1119-1129, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.
- CHOUDHURY, M.M. Situação atual e potencialidade de produção de sementes de alta qualidade sanitária em regiões árida e semi-árida brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v.7, n.2, p.21-31, 1985.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCAR, 2000. p.255-258.
- FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P.; HENNING, A.A.; SFREDO, G.J.; BOERKET, C.M.; OLIVEIRA, M.C.N. Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade da semente de soja. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1985/1986**. Londrina, 1987. p.180-183.
- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. da. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. In: FRANÇA NETO, J.B.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. Comitê de Vigor de Sementes, 1999.

MAEDA, J.A.; LAGO, A.A.; TELLA, R. de Efeito da calagem e adubação com NPK na qualidade de sementes de amendoim. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.9, p.941-944, 1986.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MARCOS FILHO, J. Teste de Envelhecimento Acelerado. In: FRANÇA NETO J.B.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. Comitê de Vigor de Sementes, 1999.

MARSCHENER H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.889p.

MASCARENHAS, H.A.A.; VALADARES, J.M.A.; ROTTA, C.L.; BULISANI, E.A. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio em Latossolo Roxo Distrófico de cerrado. **Bragantia**, v.40, p.125-134, 1981.

MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; LELIS, L.G.L.; BULISANI, E.A.; BRAGA, N.R.; PEREIRA, J.C.V.N.A. **Haste verde e retenção foliar em soja causada por deficiência de potássio**. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 15p. (Boletim Técnico IAC, 199).

MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; MIRANDA, M.A.C.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; BRAGA, N.R. Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.42, p.1-4, jun. 1988.

MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; GALLO, P.B.; BATAGLIA, O.C. Efeito de adubos potássicos na produção de soja. **Scientia Agricola**, v.51, n.1, p.82-89, jan./abr. 1994.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: The Mac Millan, 1979. 839p.

OLIVEIRA, F.A. **Calagem e adubação potássica em soja cultivada em casa de vegetação**. 2000. 69p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Piracicaba, SP.

PEDROSO NETO, J.C. **Doses e modos de aplicação de potássio na cultura da soja sob duas condições edafoclimáticas de minas gerais**. 2000. 102p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R. Adubação potássica da soja em LATOSSOLO VERMELHO ESCURO fase arenosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, p.1319-1326, 1984.

SÁ, M.E.; BUZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. 437p.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORKET, C.M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Associação Brasileira Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.105-126.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; MURUOKA, T.; GALLO, P.B. Changes in soybean quality resulting from applications of lime and potassium fertilizer. **Plant Nutrition**, p.943-944, 1997.

YAMADA, T. A nutrição mineral e a resistência das plantas as doenças. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.72, p.1-4, dez. 1995.

WALLINGFORD, W. Functions of potassium in plant. In: **Potassium for Agriculture**. , Atlanta: Potash & Phosphate Institute, 1980. p.10-27.

CAPITULO 3

INFLUÊNCIA DO POTÁSSIO E DA CALAGEM NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE SEMENTES DE SOJA

1 RESUMO

VEIGA, Adriano Delly. Influência do potássio e da calagem na composição química e na atividade enzimática de sementes de soja. In: _____. **Influência do potássio e da calagem na produtividade, na composição química e na qualidade de sementes de soja.** 2007. Cap. 3, p.64-80 Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A composição química das sementes pode ser influenciada por fatores genéticos, ambientais e, ainda, pela disponibilidade de nutrientes no solo, durante a produção e, como consequência, ter o seu vigor afetado. O potássio pode influenciar também a atividade de várias enzimas presentes nas plantas. Essas enzimas são necessárias em várias reações envolvidas na utilização de energia, síntese de amido, metabolismo do nitrogênio e respiração. Neste trabalho foi avaliado o efeito da adubação potássica e da calagem na composição química e na atividade de enzimas de sementes de soja. A pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios de análises de sementes do Departamento de Agricultura e do setor de produção vegetal do Departamento de Ciências dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Em sementes de soja da cultivar Msoy 8001 produzidas sob dois níveis de saturação por bases (48% e 85%) e quatro doses. ha⁻¹ de K₂O, 0, 50, 100 e 200, foram avaliados os teores de óleo e de proteína e a atividade de algumas enzimas envolvidas nos processos de germinação e de deterioração de sementes. Por meio da técnica de eletroforese foram avaliadas as enzimas esterase, malato desidrogenase, álcool desidrogenase e piruvato quinase. O potássio influenciou a composição química das sementes de soja, com o aumento no teor de óleo e redução no de proteína. As atividades das enzimas piruvato quinase e álcool desidrogenase foram alteradas pelas doses de potássio e níveis de saturação de bases, respectivamente.

* Comitê Orientador: Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho - UFLA (Orientador), Prof. Dr. Carlos Alberto Silva – UFLA.

2 ABSTRACT

VEIGA, Adriano Delly. Influence of potassium and liming on chemical composition and activities of enzymes of soybean seeds. In: _____. **Influence of potassium and liming on the productivity, chemical composition and quality of soybean seeds.** 2007. Cap. 3, p.64-80. Dissertation (Master's degree in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais*.

The chemical composition of seeds can be influenced by genetic, environmental factors and in addition, by the availability of nutrients in soil during production and as a consequence to affect the vigor of them. Potassium can influence also the activity of several enzymes present in plants. These are necessary in a number of reactions involved in the utilization of energy, starch synthesis, nitrogen metabolism and respiration. In this research work, the effects of potassium fertilization and liming on the chemical composition and activities of enzymes of soybean seeds were evaluated. The research was developed in the seed analysis laboratory of the Agriculture Department and of the plant production sector of the Food Science Department of the Federal University of Lavras (UFLA). In soybean seeds of cultivar Msoy 8001 produced under two levels of base saturation (48% and 85%) and four doses ha^{-1} of K_2O , 0, 50, 100 and 200, were evaluated the contents of oil and protein and the activity of some enzymes involved in the seed germination and deterioration processes. By means of the electrophoresis technique, the enzymes esterase and malate dehydrogenase, alcohol dehydrogenase and piruvate kinase were evaluated. Potassium influenced the chemical composition of soybean seeds with increasing oil content and reduction in the protein one. The activities of the enzymes piruvate kinase and alcohol dehydrogenase were altered by the doses of potassium and levels of base saturation, respectively.

* Guidance Committee: Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho - UFLA (Major Professor), Prof. Dr. Carlos Alberto Silva – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de nutrientes pode influenciar a composição química das sementes e, conseqüentemente, o metabolismo e o vigor delas. Dessa forma, o adequado fornecimento de nutrientes assegura o bom desenvolvimento das plantas, condicionando-as a produzirem metabólitos necessários ao desenvolvimento de seus frutos e sementes. Nas sementes, é necessário que o acúmulo de reservas seja feito adequadamente, uma vez que o crescimento inicial das plântulas depende dessas substâncias.

A composição química pode ser influenciada por inúmeros fatores genéticos e ambientais e ainda pelos nutrientes aplicados no solo (Brim, 1973). Tanaka et al. (1991) e Mascarenhas et al. (1991) relataram a ocorrência de variações nos teores de óleo e de proteína em sementes de soja, como resultado do manejo da adubação ou da correção da acidez. Como conseqüência, as enzimas atuantes em diferentes processos do metabolismo da plantas são influenciadas pela composição química e podem atuar de forma diferenciada.

Segundo Wallingford (1980), as funções do potássio na planta são inúmeras, sendo exemplos delas a ativação de enzimas, as relações com água, as relações com energia, a translocação de assimilados, a captação de nitrogênio e a síntese de proteínas e de amido.

As enzimas são necessárias em várias reações envolvidas na utilização de energia, na síntese de amido, no metabolismo do nitrogênio e na respiração. O potássio aparece como o único cátion monovalente disponível na natureza em quantidade suficiente e com propriedades químicas apropriadas para satisfazer à exigência da maioria das ativações enzimáticas por cátions monovalentes. Não existe uma completa concordância sobre como o potássio ativa enzimas, mas a teoria mais conhecida é a de que o íon potássio hidratado combina com

enzimas e altera sua conformação, facilitando a atividade das enzimas. Outra teoria é que o potássio atua como uma ponte entre a enzima e seu substrato e, assim, as duas moléculas podem ser alinhadas apropriadamente para a reação (Wallingford, 1980). Enzimas envolvidas nos processos de deterioração das sementes, como as esterases, malato desidrogenase, álcool desidrogenase, piruvato quinase, catalase e peroxidase, dentre outras, têm um grande potencial como marcadores moleculares para monitorar e caracterizar a qualidade fisiológica de sementes. Além disso, constituem ferramentas de grande valor, pois, além de auxiliar no diagnóstico do estado fisiológico de sementes, pode, em determinados casos, ajudar no entendimento sobre as causas da perda de vigor e viabilidade.

Neste trabalho foi avaliado o efeito da adubação potássica e da calagem na composição química e na atividade de enzimas em sementes de soja.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios de análises de biotecnologia do setor de sementes de Departamento de Agricultura e no laboratório do setor de produção vegetal do Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Foram utilizadas sementes da cultivar semiprecoce M-SOY 8001, as quais foram semeadas com espaçamento de 0,5 m entre linhas, 15 plantas por metro. Cada parcela foi constituída de 6 linhas de 4 metros, sendo quatro consideradas como parcela útil. As adubações com cloreto de potássio (KCl) foram realizadas nos sulcos no momento da semeadura, nas doses de 0, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹ de K₂O. A dose de 100 kg.ha⁻¹ de K₂O foi parcelada em duas vezes e a dose de 200 kg.ha⁻¹ de K₂O parcelada em três vezes. As aplicações

foram realizadas de acordo com a fenologia da planta, aos 25 dias (V2) e 35 dias (V4) após a semeadura. Foram utilizados dois níveis de saturação por bases, um correspondendo ao nível observado por meio das análises de fertilidade na área de 48,6%, e o segundo nível alcançado com a elevação da saturação por bases para 85%, utilizando-se o calcário dolomítico. A adubação básica foi realizada levando-se em consideração as características químicas do solo, sendo aplicados 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 2 kg ha⁻¹ de boro, utilizando supersimples e bórax.

No momento da semeadura, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium* utilizando-se inoculante turfoso, na dosagem de 200g/50kg sementes.

Foram avaliados, nas sementes, os teores de óleo e de proteína, assim como as enzimas esterase, malato desidrogenase, álcool desidrogenase e piruvato quinase.

Para a extração do óleo, foram utilizados cerca de 5g do material dessecado, cartuchos de celulose, extrator tipo “Soxlet”, éter etílico como solvente. Terminada a extração por mergulho, suspenderam-se os cartuchos até uma altura em que receberam o gotejamento do solvente condensado, por um tempo de 30 minutos. Decorrido esse tempo, realizou-se a recuperação do solvente por separação, ficando a gordura no tubo de ebulição Reboiler e o solvente, no reservatório do condensador. Os reboilers foram colocados com o resíduo em estufa a 105°C, até peso constante. A diferença entre este último peso e o do reboiler vazio correspondeu ao peso da gordura extraída.

Na determinação da fração protéica, por meio do doseamento, obteve-se o nitrogênio protéico pelo método de Kjeldahl. Nesse método, o nitrogênio presente na amostra é transformado em amônio (NH₄)⁺, que é posteriormente separado por destilação e, depois, quantificado por titulação do destilado. Assim sendo, o fator 6,25, multiplicado pelo percentual de nitrogênio total da amostra, correspondeu ao percentual de proteína da mesma. As extrações de óleo e

proteína foram realizadas segundo os métodos da Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1995).

Na análise eletroforética de enzimas foram retiradas subamostras de 100mg, às quais adicionou-se o tampão de extração (Tris HCl 0,2 M pH 8), na quantidade de 2,5 vezes o peso de cada amostra e 0,1% de β -mercaptoetanol. Em seguida, as amostras foram agitadas em vórtex por 1 minuto. O material foi colocado em geladeira overnight e, depois, foi centrifugado, a 14.000 rpm, por 30 minutos, a 4°C. Foram aplicados 50 μ L do sobrenadante no gel de corrida sistema descontínuo, gel separador, poliacrilamida 7,5% e gel concentrador, poliacrilamida 4,5%. O sistema tampão gel/eletrodo utilizado foi a tris-glicina pH 8,9. As corridas foram efetuadas a 150 V, por 5 horas. Após a eletroforese, procedeu-se à revelação das enzimas esterase, malato desidrogenase, álcool desidrogenase e piruvato quinase, segundo Alfenas (1989).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância (Tabela 4 A), não foi observada diferença significativa para a interação doses de potássio e nível de saturação por bases para teores de óleo e de proteína. Para o teor de óleo, observou-se efeito significativo para as doses de potássio aplicadas; já em relação ao teor de proteína. Foi verificada diferença significativa tanto para as doses de potássio quanto para a aplicação de calagem.

Foram observados aumentos nos teores de óleo com o aumento nas doses de K_2O utilizadas, independente da saturação por bases. Valor acima de 19% foi verificado quando da aplicação de 200 kg de K_2O /ha (Figura 16).

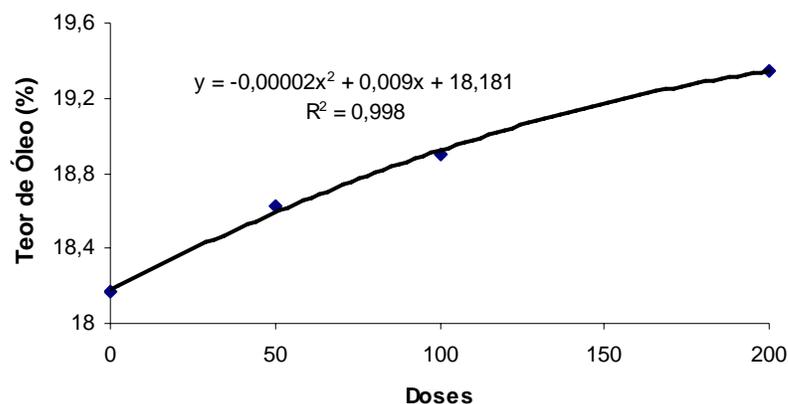


FIGURA 16. Representação gráfica das equações de regressão para os resultados dos teores de óleo, em função das doses de potássio aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Os resultados observados nesta pesquisa corroboram os observados por outros autores. De acordo com Mascarenhas et al. (1988), o potássio é essencial na síntese e no transporte de óleo para os grãos. Também segundo Usherwood (1994), o K tem função no transporte de fotoassimilados para os grãos, permitindo a síntese de óleo nos mesmos. Esse nutriente está envolvido no controle de entrada de CO_2 pelos estômatos, como foi observado por Tanaka et al. (1997). Esses autores verificaram efeito positivo do potássio sobre os teores de óleo nas sementes.

Porém eles não estão de acordo com os verificados por Kanthack (1995) que, trabalhando em um Latossolo Vermelho textura arenosa não encontrou efeito significativo de doses e modos de aplicação do K sobre a produção de óleo em sementes de soja.

Observa-se, pela Figura 17, que houve redução nos teores de proteína à medida que as doses de potássio foram aumentadas. Também Tanaka et al. (1995) verificaram que o teor de proteína foi reduzido e o de óleo aumentado, com o aumento de K₂O no solo.

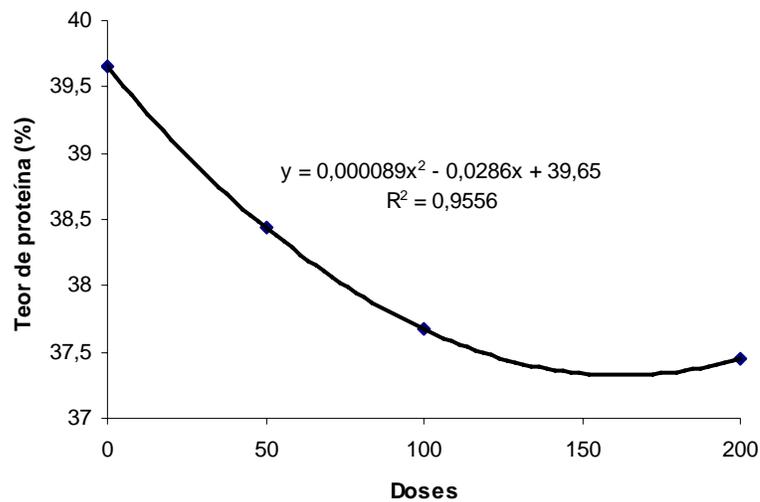


FIGURA 17. Representação gráfica da equação de regressão para os teores de proteína, em função das doses de potássio aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Em sementes produzidas com a aplicação da calagem e conseqüente elevação da saturação por base a 85% foram observadas maiores teores de proteínas em relação aos observados em sementes produzidas em solo com 48% de saturação por bases (Tabela 5).

TABELA 5. Valores de teor de proteína em função da aplicação da calagem.

UFLA, Lavras, MG, 2007.

Calagem	Teor de proteína
Com	39,05 a
Sem	37,56 b

As médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Mascarenhas et al. (1996), a calagem proporciona melhores condições para a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, devido a alterações no pH do solo e também maior disponibilidade de molibdênio. Dessa forma, sendo o mesmo um dos componentes da enzima redutase de nitrato, a sua presença em maior teor proporcionaria a formação de mais aminoácidos, portanto de proteína, gerando maiores teores de proteína, independente da dose de potássio aplicada. Pela avaliação do sistema enzimático revelado para a enzima piruvato quinase, foi observada maior atividade em sementes produzidas com 100 kg .ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O e saturação por base de 85%.

A piruvato quinase, a qual converte o fosfoenolpiruvato em piruvato com liberação de ATP, em uma etapa final da via glicolítica, apresenta alto requerimento de potássio (Figura 18). As concentrações ideais de K são necessárias para induzir as variações conformacionais e a otimização do grau de hidratação da enzima e, portanto, máxima ativação. Em geral, a mudança conformacional das enzimas induzidas pelo K⁺ aumenta a taxa de atividade, a velocidade máxima de absorção e, em alguns casos, também a afinidade para com o substrato (Faquin, 2005). A glicólise é uma das etapas da respiração, importante nas fases iniciais da germinação de sementes. Na presente pesquisa, maior teor de K nas sementes e maiores valores de vigor, avaliado pelo teste de tetrazólio, foram observados em sementes produzidas com adição de 200 kg. ha⁻¹ de K₂O e com calagem. Dessa forma, a maior atividade da enzima piruvato

quinase nessas sementes poderá estar associada ao maior vigor dessas sementes. Isso reforça a importância de avaliar enzimas que são ativadas nas fases iniciais da respiração, a exemplo da glicólise.

0 50 100 200
┌───┬───┐ ┌───┬───┐ ┌───┬───┐ ┌───┬───┐
C S C S C S C S

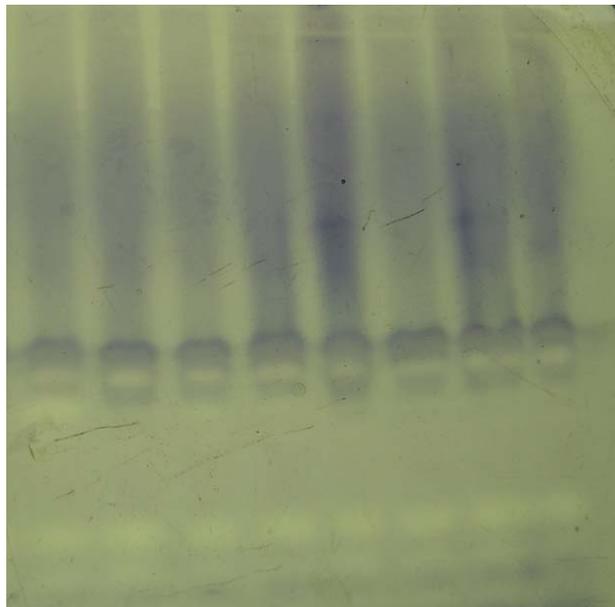


FIGURA 18. Padrões da enzima piruvato quinase em sementes de soja produzidas com e sem a aplicação de calagem (c,s) e sob diferentes doses de potássio (0, 50, 100 e 200). UFLA, Lavras, MG, 2007.

Para o sistema enzimático álcool desidrogenase (ADH), observou-se maior atividade em sementes produzidas com calagem, comparadas àquelas produzidas sem a elevação da saturação por bases. Isso sugere a

presença de respiração anaeróbica (Figura 19).

A enzima álcool desidrogenase (ADH) reduz acetaldeído para etanol no metabolismo anaeróbico. Quando a atividade dessa enzima diminui, a semente fica mais susceptível à ação deletéria do acetaldeído (Zhang et al., 1994), o qual é mais tóxico para as células que o etanol formado na presença da enzima ADH. Vale ressaltar que o acetaldeído é formado com a participação da enzima desidrogenase. Essa enzima poderia ser avaliada em outras pesquisas dessa natureza, o que contribuiria para a maior elucidação dos resultados.

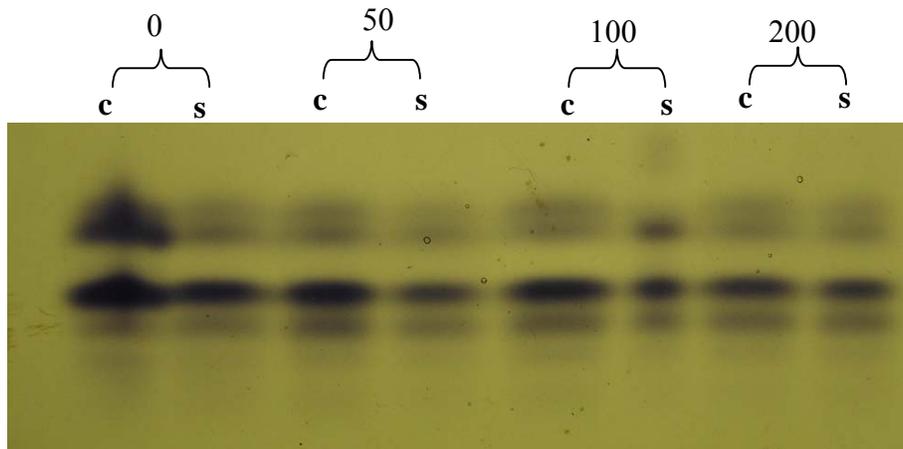


FIGURA 19. Padrões da enzima álcool desidrogenase em sementes de soja produzidas com e sem a aplicação e calagem (c,s) e sob diferentes doses de potássio (0, 50, 100 e 200), UFLA, Lavras, MG, 2007.

Para o sistema enzimático malato desidrogenase (MDH), não foram observadas diferenças significativas entre os padrões eletroforéticos das sementes submetidas aos diferentes tratamentos. Essa enzima está presente em

várias organelas, a exemplo de cloroplasto, mitocôndria e, ainda, no citoplasma. Assim, mesmo envolvida na fase aeróbica do processo de respiração, a grande disponibilidade da mesma na célula não a torna um marcador muito sensível para a avaliação do processo de deterioração em sementes (Figura 20).

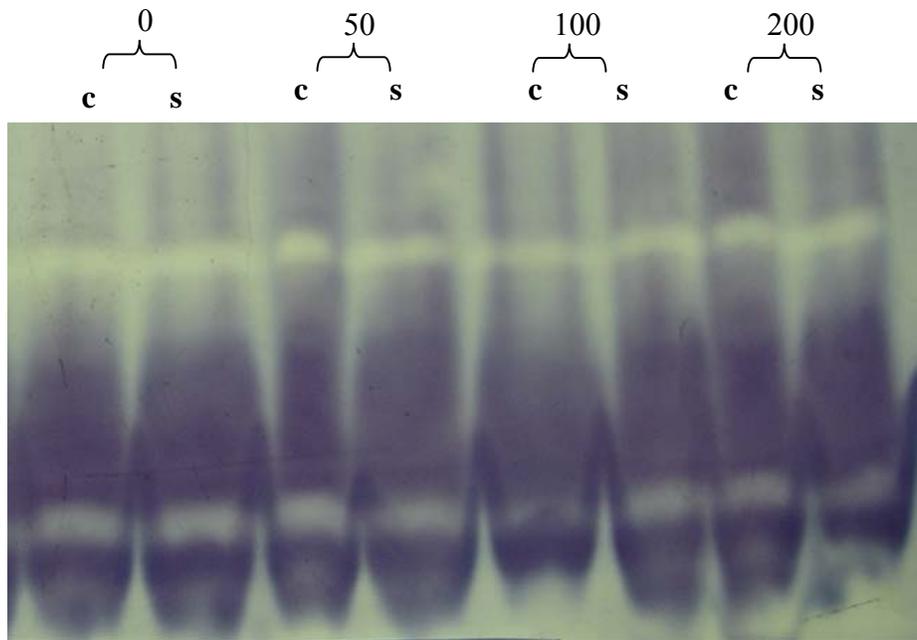


FIGURA 20. Padrões da enzima malato desidrogenase em sementes de soja produzidas com e sem a aplicação de calagem (c, s) e sob diferentes doses de potássio (0, 50, 100 e 200). UFLA, Lavras, MG, 2007.

Já em relação aos padrões observados para a enzima esterase, maior atividade dessa enzima foi observada em sementes produzidas com saturação

por base de 85%, com calagem, associada à aplicação de K_2O nas doses de 50 e 100 $kg\ ha^{-1}$. Essa enzima pode estar envolvida no desdobramento de lipídeos, durante o processo de germinação das sementes. Esse processo é importante para a retomada do crescimento do eixo embrionário, principalmente em sementes ricas em lipídeos, como é o caso da soja. Na presente pesquisa foi observado aumento no teor de óleo nas sementes, com o aumento das doses de K. No entanto, em sementes produzidas sob as doses de 0 e 200 kg , não foi observada diferença nos padrões dessa enzima (Figura 21).

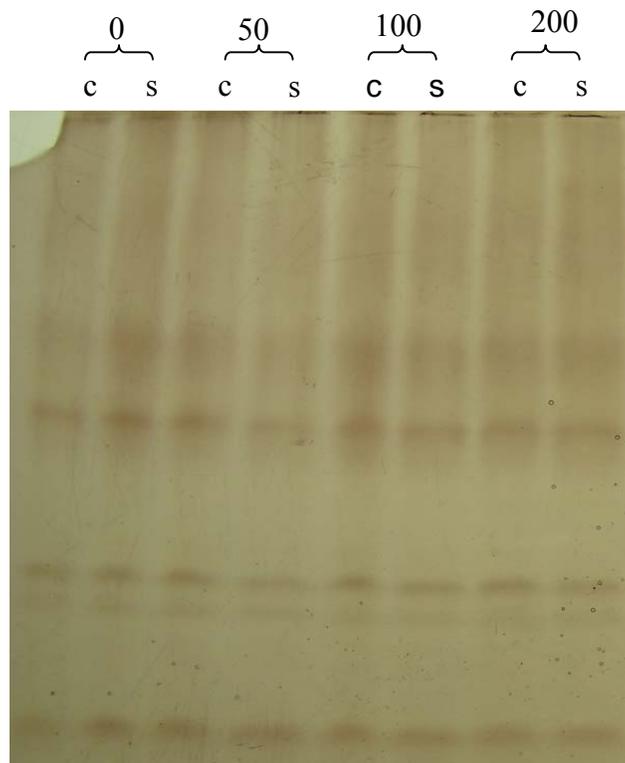


FIGURA 21. Padrões da enzima esterase em sementes de soja produzidas com e sem a aplicação de calagem (c, s) e sob diferentes doses de potássio (0, 50, 100 e 200). UFLA, Lavras, MG, 2007.

6 CONCLUSÕES

Há aumento no teor de óleo e redução no teor de proteína em sementes de soja à medida em que a dose de K_2O , no solo, é aumentada.

Há aumento de teor de proteínas em sementes de soja, produzidas sob maiores níveis de saturação por base.

As atividades das enzimas piruvato quinase, álcool desidrogenase e esterase em sementes de soja são afetadas pela concentração de potássio e saturação por base no solo, durante o processo de produção.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

L

ALFENAS, A.C.; BRUNE, W. Eletroforese em gel de poliacrilamida. In: ALFENAS, A.C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.151-182.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16thed. Arlington, VA, 1995. 190p.

BRIM, C.A. Quantitative genetics and breeding. In: CALDWELL, B.E.; HOWELL, R.W.; JOHNSON, H.W. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p.172.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

KANTHACK, R.A.D. **Efeito de doses e modo de aplicação de potássio em características agronômicas de soja**. 1995. 118p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; MIRANDA, M.A.C.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; BRAGA, N.R. Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.42, p.1-4, jun. 1988.

MASCARENHAS, H.A.A.; TEIXEIRA, J.P.F.; NAGAI, V.; TANAKA, R.T.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; MIRANDA, M.A.C. Rates of liming on the concentration and yield of oil and protein in soybeans. In: INTERNATIONAL MEETING ON FATS, OILS AND TECHNOLOGY, 1991, Campinas. **Proceedings...** Campinas: UNICAMP, 1991. p.157-161.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; AMBROSANO, G.M.B.; CARMELO, Q.A.C. Efeito da calagem sobre produtividade de grãos, óleo, proteína em cultivares precoces de soja. **Scientia Agric.**, Piracicaba, v.53, n.1, jan./abr. 1996.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C. Effect of liming on soybean protein and oil yield. **Better Crops International**, Atlanta, v.7, n.2, p.9, 1991.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; MURUOKA, T.; GALLO, P.B. Changes in soybean quality resulting from applications of lime and potassium fertilizer. **Plant Nutrition**, p.943-944, 1997.

USHERWOOD, N. R. Potassium interactions and balanced plant nutrition. **Better Crops With Food**, Atlanta, v.77, n.1, p.26-27, 1993/1994.

WALLINGFORD, W. Functions of potassium in plant. In: **Potassium for Agriculture**. , Atlanta: Potash & Phosphate Institute, 1980. p.10-27.

ZHANG, M.; MAEDA, Y.; FUTIHATA, Y.; NORRAMURA, Y. I.; ESASHI, Y. A mechanism of seed deterioration in relation to volatile compounds evoked by dry seeds themselves. **Seed Science Research**, Wellingford, v. 4, n. 1, p. 49-56, Mar. 1994.

ANEXOS

	Página
TABELA 1A	82
Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e boro (B) em sementes da cultivar M-SOY 8001 submetidas aos tratamentos com e sem calagem e diferentes doses de potássio. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	
TABELA 2A	82
Resumo da análise de variância dos resultados das avaliações para produtividade, qualidade física e fisiológica de sementes cultivar M-SOY 8001 submetidas aos tratamentos com e sem calagem e diferentes doses de potássio. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	
TABELA 3A	83
Resumo da análise de variância dos resultados das avaliações de qualidade e sanitária de sementes cultivar M-SOY 8001 submetidas aos tratamentos com e sem calagem e diferentes doses de potássio. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	
TABELA 4A	83
Resumo da análise de variância dos resultados das quantificações de óleo e proteína de sementes cultivar M-SOY 8001 submetidas aos tratamentos com e sem calagem e diferentes doses de potássio. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	

TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e boro (B) em sementes da cultivar M-SOY 8001 submetidas aos tratamentos com e sem calagem e diferentes doses de potássio. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	K	Ca	B
Blocos	3	1,61	0,08	6,7
Calagem	1	0,03	0,13	72
Erro 1	3	0,95	0,21	61,92
Potássio	3	5,11*	1*	432,38*
C x P	3	1,61*	0,13	68,08*
Erro 2	18	0,67	0,09	15,03
Total	31			
CV 1		11,6	26	21
CV 2		9,5	17	10,6

* significativo, a 5% de probabilidade

TABELA 2A. Resumo da análise de variância dos resultados das avaliações para produtividade, qualidade física e fisiológica de sementes cultivar M-SOY 8001 submetidas aos tratamentos com e sem calagem e diferentes doses de potássio. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	Quadrados médios					
	GL	Produtividade	G (%)	E1 (%)	E2(%)	Peso
Blocos	3	61380,80	11,50	1,13	3,12	0,04
Calagem	1	827592,59*	2,00	136,13*	105,12*	5,84*
Erro 1	3	49072,41	0,33	7,46	5,46	0,00
Potássio	3	1222347,39*	2,83	65,46	17,12	2,55*
C x P	3	138493,15	1,67	39,12	20,12	0,14
Erro 2	18	94347,35	2,25	17,18	10,18	0,08
Total	31					
CV 1		7,97	0,60	3,05	2,47	0,16
CV 2		11,05	1,57	4,62	3,37	2,04

* significativo, a 5% de probabilidade

TABELA 3A. Resumo da análise de variância dos resultados das avaliações de qualidade e sanitária de sementes cultivar M-SOY 8001 submetidas aos tratamentos com e sem calagem e diferentes doses de potássio. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	Quadrados médios				
	GL	% DU	% DP	% Fusarium	%Phomopsis
Blocos	3	16,67	0,56	4,13	7,13
Calagem	1	8,00*	18,00*	0,13	3,13
Erro 1	3	0,56	2,56	0,46	3,45
Potássio	3	590,56*	155,00*	8,46*	93,79*
C x P	3	28,00*	3,33*	1,46	0,79
Erro 2	18	2,00	0,78	1,29	3,84
Total	31				
CV 1		4,8	35,2	16,17	47,23
CV 2		8,32	19,2	27,14	49,80

* significativo, a 5% de probabilidade

TABELA 4A. Resumo da análise de variância dos resultados das quantificações de óleo e proteína de sementes cultivar M-SOY 8001 submetidas aos tratamentos com e sem calagem e diferentes doses de potássio. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Óleo	Proteína
Blocos	3	0,13	0,42
Calagem	1	0,25	5,02*
Erro 1	3	0,71	1,03
Potássio	3	1,92*	6,1*
C x P	3	0,38	0,98
Erro 2	18	0,45	1,11
Total	31		
CV 1		4,5	2,66
CV 2		3,58	2,76

* significativo, a 5% de probabilidade