

ADUBAÇÃO POTÁSSICA DA SOJA: CUIDADOS NO BALANÇO DE NUTRIENTES

Adilson de Oliveira Junior¹
Cesar de Castro¹

Fábio Alvares de Oliveira¹
Luiz Tadeu Jordão²

1. INTRODUÇÃO

Dentre os nutrientes com maior relevância para o desenvolvimento da cultura da soja, o potássio (K) se destaca por ser o segundo macronutriente mais extraído pela cultura, depois do nitrogênio (N) e, por isso, seu manejo deve ser discutido com cuidado (BORKERT et al., 1994). Ele atua na ativação enzimática, na regulação da abertura e fechamento dos estômatos e no controle osmótico dos tecidos, dentre outras funções (EPSTEIN e BLOOM, 2005; MALAVOLTA, 2006). O fornecimento adequado de K para a soja promove o aumento da nodulação, do número de vagens por planta, da porcentagem de vagens com grãos, do tamanho da semente, do teor de óleo da semente e a diminuição do número de grãos enrugados (MALAVOLTA, 1980).

A demanda desse nutriente pela cultura é de aproximadamente 38 kg de K₂O para cada tonelada de grãos, sendo que, desse total, 20 kg são exportados das lavouras pelos grãos (Tabela 1). Contudo, avaliações recentes têm evidenciado que a demanda pode ser maior em algumas cultivares de soja com tipo de crescimento indeterminado, as quais atualmente compõem o principal grupo de materiais cultivados no Brasil.

Quando comparada a outras culturas que integram os sistemas de produção, como milho, trigo e até mesmo girassol, a soja mostra-se grande consumidora de K e eficiente no seu aproveitamento ao longo do perfil do solo, com quantidades exportadas muito superiores às das demais culturas, alcançando mais de 50% do total absorvido (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidades médias de K₂O absorvidas e exportadas por tonelada de grãos produzidos.

Parte da planta	Soja ¹	Milho ²	Trigo ²	Girassol ²
	----- (g kg ⁻¹) -----			
Total	38	18	21	142
Grãos	20	3,2	3,2	10
% Exportada	53	18	15	7

Fonte: ¹Embrapa Soja (2011); ²Laboratório de Análises de Solo e Tecido Vegetal da Embrapa Soja.

Assim, no manejo adequado da adubação potássica da soja, uma estratégia importante é considerar o balanço de potássio nas culturas que compõem o sistema de produção, com a aplicação de doses adequadas de fertilizantes de forma a atender não só as necessidades das culturas mas também o balanço do sistema de produção, evitando-se, com isso, o esgotamento gradual das reservas de K no solo.

2. PRODUÇÃO DE POTÁSSIO NO BRASIL

A exploração de K em escala comercial no Brasil restringe-se ao estado de Sergipe, apesar de existirem reservas de potássio no estado do Amazonas, as quais, por diferentes motivos, muito provavelmente não serão comercialmente exploradas. Já o potássio presente no pré-sal constitui uma gigantesca reserva potencial a espera de tecnologia economicamente viável para que seja inserido como fertilizante no complexo de produção agrícola nacional e,

Abreviações: ANDA = Agência Nacional Para Difusão de Adubos; DRIS = Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação; K = potássio; KCl = cloreto de potássio; N = nitrogênio; P = fósforo; TCD = tipo de crescimento determinado; TCI = tipo de crescimento indeterminado; V% = saturação por bases.

¹ Engenheiro Agrônomo, Embrapa Soja, Londrina, PR; email: adilson.oliveira@embrapa.br; cesar.castro@embrapa.br; fabio.alvares@embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, pós-graduando, CENA, USP, Piracicaba, SP; e-mail: ltjordao@cienciadosolo.com.br

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Publicação trimestral gratuita do International Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela comunidade científica nacional e internacional visando o manejo responsável dos nutrientes das plantas.

COMISSÃO EDITORIAL

Editor

Luís Ignácio Prochnow

Editores Assistentes

Valter Casarin, Eros Francisco, Silvia Regina Stipp

Gerente de Distribuição

Evandro Luis Lavorenti

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE (IPNI)

Presidente do Conselho

Steve Wilson (CF Industries Holdings, Inc.)

Vice-Presidente do Conselho

Mhamed Ibnabdeljalil (OCP Group)

Tesoureiro

Jim Prokopanko (Mosaic Company)

Presidente

Terry L. Roberts

Vice-Presidente, Coordenador do Grupo da Ásia e África

Adrian M. Johnston

Vice-Presidente, Coordenadora do Grupo do Oeste Europeu/Ásia Central e Oriente Médio

Svetlana Ivanova

Vice-Presidente Senior, Diretor de Pesquisa e Coordenador do Grupo das Américas e Oceania

Paul E. Fixen

PROGRAMA BRASIL

Diretor

Luís Ignácio Prochnow

Diretores Adjuntos

Valter Casarin
Eros Francisco

Publicações

Silvia Regina Stipp

Analista de Sistemas e Assistente Administrativo

Evandro Luis Lavorenti

Assistente Administrativo

Renata Fiuza

ASSINATURAS

Assinaturas gratuitas são concedidas mediante aprovação prévia da diretoria. O cadastramento pode ser realizado no site do IPNI: <http://brasil.ipni.net>
Mudanças de endereço podem ser solicitadas por email para: rfiuza@ipni.net

Esta publicação foi impressa e distribuída com o apoio financeiro parcial da empresa

FERTILIZANTES HERINGER S.A.
YARA BRASIL FERTILIZANTES

Nº 143 SETEMBRO/2013

CONTEÚDO

Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes

Adilson de Oliveira Junior, Cesar de Castro, Fábio Alvares de Oliveira, Luiz Tadeu Jordão 1

Desafios atuais para o aumento da produtividade da soja

Eros Artur Bohac Francisco, Gil Miguel de Sousa Câmara 11

Divulgando a Pesquisa 17

IPNI em Destaque 18

Painel Agronômico 20

Cursos, Simpósios e outros Eventos 21

Publicações Recentes do IPNI 23

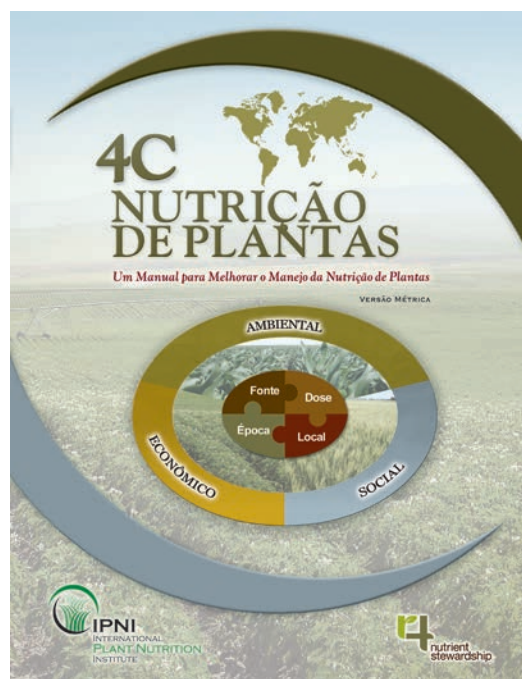
Ponto de Vista 24

NOTA DOS EDITORES

Todos os artigos publicados no Informações Agronômicas estão disponíveis em formato pdf no website do IPNI Brasil: <<http://brasil.ipni.net>>

Opiniões e conclusões expressas pelos autores nos artigos não refletem necessariamente as mesmas do IPNI ou dos editores deste jornal.

FOTO DESTAQUE



Nova publicação do IPNI.

talvez, como produto de exportação. Por outro lado, é provável que existam outros depósitos de K passíveis de lavra e comercialmente exploráveis nos 8,5 milhões de km² de extensão territorial do Brasil. Durante o 2º Congresso Brasileiro de Fertilizantes, realizado em agosto de 2012, em São Paulo, empresas como a Vale e a Petrobrás apresentaram projetos para diminuir a dependência externa do país por matérias-primas de fertilizantes, com investimentos vultosos até 2017. No entanto, até o momento, somente foi proposto o projeto de exploração de potássio no Rio Colorado, na província argentina de Mendoza, o qual foi suspenso por tempo indeterminado pela mineradora Vale, após negociação com o governo argentino.

Para um país com forte tradição agrícola, é altamente preocupante a dependência brasileira por fertilizantes, especialmente os potássicos. Reduzir essa dependência externa é uma questão de segurança alimentar, ou seja, a maior produção interna de fertilizantes reduzirá substancialmente o custo da produção de alimentos, o que permitirá uma queda significativa nos preços dos alimentos para o consumidor. Por outro lado, a redução dos custos de produção proporcionada pela maior oferta interna de fertilizantes resultará também no aumento da competitividade dos produtos agropecuários brasileiros no mercado internacional.

Além das questões agronômicas, a segurança alimentar é uma questão de segurança nacional, tendo em vista a dependência externa para atender às necessidades agrícolas nacionais quase que total de K, e muito elevada de P (50%) e de N (78%). Esse cenário só não é mais grave porque a fixação biológica de N supre integralmente a necessidade de fertilizantes nitrogenados na cultura da soja, o que equivale à economia anual de 6,8 milhões de toneladas de N para atender o cultivo de 28 milhões de hectares de soja.

3. IMPORTAÇÃO, CONSUMO E EXPORTAÇÃO DE POTÁSSIO

Os fertilizantes representam o principal componente do custo variável de produção, afetando diretamente o lucro líquido da atividade agrícola. Como consequência da alta taxa de exportação de K pela soja, torna-se necessário que o agricultor dê atenção especial ao planejamento da adubação potássica. O fertilizante potássico, em especial, possui elevado custo e a agricultura brasileira é altamente dependente do mercado externo desse fertilizante, com uma dependência de importação acima de 95% do potássio consumido no Brasil. Segundo dados da Agência Nacional Para Difusão de Adubos (ANDA), países como Canadá, Rússia, Bielorrússia e Alemanha detêm pouco mais de 80% de toda a reserva mundial de K, enquanto o Brasil possui somente 3%.

A grandeza da exportação de K das lavouras de soja pode ser melhor dimensionada com base na produção da safra 2012/13, de 81,5 milhões de toneladas de grãos. Considerando-se uma exportação média de 20 kg de K₂O por tonelada de grãos chega-se ao fantástico número de 1,63 milhões de toneladas de K₂O ou o equivalente a 2,71 milhões de toneladas de cloreto de potássio (KCl) consumidos somente para atender a quantidade de K exportada pelos grãos das lavouras de soja.

A vulnerabilidade da agricultura brasileira em relação ao fertilizante potássico é extremamente elevada, já que o consumo interno representa 14% da produção mundial, enquanto a produção nacional supera pouco mais de 1% desse total, e resulta numa dependência crítica da importação de potássio pelo Brasil (ANDA, 2012).

Como a exportação da soja brasileira, equivalente grãos (grãos e farelo), será de aproximadamente 58 milhões de toneladas em 2013, o Brasil exportará, principalmente para a China, cerca de 1,16 milhões de toneladas de K₂O, quantidade muito superior

ao total aproximado de 424 mil toneladas de K₂O produzidas no Brasil em 2012, na mina de Taquari-Vassouras, em Sergipe (OLIVEIRA, 2012).

4. NECESSIDADE DE ADUBAÇÃO

A recomendação de adubação, visando atender às necessidades das plantas, fundamenta-se basicamente no tripé: a) conhecimento do potencial de extração pela planta ou pelas culturas que compõem o sistema de produção, b) fertilidade do solo e nutrição de plantas e c) potencial econômico de resposta à aplicação dos fertilizantes. No caso do K, principalmente nos Latossolos e Nitossolos de origem basáltica do Paraná, é frequente a ocorrência de teores de K trocável acima do nível crítico para a cultura da soja. Nestas condições, sob alta disponibilidade do nutriente e reduzido potencial de resposta à adubação, é recomendável apenas a reposição do nutriente que será exportado pelos grãos de soja, aplicando-se 20 kg ha⁻¹ de K₂O para cada tonelada de grãos, de acordo com a expectativa de produção. Nesses solos manejados corretamente, principalmente com a adoção do plantio direto e da rotação de culturas, a eficiência do fertilizante potássico é superior a 90% (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2009).

Apesar dos problemas climáticos que ocasionalmente ocorrem em algumas regiões, a produtividade média da cultura da soja vem aumentando, não só em função do potencial produtivo das novas cultivares, mas também das técnicas de manejo da cultura e da adubação, entre outras. Contudo, o aumento da produtividade também tem elevado a extração de nutrientes do solo e a frequência de ocorrência de áreas em processo de redução das reservas nutricionais devido ao maior volume de grãos produzidos e também à maior demanda nutricional para a produção de uma mesma quantidade de tecido vegetal, principalmente para algumas cultivares mais produtivas. Desse modo, caso a oferta de nutrientes pela adubação seja inferior à exportação de nutrientes pelos grãos, o balanço nutricional será negativo (exportação > adubação) e promoverá, gradativamente, o esgotamento das reservas de nutrientes do solo, comprometendo, assim, o potencial produtivo das culturas que compõem o sistema de produção.

É interessante observar que anualmente são lançados no mercado genótipos com maior potencial produtivo. A maior parte dessas cultivares apresenta tipo de crescimento indeterminado, característica que se traduz em uma série de vantagens agronômicas e de manejo, como: a) antecipação da época de semeadura e precocidade, permitindo o plantio de safrinha com altos rendimentos, e b) ampla faixa de adaptação e amplitude da época de semeadura numa mesma região, características que são mais restritivas nos genótipos determinados. Outras características importantes são c) maior índice de colheita e d) melhor arquitetura, permitindo maior população de plantas e porte ereto, o que facilita o manejo de insetos-pragas e de doenças. Contudo, esta mudança da demanda do mercado por genótipos com tipo de crescimento indeterminado exige ajustes ou mesmo novos paradigmas de manejo da fertilidade.

Não obstante as potencialidades das novas cultivares, o ganho real de produtividade avança a taxas muito menores do que a desses genótipos. Mesmo que se considere as adversidades climáticas e as novas pragas e doenças como fatores limitantes à produção, o fato é que o manejo da adubação tem sido cada vez mais simplificado, na falsa ilusão de que aplicar fertilizante no solo é sinônimo de adubação equilibrada.

A adubação potássica é uma das operações que apresenta maior flexibilidade de aplicação, tendo em vista o comportamento móvel do nutriente no solo e a importância dos mecanismos de

contato fon-raiz, principalmente a difusão, para a absorção do nutriente pelas plantas. Assim, é comum e pertinente a aplicação de fertilizante potássico a lanço em superfície, aumentando a operacionalidade da atividade agrícola e a eficiência da semeadura.

A despeito das recomendações de manejo adequado do solo, é crescente o número de agricultores que, também por questões operacionais, estão eliminando os terraços, mesmo em áreas com elevado declive e comprimento de rampa, com cobertura vegetal escassa e plantio direto inadequadamente conduzido, representado somente pela eliminação do preparo de solo. Assim, a aplicação a lanço de fertilizantes, mesmo o potássico, pode estar movimentando os nutrientes não somente verticalmente no perfil do solo, mas também horizontalmente, em razão de processos erosivos e do maior escoamento superficial da água, inclusive pela menor taxa de infiltração de água ocasionada pela compactação do solo, podendo, em algumas situações, alcançar diretamente mananciais e, juntamente com outros nutrientes, causar a eutrofização de rios e lagos.

5. SINTOMAS VISUAIS DA DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO

Devido à alta mobilidade do K e à sua redistribuição na planta (EPSTEIN e BLOOM, 2005), os sintomas de deficiência surgem inicialmente nas folhas mais velhas. Em condições de campo, sintomas visuais de deficiência de K iniciam-se com clorose seguida de necrose nas margens e pontas das folhas velhas (BERINGER e NOTHDURFT, 1985; BORKERT et al., 1994), além do aumento nos teores de putrescina (MALAVOLTA, 2006). Porém, quando a deficiência de K é mais severa, o aparecimento dos sintomas começa com mosqueado amarelado nas bordas dos folíolos das folhas da parte inferior da planta. Essas áreas cloróticas avançam para o centro dos folíolos iniciando, então, a necrose das áreas mais amareladas, nas bordas dos folíolos, com o aumento progressivo do sintoma. Com a evolução da deficiência, a necrose avança para o centro dos folíolos e, finalmente, as áreas necrosadas ficam quebradiças, deixando os folíolos com aspecto esfarrapado (Figura 1). Esta dinâmica da deficiência de K, mais frequente em condições de campo, basicamente descreve a evolução dos sintomas de deficiência de K em soja durante a fase de desenvolvimento vegetativo.

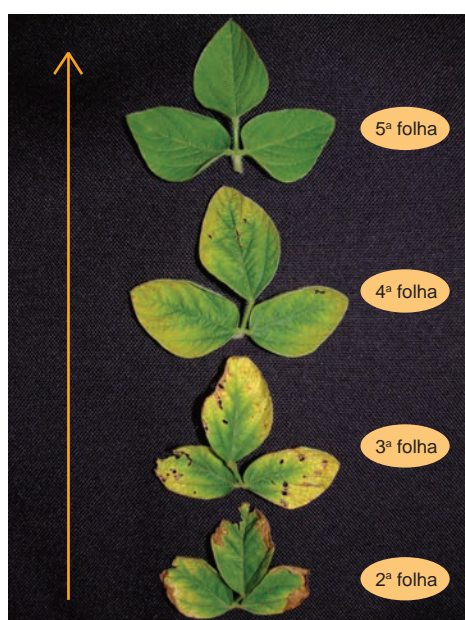


Figura 1. Dinâmica de aparecimento de deficiência potássio em soja durante a fase vegetativa (V₃).

Foto: Cesar de Castro.

Por outro lado, mais recentemente, tem sido muito frequente o aparecimento de deficiência de K nas folhas superiores das plantas de soja com tipo de crescimento indeterminado (TCI). Nas últimas safras, plantas de diversas lavouras foram encaminhadas à Embrapa Soja com o objetivo de diagnosticar as causas dos sintomas de clorose, em folhas novas, posicionadas em nós próximos às flores e vagens em formação, e queima de bordos foliares, no terço superior das plantas (Figura 2). Apesar da incredulidade dos técnicos ou agricultores, todas as amostras apresentavam teores de K nas folhas muito abaixo dos teores críticos para o nutriente.



Figura 2. Plantas de soja com sintomas de deficiência de K no terço superior.
Foto: Cesar de Castro.

Castro et al. (2011) relataram alguns casos de distúrbios nutricionais decorrentes do manejo inadequado da adubação na cultura da soja, principalmente em relação ao K. Esses autores observaram que nas últimas safras tem havido significativo aumento da ocorrência de plantas com sintomas de clorose e necrose nas folhas superiores de diversas cultivares de soja em lavouras comerciais, sobretudo em reboleiras. Análises químicas de solo e de tecido têm mostrado, sistematicamente, baixos teores de K nessas áreas com sintomas aparentes. Nas áreas contíguas, apesar da inexistência ou da menor intensidade dos sintomas, os teores de K apresentam-se também abaixo daqueles considerados adequados para sistemas de produção mais tecnificados.

Pela ocorrência de sintomas em reboleiras, muitos agricultores tendem a relacionar os problemas aos fatores causais bióticos, como doenças ou pragas de solo, ou abióticos, como compactação ou áreas sujeitas a encharcamento. No entanto, é natural a existência de variabilidade horizontal e vertical nos teores dos nutrientes no solo. A exploração agrícola, associada ao manejo correto da fertilidade do solo, torna as áreas de produção mais homogêneas. Contudo, a desuniformidade na aplicação dos fertilizantes tem intensificado a variabilidade da fertilidade do solo, principalmente quando as estratégias de manejo se baseiam no rendimento operacional em detrimento do critério técnico. Fica, portanto, a questão: Como avaliar a precisão da agricultura de precisão? Parafraseando Fernando Pessoa, “adubar é preciso”. Ou seja, o manejo sítio-específico, com

aplicação de fertilizantes em taxa variável, é uma excelente ferramenta para reduzir a variabilidade dos nutrientes no solo quando utilizado adequadamente, observando-se os princípios técnicos da geoestatística (grade amostral, dependência espacial).

Tomando-se como exemplo o K, caso o manejo da fertilidade do solo seja feito com adubações fixas, porém em doses inferiores às quantidades exportadas (balanço negativo), os sintomas de deficiência aparecerão primeiramente nas áreas com menor disponibilidade natural, o que explica a ocorrência dos sintomas em reboleira, progredindo para áreas maiores nas safras subsequentes, com agravamento do problema no decorrer dos anos se o produtor ou o técnico não corrigirem o problema.

Um bom exemplo do que foi discutido pode ser observado na Figura 3, registrado em área comercial na safra 2011/2012. Os sintomas de deficiência de K em reboleiras expressam a variabilidade horizontal da disponibilidade do nutriente, sendo mais acentuados nas folhas do terço superior da planta. Nesta lavoura, as plantas com sintomas de deficiência apresentavam $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K no tecido foliar, muito abaixo do nível crítico de suficiência, e o teor de K no solo era de $0,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, também muito abaixo do nível crítico. Nas áreas próximas às reboleiras observou-se um gradiente de redução da intensidade dos sintomas, encontrando-se até plantas sem sintomas visuais aparentes, com concentração foliar de 8 g kg^{-1} de K e teor de potássio no solo de $0,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Esta baixa disponibilidade de K no solo associada a teores nutricionais deficientes, sem a expressão dos sintomas típicos de deficiência, caracteriza a fome oculta, fenômeno evidenciado pela redução da taxa de desenvolvimento da planta e da produtividade, sem que o agricultor saiba qual é o principal fator limitante (BORKERT et al., 1994). Esta deficiência irá perdurar enquanto o agricultor utilizar quantidades sub-ótimas do nutriente.

Na Figura 4A observam-se em detalhes os sintomas clássicos da deficiência de potássio em plantas jovens (estádio V5) de lavoura cultivada em solo de origem basáltica. Nota-se uma redução gradual da severidade dos sintomas das folhas velhas inferiores para as folhas



Figura 3. Área de soja com sintomas de deficiência de K. Detalhe: ocorrência nas folhas do terço superior da planta e em reboleiras.

Foto: Ana Cláudia Barneche.

novas superiores em função da mobilidade do nutriente na planta. Contudo, na Figura 4B, também em área de lavoura de soja com tipo de crescimento indeterminado, na fase de enchimento de grãos (estádio R5), os sintomas ocorrem principalmente nas folhas superiores.

Ao observar as plantas de soja com tipo de crescimento indeterminado é possível perceber que, de modo geral, os sintomas são mais destacados nas folhas superiores, além de ocorrerem mais tardiamente (Figura 5). Em tais cultivares, mesmo após o florescimento, a gema terminal continua em atividade vegetativa simultaneamente à fase reprodutiva da planta e, principalmente na fase de enchimento de grãos, a planta apresenta, ao mesmo tempo, vagens em granação no terço médio da planta e vagens em formação, flores e folhas novas distribuídas nos ramos da planta e, principalmente, nos nós superiores (Figura 6).



Teor de potássio no solo: $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
Teor de potássio nas folhas: $3,9 \text{ g kg}^{-1}$



Teor de potássio no solo: $0,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
Teor de potássio nas folhas: $3,7 \text{ g kg}^{-1}$

Figura 4. Sintomas de deficiência de K em plantas de soja: (A) estágio de desenvolvimento vegetativo V₅; (B) estágio de desenvolvimento reprodutivo R₅.
Foto: Cesar de Castro.



Figura 5. Plantas de soja com sintomas de deficiência de K mais destacados nas folhas superiores.

Foto: Luiz Tadeu Jordão.



Figura 6. Planta de soja com flores e vagens no terço médio da planta e também com flores no último nó.

Foto: Fábio Alvares de Oliveira.

Nesta situação, aparentemente há um desequilíbrio na relação fonte/dreno, pois as folhas superiores comportam-se como drenos e, ao mesmo tempo, há flores e vagens em formação e acelerado enchimento dos grãos. Neste caso, a nutrição dos órgãos reprodutivos das plantas, que são os drenos principais, é priorizada, havendo transporte e acúmulo tanto do nutriente absorvido do solo quanto daquele remobilizado de estruturas já formadas. Assim, folhas novas em desenvolvimento nas partes jovens das plantas não são supridas adequadamente com potássio e, principalmente em solos com teores ligeiramente baixos de potássio, expressam mais facilmente os sintomas de deficiência de K. Plantas de algodoeiro também manifestam sintomas de deficiência de K em folhas novas próximas às maçãs, as quais funcionam como drenos de K (MALAVOLTA, 2006).

6. NUTRIÇÃO EQUILIBRADA: FOCO NO BALANÇO DE NUTRIENTES

Mais recentemente, tem sido incorporado ao manejo da fertilidade do solo o conceito de adubação do sistema. Dessa forma, a recomendação de adubação deixa de ser realizada por cultura isoladamente e passa a considerar o sistema de produção no qual a cultura está inserida, ajustando-se a adubação ao balanço de entradas e saídas de nutrientes no sistema. Com isso, evita-se o esgotamento do solo e a elevação desnecessária da fração disponível dos elementos no solo e aumenta-se a eficiência do uso dos nutrientes.

Na Tabela 2 é apresentada, como exemplo, uma simulação do balanço de P e K em um sistema soja/milho com produção de 3.600 kg ha⁻¹ de soja (60 sacas ha⁻¹) e de 6.000 kg ha⁻¹ de milho (100 sacas ha⁻¹) em dois manejos de adubação potássica: (A) adubação de P e K na soja e no milho safrinha e (B) adubação de P na soja e de P e K no milho safrinha. Analisando-se as quantidades de potássio que entraram no sistema pela adubação e as saídas do nutriente pelos grãos, observa-se um balanço ligeiramente positivo no Manejo A em função do saldo positivo da adubação do milho, ou seja, a exportação de nutrientes pelos grãos foi menor do que a quantidade aplicada no solo.

No manejo B, no entanto, que simula a ausência da adubação potássica da soja, situação que ocorre em algumas lavouras, o balanço é altamente negativo para o sistema de produção, sendo retirados do sistema 51 kg de K₂O, o que equivale à redução de 0,05 cmol_c dm⁻³ de K no solo. A redução efetiva da disponibilidade de K trocável, no entanto, é minimizada pelo poder tampão de potássio, que determina o equilíbrio do nutriente nas frações trocável e não trocável do solo. Ainda assim, mantendo-se este manejo deficitário, é fácil imaginar a queda contínua do teor de potássio no solo para níveis abaixo do crítico e as consequências sobre as plantas.

Com base no exemplo acima, depreende-se que, mesmo que o teor de K no solo seja adequado, se o agricultor não aplicar, como reposição, pelo menos a quantidade de potássio exportada pelos grãos, parte do K absorvido pelas plantas sairá das reservas existentes no solo. Assim, se este modelo de manejo de adubação for mantido, em poucas safras, dependendo do nível de fertilidade do solo, a área poderá apresentar reboleiras com sintomas de deficiência de K, que gradativamente se expandirão na lavoura, a exemplo do que foi ilustrado na Figura 3. Certamente, será muito mais oneroso reconstruir a fertilidade do solo do que mantê-la.

Para o fósforo, de modo geral, os teores aplicados pelos agricultores são maiores do que as quantidades exportadas, ocasionando, conseqüentemente, um balanço positivo no sistema. A propósito, este é um dos motivos porque, atualmente, os teores de fósforo são altos na camada superior dos solos, até os primeiros 5 a 8 cm de profundidade, além da saturação dos sítios de troca e da forma de aplicação, sobretudo em área sob plantio direto.

O que se conclui dos fatos é que não é possível acompanhar a evolução do balanço de nutrientes e, principalmente, o equilíbrio nutricional de um sistema de produção sem o monitoramento da fertilidade do solo para avaliar, no tempo e no espaço, a variação da disponibilidade dos nutrientes. Especificamente para o K, estudos conduzidos desde a década de 80 na Embrapa Soja, em Latossolo Vermelho distroférico, mostram que a disponibilidade do elemento decresce, em média, 0,02 cmol_c dm⁻³ ano⁻¹ em áreas sem aplicação de K. No entanto, atualmente, com a maior produtividade das culturas, o esgotamento de K tem sido mais acelerado e a taxa de declínio é maior.

Tabela 2. Simulação do balanço¹ de fósforo e de potássio para a sucessão soja/milho safrinha no estado do Paraná.

Cultura	Formulação	Dose	Entradas		Produtividade	Saídas		Balanço		
			P ₂ O ₅	K ₂ O		P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Manejo A										
----- (kg/ha ⁻¹) -----										
Soja	00-20-20	300	60	60	3.600	-36	-72	+24	-12	
Milho	08-18-18	250	45	45	6.000	-36	-24	+9	+21	
								+33	+11	
Manejo B										
----- (kg/ha ⁻¹) -----										
Soja	00-20-00	250	50	0	3.600	-36	-72	+14	-72	
Milho	08-18-18	250	45	45	6.000	-36	-24	+9	+21	
								+23	-51	

¹ Não foram consideradas no balanço as possíveis perdas de nutriente no solo. Em áreas bem manejadas, a eficiência de aproveitamento de K no solo é próxima de 100%.

Em geral, tem-se observado nas lavouras que apresentam sintomas de desequilíbrio nutricional que a quantidade de potássio na adubação é menor do que a quantidade exportada pelos grãos, ou, em situações mais graves, que o K não tem sido contemplado na formulação de fertilizantes, por se considerar o solo de alta fertilidade.

Menos evidente é o que ocorre em solos com teores sub-ótimos do nutriente, resultando em plantas mal nutridas e com baixa produtividade. O agricultor não percebe que a remoção de K do solo pelas plantas desloca o equilíbrio da concentração do nutriente em solução e da fração trocável do solo, com conseqüente depleção de formas não-trocáveis de K, esgotando gradualmente as reservas do elemento no solo. Nessa situação, a adubação necessária para a recuperação do K disponível no solo excede substancialmente as quantidades necessárias para a manutenção pois é necessária a recomposição das frações exauridas para o restabelecimento do equilíbrio do solo.

A contribuição da fração não-trocável de K para as culturas é ilustrada na Figura 7. Observa-se que, em condição de disponibilidade muito baixa de K (0,1 cmol_c dm⁻³), as cultivares de soja avaliadas produziram acima de 3.000 kg ha⁻¹ de grãos quando ainda existia uma reserva de K não-trocável no solo, a qual não é detectada pelo método de avaliação do teor disponível, no caso o Mehlich-1. À medida que essa reserva foi sendo exaurida, a produtividade da soja diminuiu e não excedeu a 2.200 kg ha⁻¹. Entretanto, produtividades acima de 3.600 kg ha⁻¹ só ocorreram quando o teor de K disponível estava acima do nível crítico, condição em que ocorre a contribuição do K trocável na nutrição da soja.

Nesse sentido, esta reserva de K não-trocável deverá ser considerada como uma espécie de poupança para ser utilizada nos momentos de maior necessidade, como, por exemplo, quando há aumento exacerbado no custo do fertilizante potássico associado à baixa remuneração da cultura (maior relação de troca fertilizante-produto).

Apesar de aqui serem tratados basicamente alguns aspectos do manejo do K, vale lembrar que nem sempre a avaliação de um único nutriente é suficiente para a estimativa da fertilidade do solo. É fundamental a avaliação das relações entre os mesmos, em função das diferentes interações entre os elementos. Assim, por exemplo, a relação entre K, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) tem sido tomada como parâmetro para se analisar as respostas das culturas à adubação potássica.

É importante que a análise de solo, complementada pela análise foliar e interpretada por meio de tabelas de faixas de suficiência ou mesmo pelo DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação), seja utilizada para a elaboração de diagnósticos e recomendação do manejo da cultura da soja.

7. IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE SOLO E DE TECIDO

Entre as causas do aumento da ocorrência de desequilíbrios nutricionais nos campos de soja, merece destaque o fato de as análises de solo não serem feitas com regularidade e com representatividade, além de não serem adequadamente utilizadas como ferramenta de interpretação da disponibilidade de nutrientes no solo e/ou da necessidade de adubação. Assim, não tem sido possível conhecer a dinâmica e também o histórico da disponibilidade dos nutrientes nessas áreas.

As análises de solo e foliar, que deveriam ser práticas rotineiras, permitiriam que a deficiência fosse diagnosticada antecipadamente e possibilitaria a tomada de decisão com base em critérios técnicos. Logo, o lucro perdido com a redução do potencial produtivo das áreas visualmente deficientes, bem como das áreas com fome oculta, cobriria em muito o investimento na análise foliar.

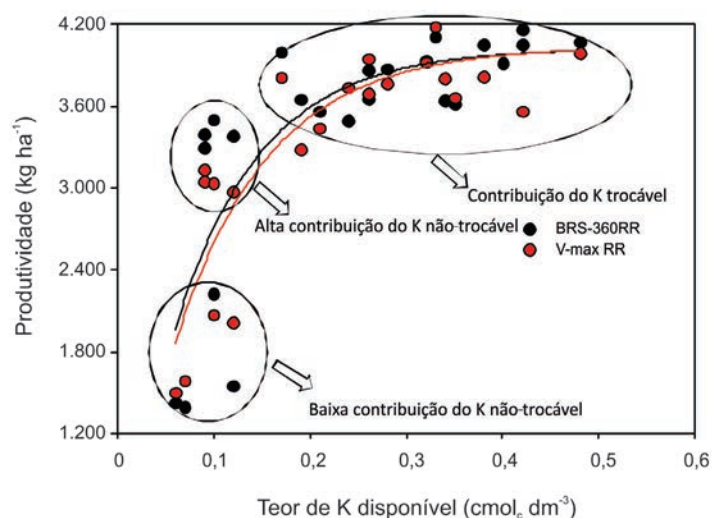


Figura 7. Produtividade de duas cultivares de soja em resposta aos teores disponíveis de K no solo. Embrapa Soja, Londrina, PR. Safra 2012/2013.

Considerando que os níveis críticos de K no solo estão bem estabelecidos para a interpretação dos teores dos nutrientes no solo e para a recomendação das doses a serem aplicadas, não existe, aparentemente, motivos para os desvios no modelo de adubação.

Somando-se a este fato, com o aumento dos patamares de produtividade da soja e conseqüente aumento da demanda de potássio pelas plantas, não estão sendo feitos ajustes nas doses de K de acordo com o potencial de produtividade esperado ou mesmo obtido, pela lógica da adubação de sistemas.

No Brasil, existem diferentes tabelas de interpretação de análise de solo e de recomendação de calagem e adubação para a cultura da soja. Essas tabelas são fruto de pesquisas a campo, as quais, em alguns Estados, como Rio Grande do Sul e São Paulo, tiveram início há mais de 65 anos. As diferenças encontradas entre as várias tabelas são decorrentes dos diferentes tipos de solo, condições climáticas, cultivares utilizadas, métodos de extração e procedimentos de laboratório, bem como dos diferentes trabalhos de calibração efetuados para a cultura da soja. Para a análise foliar, os parâmetros também estão bem estabelecidos.

Assim, a análise de solo, complementada pela análise foliar, devem ser os principais parâmetros para o manejo dos nutrientes.

8. O DESCUIDO COM A ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Nas últimas safras, tem sido maior a frequência de consultas por profissionais da assistência técnica e por agricultores para avaliação, diagnóstico e orientação técnica na solução de problemas que estão ocorrendo na cultura da soja. Dentre os diversos problemas encaminhados à Central de Diagnóstico na Embrapa Soja, aqueles relacionados aos desequilíbrios nutricionais têm sido rotineiros, em especial os diagnósticos relacionados à deficiência de potássio. Grande parte das consultas diz respeito a lavouras estabelecidas em solos originariamente ricos em potássio, evidenciando, com isso, o mal manejo do solo como causa desses desequilíbrios.

Na Tabela 3 são apresentados, como exemplos, resultados da análise dos solos, de diferentes lavouras e regiões, que foram enviados à Embrapa na safra 2010/2011. Observa-se que, dentre os casos generalizados de desequilíbrios nutricionais, o do potássio é o que mais se destaca.

As amostras 7 e 8 (0 a 20 cm de profundidade) e as amostras 9 e 10 (0 a 10 cm de profundidade) representam áreas da mesma lavoura, com e sem problemas visíveis de deficiência. É possível

diferenciar duas situações de campo bastante contrastantes: enquanto na amostra 7 as plantas apresentam sintomas claros de deficiência de K, com 3,9 g kg⁻¹ de K nas folhas e 0,03 cmol_c dm⁻³ no solo, na amostra 8 do mesmo talhão (contíguo à área deficiente) o teor de K é normal, com 11,8 g kg⁻¹ nas folhas e 0,14 cmol_c dm⁻³ no solo. O que se infere dessas duas análises é que na área aparentemente sem problema (amostra 8), o teor de K no solo também estava baixo sem, contudo, apresentar os sintomas mais destacados da desordem nutricional, caracterizando um bom exemplo de fome oculta.

As amostras 9 e 10, também coletadas, respectivamente, em áreas com e sem problema visível de deficiência dentro do mesmo talhão, mostram que o teor de K também estava baixo (0,08 cmol_c dm⁻³) na amostra 9, enquanto na área ao lado (amostra 10), sem sintomas, o teor estava adequado para o sistema de produção da região (0,30 cmol_c dm⁻³ de K).

O que se deduz, por meio da observação desses resultados de análise de solo, é que não tem havido preocupação, por parte dos agricultores, em relação ao monitoramento da fertilidade do solo. Independente disso, o fato é que, em muitas lavouras com sintomas de desequilíbrios nutricionais, o suprimento de K por meio da adubação tem sido deficiente e, portanto, estão sendo fornecidas à cultura quantidades de K abaixo da quantidade exportada pelos grãos.

Além dos evidentes problemas de distribuição de adubos e desequilíbrios nutricionais, deve-se lembrar que nem sempre a análise de um único nutriente é suficiente para a avaliação da fertilidade do solo. É também fundamental a avaliação das relações entre os mesmos, em função das diferentes interações entre os elementos. Outros nutrientes, como o enxofre, por exemplo, também estão com teores bastante alterados, possivelmente em função do manejo da adubação adotado pelo agricultor.

Outra questão que se destaca ao analisar as amostras 7-8 e 9-10 refere-se à possível distribuição desuniforme do calcário e de outros produtos, inferida pela observação dos teores de cálcio, magnésio, enxofre e da saturação por bases (V%).

De modo geral, nas análises apresentadas na Tabela 3, além dos problemas relacionados ao K, observam-se problemas com outros nutrientes, mostrando sérias falhas operacionais na distribuição de corretivos e/ou fertilizantes e indicando falta de acompanhamento da fertilidade do solo pelo agricultor.

Tabela 3. Análise de solo de diferentes lavouras de soja que apresentaram sintomas de desequilíbrio nutricional.

Amostras	pH _{CaCl₂}	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	V	C	P	S
		----- (cmol _c dm ⁻³) -----							(%)	(g dm ⁻³)	-- (mg dm ⁻³) --	
1	5,84	0,17	3,55	7,85	3,02	0,09	10,96	14,51	75,53	19,1	26,8	16,6
2	5,86	0,17	3,69	8,33	3,19	0,07	11,59	15,28	75,88	18,0	18,9	14,8
3	6,99	0,05	1,63	6,41	2,65	0,09	9,15	10,78	84,92	18,8	16,7	85,5
4	6,25	0,15	2,70	5,15	2,36	0,15	7,66	10,35	73,96	12,2	103,6	14,7
5	5,33	0,22	4,64	4,05	1,86	0,06	5,97	10,61	56,26	14,9	7,9	20,8
6	4,08	1,97	10,69	0,94	0,92	0,14	2,00	12,69	15,79	28,1	1,4	17,5
7	5,22	0,14	2,99	1,51	1,12	0,03	2,66	5,65	47,07	10,6	11,0	4,4
8	5,59	0,14	2,58	4,01	1,68	0,14	5,83	8,41	69,33	10,1	17,2	6,9
9	5,84	0,13	2,45	4,98	1,35	0,08	6,41	8,86	72,35	15,8	14,9	48,1
10	6,49	0,00	2,82	3,60	1,20	0,30	5,10	7,92	64,38	18,7	7,7	20,2

Na Tabela 4 são apresentados exemplos de análises de folhas de áreas de lavoura com sintomas visuais de deficiência de K. Nota-se que a concentração de K nas amostras com sintomas é muito inferior à verificada nas folhas sem sintomas, embora nestas, também, a concentração de K esteja abaixo da adequada.

É interessante observar que nesta área, onde os sintomas estavam progredindo ao longo dos cultivos sucessivos, o agricultor não suspeitava que houvesse deficiência nutricional, não só pelo padrão visível de distribuição dos sintomas e pela posição dos mesmos nas plantas, mas também por acreditar que o solo apresentava fertilidade suficiente e que o manejo da adubação que adotava em sua fazenda estava correto.

Conclui-se, portanto, que a ausência de sintomas visuais na cultura não é parâmetro seguro para se medir a fertilidade e pode conduzir a erros de diagnose. A deficiência nutricional pode ser acertadamente comprovada utilizando-se a análise foliar. Nesta, o resultado é interpretado por comparação com uma tabela de níveis de referência ou também por meio do índice DRIS, disponibilizado gratuitamente pela Embrapa Soja (www.cnpso.embrapa.br/dris).

9. POTÁSSIO E QUALIDADE DA PRODUÇÃO

Além das questões relacionadas ao ciclo da cultura e à redução da produtividade, as plantas com deficiência de potássio produzem grãos pequenos, enrugados e deformados e a maturidade da soja é atrasada, podendo causar também haste verde, retenção foliar e vagens chochas, bastante comuns em áreas de lavouras (BORKERT et al., 1989). Com o atraso na maturação, as plantas ficam mais tempo no campo e, desta forma, mais expostas à incidência do ataque de percevejos, aumentando o dano às sementes e intensificando o problema da haste verde (BORKERT et al., 1987) e, ultimamente, da ferrugem asiática nas cultivares que apresentam ciclo mais tardio.

As avaliações do manejo de K em áreas experimentais conduzidas desde a década de 1980 na Embrapa Soja confirmam o efeito negativo da baixa disponibilidade de K no solo na qualidade das sementes e no peso de 100 sementes (Figura 8).

Plantas cultivadas em solos com baixa disponibilidade de K e em condições de estresse abiótico, como seca, salinidade e altas temperaturas, são mais suscetíveis a severas reduções na taxa fotossintética, podendo ainda, em nível celular, acumular sódio, causando estresse oxidativo celular durante os processos da fotossíntese (CAKMAK, 2005).

A maior resistência da soja ao ataque de pragas e doenças também está relacionada ao manejo adequado da adubação potássica. Estudos clássicos de nutrição mineral de plantas (KIRALY, 1976; PERRENOUD, 1977; SUGIMOTO et al., 2009), mostram que o suprimento adequado de K às plantas confere maior resistência às doenças. Contudo, mais importante que o fornecimento de K



Figura 8. Grãos de soja colhidos em áreas experimentais com problemas (A) e sem problemas (B) de deficiência de potássio.

Foto: Cesar de Castro.

às plantas, é o equilíbrio entre os nutrientes N e K, uma vez que a baixa relação K/N faz com que compostos solúveis de baixo peso molecular, como aminoácidos e açúcares, os quais são substratos nutricionais de pragas e doenças, sejam convertidos em compostos de alto peso molecular, como proteínas, amido e celulose, aumentando a resistência da planta ao ataque de pragas e doenças (HOMHELD, 2005; MARSCHNER, 1995).

França Neto et al. (1985) citam o efeito do K sobre a qualidade da semente de soja, com melhorias na germinação, emergência em areia, teste de tetrazólio, reduzindo o envelhecimento precoce e com efeitos também sobre o peso de 100 sementes. Em continuidade àquele trabalho, França Neto et al. (1991) concluíram que as qualidades fisiológicas, físicas e sanitárias das sementes foram significativamente superiores nos tratamentos com doses adequadas de potássio, ao redor de 80 kg ha⁻¹ de K₂O. No mesmo trabalho, foi observada a maior incidência de danos por percevejo, deterioração por umidade e *Phomopsis* spp, nas sementes provenientes dos tratamentos com as menores doses de K.

Atualmente, o ataque de percevejos em lavouras de soja tem sido uma das grandes preocupações dos agricultores, não só pelos danos inerentes ao ataque do inseto, como pelo pequeno número de produtos ou estratégias viáveis para a melhor convivência com a praga. Borkert et al. (1987) e Borkert et al. (1989) relataram a melhoria da qualidade da semente produzida e o menor dano de ataque de percevejos à semente pela adubação potássica, em solo com baixa disponibilidade no elemento.

Balardin et al. (2006) concluíram que plantas supridas adequadamente com P e K sofreram menos danos ao ataque da ferrugem da soja. Além disso, em função da má distribuição do fertilizante potássico, é possível verificar diferenças na severidade do ataque deste fungo na cultura (ZANCANARO, 2004).

Tabela 4. Análise química de macro e micronutrientes de amostras de folhas de lavouras de soja com sintomas de deficiência de potássio.

Amostras de folhas ¹	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Fe	Cu	B
	(g kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)				
Sem sintoma	57	3,2	11,7	13,2	5,1	3,2	69	185	178	28,9	49
Com sintoma (clorose)	56	3,2	4,9	16,2	8,7	2,9	66	157	402	14,5	53
Com sintoma (clorose/necrose)	54	4,3	3,0	14,6	8,1	3,5	72	168	628	18,4	70

¹ Alguns exemplos de amostras de folhas de plantas encaminhadas à Embrapa Soja, safra 2011/2012.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O agronegócio é uma das atividades econômicas com maior impacto na sociedade brasileira, não só pelo dinamismo e importância na balança comercial, como também pelas questões relacionadas à segurança alimentar e à independência tecnológica.

Contudo, a fragilidade da produção interna de fertilizantes, em especial de potássio, impõe ao Brasil uma forte dependência ao reduzido grupo de países produtores, uma ameaça não só à segurança alimentar como também à segurança econômica do país. Portanto, deve ser estratégica e urgente a implementação de ações exploratórias e produtivas, incentivadas pelo poder público, para a superação desta condição.

Mesmo sendo um setor de destaque, busca-se avidamente por novas tecnologias, inovações, inclusive sem comprovação científica. Entretanto, ainda convivemos com problemas de manejo relativamente simples, por falha na aplicação de estratégias consolidadas de avaliação e manejo da fertilidade do solo. Os resultados apresentam-se como desequilíbrios nutricionais em diferentes lavouras, tipos de solo e condições de cultivo, com danos ao metabolismo das plantas e perda do potencial produtivo, não só da soja, como de outras culturas que compõem os sistemas de produção.

Todos os dias recebemos notícias auspiciosas sobre progressos em diferentes setores, como na medicina. Porém, grande parte desses avanços só serão efetivamente aplicados nas próximas gerações ou, talvez, nunca serão implementados, porque novas tecnologias estão sendo apresentadas. No setor agrícola tem ocorrido o mesmo fenômeno. No entanto, mesmo estando ávidos por novas tecnologias, não se pode esquecer dos princípios básicos da química do solo e da nutrição de plantas. Tecnologias simples, como a análise de uma amostra representativa de solo da área cultivada, complementada pela análise foliar, podem promover grande sustentação para a tomada de decisão e o manejo adequado dos nutrientes, reduzindo custos com fertilizantes, aumentando a produtividade e garantindo sustentabilidade ambiental e econômica na atividade agrícola.

Será gratificante se, num futuro próximo, forem adotados procedimentos técnicos para a elaboração de diagnósticos e recomendação de manejo de fertilizantes fundamentados em princípios técnicos, como por exemplo, a análise de solo e de tecidos, principalmente para o sistema de produção de grãos, onde se insere a cultura da soja. Esta tem se tornado protagonista nos sistemas de produção, principalmente com os novos genótipos, cada vez mais eficientes e produtivos, mas que demandam não só novos modelos de produção, mas também modelos de manejo da fertilidade que ofereçam sustentabilidade agrônoma e ambiental ao sistema de produção agrícola.

REFERÊNCIAS

ANDA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2011**. São Paulo: ANDA, 2012.

BALARDIN, S. R.; DALLAGNOL, J.; DIDONÉ, T. H.; NAVARINI, L. influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n.5, p. 462-467, 2006.

BERINGER, H.; NOTHDURFT, F. Effects of potassium on plant and cellular structures. In: MUNSON, R. D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1985. p. 35-67.

BORKERT, C. M.; FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. Potassium fertilization reduces seed infection by *Phomopsis* sp. and improves seed quality. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., Buenos Aires, 1989. **Proceedings...** Buenos Aires: Asociación Argentina de la Soja, 1989. p. 2265-2275.

BORKERT, C. M.; COSTA, N. P. da; FRANÇANETO, J. de B.; SFREDO, G. J.; HENNING, A. A. Potassium fertilization reduces disease and insect damage in soybeans. **Better Crops International**, Atlanta, v. 3, n. 2, p. 3-5, 1987.

BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agrônomicas**, n. 66, 1994. 16 p. (Arquivo do Agrônomo, 5).

CASTRO, C.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; OLIVEIRA, F. A.; MOREIRA, A.; JORDÃO, L. T. Adubação da soja: o caso do potássio. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 32., São Pedro, 2011. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2011. p. 307-309.

CAKMAK, I. Protection of plants from detrimental effects of environmental stress factors. In: **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 239-260.

EMBRAPA SOJA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina, 2011. 261 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 15).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Sunderland: Sinauer, 2005. 400 p.

FRANÇANETO, J. de B.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P.; SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. Efeito do potássio sobre a qualidade de semente de soja. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 1, n. 4, p. 44, 1991.

FRANÇANETO, J. de B.; COSTA, N. P. da.; 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 semente de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 4., 1985, Brasília. **Resumos dos trabalhos técnicos...** Brasília: Abrates, 1985. p. 62.

HOMHELD, V. Efeitos do potássio nos processos da rizosfera e na resistência das plantas às doenças. In: **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 301-319.

KIRALY, Z. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients and fertilizers. In: FERTILIZER USE AND PLANT HEALTH COLLOQUIUM, 12., Atlanta, 1976. **Proceedings...** Atlanta: International Potash Institute, 1976. p. 33-46.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agrônoma Ceres, 2006. 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

OLIVEIRA, L. A. M. de. Potássio. In: DPNM. **Sumário mineral**. 2012. 2 p. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7403>. Acesso em 5 set. 2013.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2010. v. 3, p. 411-467.

PERRENOUD, S. **Potassium and plant health**. Berna: International Potash Institute, 1977. 118 p. (Research Topics, 3).

SUGIMOTO, T.; WATANABE, K.; FURIKI, M.; WALKER, D. R.; YOSHIDA, S.; AINO, M.; KANTO, T.; IRIE, K. The effect of potassium nitrate on the reduction of Phytophthora stem rot disease of soybeans, the growth rate and zoospore release of *Phytophthora sojae*. **Journal of Phytopathology**, v. 157, p. 379-389, 2009.

ZANCANARO, L. Nutrição e adubação. In: FUNDAÇÃO MT. **Boletim técnico de soja 2004**. Rondonópolis, 2004. p. 178-216. (Fundação MT. Boletim, 8).