



APOIO AO USO BALANCEADO DE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA

10 anos de parceria IPI e Embrapa

9 e 10 de Outubro em Piracicaba – SP

RESUMOS EXPANDIDOS

RESUMOS DAS APRESENTAÇÕES

Comissão Organizadora:

Toni Andreas Wiendl (IPI)

Fernanda Latanze Mendes (GAPE)

Ronaldo Pereira de Oliveira (Embrapa)



RESUMOS DE PALESTRAS

Potássio no Brasil e no Mundo <i>Toni A. Wiendl</i>	6
Últimos avanços da adubação potássica no Brasil <i>Godofredo C. Vitti</i>	9
Estatísticas de consumo de potássio pelas culturas no Brasil <i>José F. Cunha</i>	10
O papel do MAPA perante os fertilizantes – alteração da legislação e registro de materiais novos (a apresentação será disponibilizada no site do evento: www.gape-esalq.com.br/simposios/potassio) <i>Fernando J. P. Carvalho</i>	
Best management practices for crop nutrition in the North American corn belt <i>Fabian G. Fernandez</i>	12
Perspectivas para agricultura Brasileira <i>Francisco Cleber S. Vieira</i>	14
A importância fisiológica e a dinâmica do K nas plantas <i>Paulo R. Camargo e Castro, Valdinei M. Santos</i>	16
Interação N e K na nutrição de plantas <i>Cássio H. Abreu Jr., Antonio E. Boaretto, José Lavres Jr., Lionel Jordan-Meille, Jean-Paul Laclau</i>	18
Long term site specific inputs for high productivity <i>João M. Serrano, José M. Silva, Shakib Shahidian</i>	20
A importância do potássio e seu uso no México <i>Marco A. Bustamante Garcia</i>	22
Use of potash in agricultural systems of Latin America <i>Ricardo Melgar</i>	24
Fertilización potásica en Uruguay <i>José M. Bordoli, Mónica Barbazán</i>	26
Dinâmica do potássio em solos sob plantio direto <i>João Kaminski</i>	28
Adubação potássica em solos sob SPD <i>Carlos A. C. Crusciol</i>	30
Como criar novos patamares de produtividade na cultura da soja <i>Orlando Martins</i>	32
Porque não alcançamos produtividades maiores no Brasil? <i>Luís I. Prochnow</i>	33
Adubação potássica no cafeeiro <i>José L. Favarin, Tiago Tezotto, Pedro Paulo de Carvalho Teixeira</i>	35
Manejo da adubação potássica na soja <i>Leandro Zancanaro</i>	37
Adubação potássica na cana de açúcar <i>Raffaella Rossetto</i>	39
Adubação potássica na cultura do milho <i>Gabriel Barth,</i>	41
Efeito da cobertura de inverno com braquiária sobre a produtividade e eficiência do uso de potássio pela soja no sudoeste goiano <i>Vinicius M. Benites, Jeander O. Caetano, Wander C. Ferreira Filho, Carlos César E. Menezes</i>	43
Adubação potássica em solos arenosos <i>José C. Polidoro, Paulo César Teixeira</i>	45
Potássio em solos sob pastagem intensiva <i>Alberto C. de Campos Bernardi</i>	47
Correlações espaciais no mapeamento do balanço de potássio <i>Ronaldo P de Oliveira, Rachel Bardy</i>	49
Relações entre K, pragas e doenças <i>Maria da Conceição S. Carvalho</i>	

RESUMOS EXPANDIDOS

Adubação potássica da alfafa <i>Alberto C. de Campos Bernardi</i>	51
Software ADUBAPASTO 1.0 para recomendação de adubação balanceada em sistemas de pastejo intensivo <i>Patrícia Peronti Anchão Oliveira, Roselito Fávero da Silva, Robson Rodrigues Santiago, Edilson da Silva Guimarães, Alberto C. de Campos Bernardi</i>	53
Adubação nitrogenada e potássica na cultura do milho em sistema Plantio Direto <i>Allison José Fornari, Eduardo Fávero Caires, Ângelo Rafael Bini</i>	55
Fonte alternativa de K obtida da rocha silicática potássica (verdete) na cultura de milheto <i>Lucia P. Firme, Juliana A. Braga, Eduardo S. Spolidorio, Antonio E. Boaretto</i>	57
Lixiviação de K proveniente do extrato da casca de cacau em colunas de solo <i>João Marcos Crispim de Cerqueira; George Andrade Sodré; Daniel Ornelas Ribeiro</i>	59
Influência da relação N:K na produtividade do milho <i>Juliana Tamie Suyama; Gabriel Barth</i>	61
Measuring P and K fertility after subsurface band applications with RTK <i>Fábian G. Fernandez</i>	63
Produtividade da soja e sua eficiência no uso de potássio em sucessão a milho cultivado solteiro e consorciado com braquiária <i>Wander Cruvinel Ferreira Filho; Jeander Oliveira Caetano; Vinicius de Melo Benites; Getúlio Sousa Guimarães; Carlos César Evangelista de Menezes; Júlio César da Silva</i>	65
Massa de forragem anual de capim-marandu (<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu) sob calagem e doses e fontes de potássio. <i>Jéssica Daniella Coldebello; Valdo Rodrigues Herling; Cesar Oliveira Rocha; Gabriela Strozzi; João Marcelo D. Sanchez; Vanessa Cristina Piotto; Celso E. Bonafé Perez; Jessica AngelaBet; César G. Lima; Minoru Yasuda</i>	67

O INSTITUTO INTERNACIONAL DO POTÁSSIO - IPI

O Instituto Internacional do Potássio (IPI) foi fundado em 1952 por produtores de potássio Alemães e Franceses depois de quase 100 anos da descoberta e extração da primeira mina de potássio no Mundo. O objetivo do instituto era “promover a aplicação de métodos científicos e prático para o melhoramento do solo, em geral, e da utilização de fertilizantes, especialmente de cloreto de potássio”. Sua sede era localizada em Berna na Suíça e após de alguns meses estabeleceu-se um Conselho científico com cientistas de 16 países europeus para fornecer a orientação científica necessária ao Instituto.

Atualmente o IPI é uma organização não governamental com sua sede em Horgen, Suíça e é financiado por produtores Europeus, Asiáticos e do Oriente Médio.

O IPI desenvolve a maior parte do seu trabalho através de uma rede de coordenadores os quais trabalham em estreita parceria com pesquisadores, entidades governamentais e agentes de extensão na América Latina, África Sub Saariana, Europa Central, Oeste Asiático, África do Norte, Sul da Ásia, Sudeste Asiático e Leste Asiático.

As missões do IPI são:

- Desenvolver e promover a adubação balanceada para aumento da produtividade e alimentos mais nutritivos e assegurar a sustentabilidade da produção através da conservação da fertilidade do solo para futuras gerações.

- Contribuir para manutenção da fertilidade do solo e a produção de alimentos nutritivos através a realização de pesquisas aplicadas e relacionadas a programas educacionais.

- Difundir e transferir o conhecimento disponível sobre os efeitos do potássio (K) no solo e seu impacto sobre a produção, qualidade e tolerância a estresse em plantas.

- Coletar, analisar e compartilhar os resultados e informações sobre os efeitos da adubação equilibrada para otimizar a nutrição de plantas

A EMBRAPA SOLOS

Em 1975, o Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS) era instituído como parte integrante da arquitetura organizacional estabelecida com a fundação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, herdando da antiga rede de pesquisa do Ministério da Agricultura o então Departamento de Pesquisas Pedológicas (DPP). Mediante reestruturações mais recentes, esta unidade de pesquisa da Embrapa passou a designar-se Centro Nacional de Pesquisa de Solos, ou usualmente Embrapa Solos, tendo sua missão ampliada em novas áreas de pesquisa. Em seu histórico de existência gerou informações sobre metodologias que permitiram a execução de levantamentos de solo sistemáticos, em diversos níveis, assim como em projetos específicos.

Instalada no complexo arquitetônico do Jardim Botânico, no Rio de Janeiro, a Embrapa Solos dispõe atualmente de modernos laboratórios de solos e plantas, de geomática e de informação, além de uma biblioteca especializada nas áreas de Ciência do Solo e Meio Ambiente. Adicionalmente dispõe de uma Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento, localizada em Recife, PE; a qual atende às demandas regionais de levantamentos, zoneamentos e planejamentos municipais inseridos no Semiárido. Sempre que necessário, a Embrapa Solos busca ampliar o acesso à infraestrutura de outras unidades do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária em todo o território nacional, sendo mantidas com instituições federais e estaduais diversas formas de interação técnico-científica.

Sua missão é viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação em solos e sua interação com o ambiente, para a sustentabilidade da agricultura tropical. Desta forma, a Embrapa Solos é responsável por soluções para o desenvolvimento sustentável do agronegócio brasileiro com base no estudo e no uso racional do patrimônio solo e suas interações com o meio ambiente. Visando ser uma instituição de referência internacional em solos tropicais, coordena e executa, em todo o território nacional, ações no sentido de prognosticar e promover medidas preventivas de riscos ambientais em decorrência do uso inadequado dos recursos solo e água. Essas ações são centradas na visão integrada do solo como patrimônio das gerações presentes e futuras, priorizando o planejamento de uso sustentável das terras, fornecendo subsídios para tomada de decisões e contribuindo para o avanço do conhecimento técnico-científico na área de Ciência do Solo. Contexto onde os valores comuns são:

- Excelência em pesquisa e gestão;
- Responsabilidade socioambiental;
- Ética;
- Respeito à diversidade e à pluralidade;
- Comprometimento; e
- Cooperação.

O POTÁSSIO NO BRASIL E NO MUNDO

Toni Wiendl

Engenheiro Agrônomo, Dr. Coordenador para América Latina do Instituto Internacional do Potássio (International Potash Institute - IPI), Rua General Furtado do Nascimento, 740 cj. 60, CEP 05465070, São Paulo, Brasil toni.wiendl@ipipotash.org

POTÁSSIO: FORMAS UTILIZADAS NOS FERTILIZANTES

O potássio é o sétimo elemento mais abundante na crosta terrestre (Kafkafi et. al., 2001). Não há nenhum substituto natural ou artificial para o potássio.

Mais de 95% do potássio consumido no Mundo é destinado a fertilizantes. Outros usos dos compostos de potássio estão ligados às indústrias de detergentes, cerâmicas, produtos químicos e farmacêuticos (Greenwell, 1999).

Aproximadamente 95% de todo potássio consumido no Mundo é destinado a agricultura, mas nem todo este potássio está prontamente disponível para as plantas pois a maior parte dele está presente nos solos em baixas concentrações e, na composição de minerais insolúveis o que o torna indisponível para absorção pelas plantas. Cochrane et al., 1985 estimou que 58% dos solos da América Tropical tem baixa disponibilidade de potássio, $< 1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Portanto, para que as plantas possam utilizar o potássio é necessário que ele esteja disponível e, além disso, é necessário que toda a cadeia produtiva de obtenção, transporte e aplicação seja economicamente viável.

Os minérios com alta concentração de K e, com extração economicamente viável em larga escala são a Silvita (KCl), Silvinita (KCl+NaCl), Carnalita (Composto de K, Mg e Cl), Kainita (contem Mg, K e S), Langbeinita (contendo também Mg, K e S), Polyhalita (contém K, Ca, Mg e S), Schoenita (K, S e Mg). É portanto a partir destes minerais que obtêm-se os principais fertilizantes potássicos que são o cloreto de potássio (KCl), o Sulfato de potássio (K_2SO_4), o Nitrato de potássio (KNO_3) e o Sulfato duplo de potássio e magnésio ($\text{K}_2\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_3$).

Vale ainda salientar que estudos direcionados à obtenção e processamento de minérios com relativa baixa concentração e solubilidade de potássio na rocha matriz estão em andamento no Brasil e em outras partes do Mundo. Porém, a viabilidade de seu uso é bastante restrita a demandas regionais devido a custos energéticos altos para sua fabricação e de transporte.

O potássio na forma de KCl corresponde a cerca de 90% do potássio consumido no Mundo. O KCl é a forma mais abundante encontrada nas jazidas minerais de potássio além de ter um dos maiores teores de potássio (52,45% K) recuperável. A utilização de formas concentradas de potássio tem entre outras vantagens possibilitar um menor custo no transporte por tonelada de elemento o que é fundamental em uma produção agrícola altamente competitiva e de commodities.

As duas outras formas de potássio mais utilizados na agricultura são o sulfato de potássio e o nitrato de potássio. A vantagem destes é que além de suprirem potássio também provém enxofre e nitrogênio, respectivamente, elementos que assim como o potássio são essenciais a vida da planta.

FORMAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE POTÁSSIO

Os depósitos subterrâneos se formaram a mais de 230 milhões de anos atrás durante o período triássico. A teoria mais aceita para a formação dos depósitos é a "Teoria das barreiras". A teoria formulada por Ochsenius no final do século 19 afirma que grandes áreas onde antigamente havia água rica em KCl e outros sais como o NaCl, K_2SO_4 , etc. (evaporitos) foram inteiramente separadas do mar. O aprisionamento desta água resultou na formação de lagos salinos e a constante evaporação fez com que o sal precipitasse no fundo destes lagos num fenômeno similar ao que observamos atualmente no Mar Morto em Israel e o Lago de Qinghai na China. Nos milhões de anos seguintes houve, sobre os sais já precipitados, a deposição de sedimentos como argilas, arenitos e diversos outros tipos de

rochas e materiais fazendo com estes evaporitos ficassem aprisionados a grandes profundidades.

O primeiro depósito de potássio foi encontrado em Stassfurt, na Alemanha em 1856. Sua extração iniciou em 1861 e foi um marco na história uma vez que antes disso o potássio era obtido apenas através da cinza advindo da queima de árvores.

Depósitos de potássio economicamente viáveis e recuperáveis são encontrados em profundidades de 400 a mais de 1400 metros ou mesmo na superfície por salmouras e salares.

A maneira de recuperação do potássio pode ser através de mineração com trabalhadores (a maneira mais comum), mineração por dissolução dos depósitos encontrados a grandes profundidades - "solution mining" - ou ainda, através da concentração de salmouras, em superfície. Todos os métodos de obtenção necessitam que o material minerado seja purificado e concentrado.

Devido as condições geológicas necessárias para a formação destes depósitos, o potássio tem sua distribuição geograficamente limitada quando a fonte considerada é de alta concentração. A maior reserva de minério rico em potássio encontra-se no Canadá, seguida pela Rússia, Bielorrússia, Brasil, China, Alemanha, Estados Unidos, Chile, Israel, Jordânia, Reino Unido, Espanha e outros (IPI, 2013). Considerando-se o ritmo atual de extração as reservas conhecidas podem suprir o mercado por mais 250 anos.

DINÂMICA DA DEMANDA DE K NO BRASIL E NO MUNDO

O consumo de K tem, de maneira geral, seguido uma curva ascendente no Brasil e no Mundo apesar da drástica queda observada em 2009 devido a crise financeira e econômica mundial sofrida no final de 2008. Os prognósticos são de demanda crescente e isto fundamenta-se no preço das commodities agrícolas, preços de fertilizantes, compras estratégicas, padrões climáticos, culturas não necessariamente alimentícias, balanço de nutrientes, mudança na dieta, aumento da população.

Estima-se que a demanda de fertilizantes no Mundo irá crescer impulsionada pela melhora na qualidade de vida, aumento da população, especialmente em países Asiáticos e aumento no cultivo de biocombustíveis. No Brasil o aumento na demanda esperada para os fertilizantes, incluindo o potássio, é de 2-3% aa, o que tem sido a média dos últimos 10 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COCHRANE, T.T.; SANCHEZ, L.G.; PORRAS, J.A.; AZEVEDO, L.G.; GARVER, C.L. **Land in Tropical America**. CIAT, Cali, Colombia, Embrapa Cerrados, 146 P. Planaltina, 1985.
- GREENWELL, B. **Canadian Minerals Yearbook 1999** – General Review in NASCIMENTO, N.; LOUREIRO, F. E. L.; Fertilizantes e sustentabilidade, o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas. Rio de Janeiro, CETEM/ MCT, 68p. 2004.
- IPI. **Potássio, um nutriente essencial para a vida**. Instituto Internacional do Potássio. Livreto 18p. 2013.
- U. KAFKAFI, G. XU, P. IMAS, H. MAGEN AND J. TARCHITZKY. **Potassium and chloride in crops and soils: the role of potassium chloride fertilizer in crop nutrition**. IPI Research Topics, 22. 220 p. 2001

ÚLTIMOS AVANÇOS DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NO BRASIL

Godofredo Cesar Vitti

Professor. Titular de Fertilidade do solo, adubos e adubação, Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil, 13418-900, gcvitti@usp.br

O potássio é um dos nutrientes que mais limita a produtividade, qualidade e longevidade das culturas no Brasil, seja pelas suas funções na planta (regulação da pressão osmótica e transporte de carboidratos das regiões síntese para as de acúmulo), bem como, pela sua dinâmica (alta lixiviação e baixos teores no solo). Tradicionalmente, o potássio foi tratado com comportamento no solo mais similar ao do fósforo (mecanismo de difusão) do que ao do nitrogênio (fluxo de massa) fato esse verídico para solos de clima temperado. Em solos de climas tropicais como o do Brasil, por apresentarem na fração argila: argilas silicatadas 1:1 tipo caulinita e óxidos de Fe e Al, com carga de pH dependente originária da dissociação de H⁺ da superfície das argilas, o potássio não apresenta fixação, diferentemente dos solos de climas temperados, ficando na forma adsorvida, totalmente trocável, em equilíbrio direto com o potássio da solução do solo.

A interpretação do mecanismo de contato do potássio no solo com as raízes como principalmente por difusão, levou a aplicação localizada deste nutriente no sulco de plantio em culturas anuais, ou até certo ponto, com seu parcelamento em solos de textura mais arenosa. Esse manejo além de problemas ocasionados pela alta salinidade do cloreto de potássio, principal fonte deste nutriente, bem como altas perdas por lixiviação pela aplicação, no momento em que o sistema radicular da planta estava incipiente, levou a muitos fracassos na adubação. Com a conscientização de que o mecanismo de contato do potássio com a raiz é principalmente por fluxo de massa, levou-se a adoção da aplicação desse nutriente em área total, resultando em manutenção ou ainda em ganhos de produtividade, por não causar salinidade, bem como ganhos espetaculares no rendimento operacional no momento do plantio, prática essa crescente e irreversível nas principais regiões produtoras do Brasil. Além desses fatos, a aplicação do KCl de forma isolada leva a melhor qualidade de aplicação, uma vez que quando em mistura NPK é aplicado a uma distância maior do implemento aplicador devido a maior densidade do grânulo do fertilizante potássico.

Quanto a doses desse nutriente é fundamental levar em consideração os seguintes fatores:

- a) Teor absoluto do elemento no solo;
- b) Porcentagem do mesmo na CTC;
- c) CTC do solo, diretamente dependente dos teores de Matéria orgânica e argila;
- d) Reação no solo;
- e) Equilíbrio de bases (Ca, Mg e K)
- f) Natureza da planta (Plantas de folhas estreitas ou folhas largas).

Quanto à modalidade de adubação, tem-se adubação corretiva e de manutenção, em função dos teores do elemento no solo e do potencial produtivo da cultura a ser atingido.

ESTATÍSTICAS DE CONSUMO DE POTÁSSIO PELAS CULTURAS NO BRASIL

José Francisco da Cunha

Eng. Agrônomo, Tec-fertil Com. Rep e Serviços Ltda, Av. Benedito Storani, 95 – sl 09, CEP: 13280-000 Vinhedo – SP, cunha1311@agroprecisa.com.br

O Potássio é o macronutriente primário mais utilizado no Brasil, superando até mesmo a quantidade de fósforo que apresenta uma alta demanda devido à pobreza dos nossos solos.

Também supera a quantidade de nitrogênio, nutriente mais utilizado nas diferentes regiões do globo, sendo no Brasil diferente porque aqui a cultura que mais utiliza fertilizante é a soja que dispensa o seu uso.

Deve ser considerado ainda que Isto ocorre porque a maior parte das culturas que mais utilizam fertilizantes não são cereais e exigem o uso de maiores quantidades de potássio como soja, cana-de-açúcar, café e algodão.

Os gráficos apresentados na figura a seguir mostram a evolução do consumo de fertilizantes no Brasil e a quantidade de potássio (K_2O) utilizada no período de 1987 a 2012.

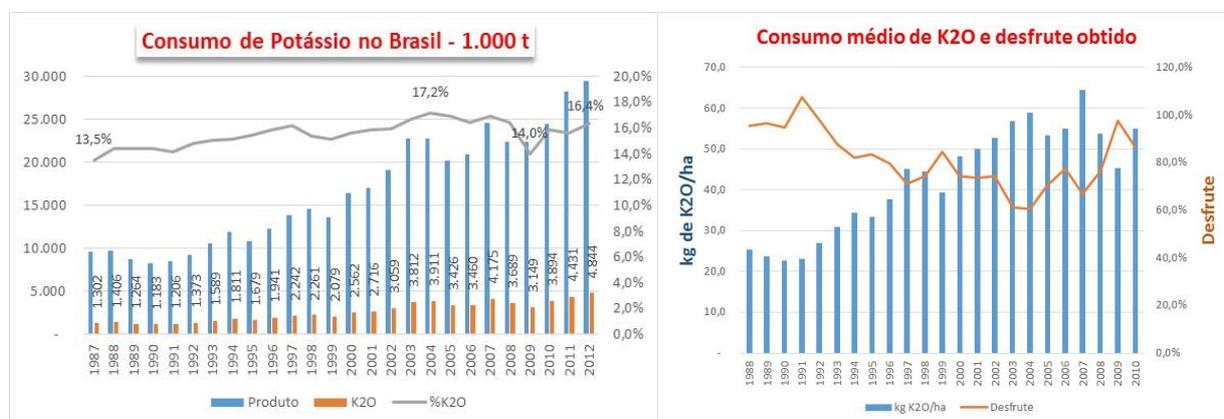


Figura 1 - Consumo total de fertilizantes, de potássio e concentração média (E) e consumo médio de potássio e desfrute no uso de fertilizantes (D)

Podemos notar que no período, a concentração média de potássio (K_2O) nos fertilizantes subiu de 13,5% para 16,4%, demonstrando sua maior participação na composição dos fertilizantes.

Isto reflete também uma maior utilização do nutriente que, neste período, passou de um uso médio de 25 kg ha^{-1} para atingir cerca de 60 kg ha^{-1} em 2010, conforme os dados levantados por Cunha et al, 2011. Podemos observar que nos anos iniciais deste período, a quantidade utilizada era muito baixa e até mesmo insuficiente para atender a reposição dos nutrientes exportados pelas principais culturas.

Considerando apenas 9 principais culturas, o uso de fertilizante corresponde a aproximadamente 86% do fertilizante utilizado no país e a quantidade de potássio utilizada está estimada na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Consumo de potássio pelas principais culturas - toneladas de K_2O

Ano	Soja	Cana-de-açúcar	Milho	Café	Algodão	Trigo	Arroz	Feijão	Laranja
2008	1.435.858	609.062	563.200	203.963	123.832	85.932	81.818	62.297	54.378
2009	1.247.223	626.220	397.656	187.740	88.929	74.161	66.394	47.575	43.859
2010	1.343.255	803.443	462.245	206.550	162.681	74.118	72.224	50.490	54.304
2011	1.569.927	931.851	610.678	274.793	213.048	73.278	67.246	54.285	58.944
2012	1.785.582	962.780	701.317	285.516	164.959	73.786	73.534	55.832	51.492

Dados não publicados.

Nestas culturas, o maior consumo de potássio é na cultura de soja, seguido de cana-de-açúcar e milho, conforme estimativa feita a partir das dosagens médias e composição dos fertilizantes utilizados nestas culturas.

A cultura da cana-de-açúcar que vem em segundo lugar gera em resíduos (vinhaça e torta de filtro) praticamente a mesma quantidade de potássio utilizada como fertilizante. Entretanto, a distribuição deste resíduo está limitada a áreas mais próximas e sendo assim, é subutilizado até que tecnologias que viabilizem a ampliação do seu raio de uso sejam ampliadas como a concentração ou a secagem e poderão substituir maior quantidade do fertilizante potássico utilizado na adubação desta cultura.

A partir desta estimativa e considerando a área plantada por estas culturas foi estimado o consumo médio por hectare como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo estimado de potássio (K₂O) em kg por ha para diferentes culturas

Ano	Soja	Cana-de-açúcar	Milho	Café	Algodão	Trigo	Arroz	Feijão	Laranja
2008	68	74	38	91	116	36	29	16	65
2009	54	65	30	79	108	30	24	13	44
2010	56	80	34	87	116	34	26	13	54
2011	63	87	41	117	150	34	28	17	66
2012	64	91	45	122	172	38	31	18	60

Dados não publicados.

Para algumas culturas a utilização de K₂O tem sido baixa pois poderia ser valorizada a rotação de culturas e o aproveitamento na cultura seguinte como deveria ser o caso do Milho que tem uma exigência muito superior a quantidade de potássio utilizada na sua adubação.

Na cultura do Algodão têm sido utilizadas doses generosas diante da sua exigência e é importante que a rotação maximize o aproveitamento do potássio residual.

Por outro lado, cultura como o Feijão que é cultivado de forma disseminada por todo o país e com diferentes padrões de tecnologia, apresenta um consumo médio baixo, chegando a ser, na média, insuficiente para repor todo o nutriente exportado nos grãos.

O aproveitamento do potássio utilizado nas diferentes culturas tem sido satisfatório, como mostram os dados do Balanço de Nutrientes do ano de 2008 (Cunha et al, 2010) da Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados do Balanço do consumo de fertilizantes do ano de 2008: desfrute por cultura

Soja	Milho	Cana-de-açúcar	Café	Algodão	Arroz	Feijão	Laranja	Trigo
90%	54%	80%	26%	46%	82%	103%	58%	29%

Fonte: Cunha et al, 2010

Entretanto, em algumas culturas perenes, principalmente Café, o desfrute é muito baixo e esforços para melhor calibração da adubação e aumento do aproveitamento devem ser dispensados para esta cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Anuário **Estatístico do Setor de Fertilizantes**. São Paulo, 1988 a 2012.
- CUNHA, J.F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. Balanço de Nutrientes na Agricultura Brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 130, 2010. 11p.
- CUNHA, J.F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. Balanço de Nutrientes na Agricultura Brasileira no período de 1988 a 2010. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 135, 2011. 7 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, 1989 a 2013.

BEST MANAGEMENT PRACTICES FOR CROP NUTRITION IN THE NORTH AMERICAN CORN BELT

Fabián G. Fernández

Department of Soil, Water, and Climate, S-233 Soils, 1529 Gortner Avenue, St. Paul, MN 55108, fabiangf@umn.edu

INTRODUCTION

Potassium (K) application is an important consideration in conservation tillage systems where little soil mixing occurs. Repeated surface applications of K and redistribution of K as it is taken up by crops from the subsurface and deposited on the soil surface as crop residue can cause vertical stratification with higher concentrations in the surface relative to deeper layers.

Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] K uptake is highest during the reproductive stages when high evapotranspiration and low precipitation can cause dryness in the high-K soil surface. This temporary asynchrony of soil K and soil water can limit root activity and K uptake. Subsurface K applications, where presumably there is greater water availability, have been proposed as a mechanism to reduce this concern. However, this hypothesis has not been tested at length (Fernández et al., 2008). Currently, there is no consensus on whether broadcast or subsurface band K applications are most effective. An additional concern with repeated subsurface banding of K is the development of a reoccurring pattern of high- and low-test values across the field that can make it more difficult to accurately assess K fertility (Fernández; Schaefer, 2012).

Lastly, strip-till has been introduced as a tillage system that allows subsurface banding of fertilizer and combines the benefits of soil conservation of no-till and ease of planting and improved seedbed conditions of conventional tillage. However, the interactions of root development, soil water content, and nutrient uptake in no-till and strip-till have not been studied extensively. A study was conducted to determine the effect of phosphorus (P) and K fertilizer rate and placement in no-till and strip-till on the distribution of soybean roots and on water, and P and K levels in the soil. While phosphorus (P) was evaluated, the focus of this document is on potassium (K).

MATERIAL AND METHODS

A field experiment with soybean following corn (*Zea mays* L.) was conducted between 2007 and 2012 in East-Central Illinois, USA on Fine, smectitic, mesic Aquic Argiudolls and Fine-silty, mixed, superactive, mesic Typic Endoaquolls soils. Pre-treatment soil test values in the top 18 cm of soil were near critical soil test levels (where near maximum yields are achieved): Bray P1 20 mg kg⁻¹ and 1 M NH₄OAc extractable K 167 mg kg⁻¹. Tillage/fertilizer placement was the main plot with no-till/broadcast (NTBC); no-till/deep band (NTDB); and strip-till/deep band (STDB). Phosphorus- fertilizer rate (0, 12, 24, and 36 kg P ha⁻¹ yr⁻¹) was the subplot, and K -fertilizer rates (0, 42, 84, and 168 kg K ha⁻¹ yr⁻¹) was the sub-subplot. Deep band placement was 15 cm beneath the planted row. The NTDB treatments were applied using 2 cm wide low-disturbance knives that caused negligible movement of surface residue and soil disturbance. The STDB treatments were applied with a unit that disturbed the soil in an area about 17 cm deep, 4 cm wide at the bottom and produced a 5 to 8 cm tall by 25 cm wide berm. Roots and soil water, P, and K levels were measured periodically at in-row (IR) and between-rows (BR) positions at 0-5, 5-10, 10-20, and 20-40 cm depths increments. Data were analyzed with the MIXED procedure of SAS (SAS Institute, 2009). Blocks were nested within years. Since analysis of the data suggested that treatment response was similar across each year, year, block, and their interactions with main treatments were considered random. Soil depth was considered as repeated measures for soil nutrient and root data analyses and soil depth and time were considered repeated measures for soil water data.

RESULTS AND DISCUSSION

Soybean yield averaged across K rates was 3.23 Mg ha⁻¹ in STDB and 7% greater than NTBC and 4.4% greater than NTDB. Further analysis indicated that yield differences were related to tillage effects and not to nutrient placement. Further, there was no evidence to indicate that deep banding the fertilizer can be used as a method to reduce fertilization rates.

Soil-water content was similar between the soil surface and the subsurface. While the surface layer dries out more during prolonged periods without precipitation, often intermittent precipitation events were sufficient to replenish water levels in the surface but not always in the subsurface. Banding fertilizers in the subsurface to take advantage of presumably greater water availability than in the surface was not warranted.

Subsurface banding did not increase root proliferation in response to localized fertility. Regardless of treatment, root densities were greater in the top 5 cm of the soil and declined with increasing soil depth. We also observed at R3 development stage that root surface density at the 0-5 cm depth increment in NTBC was 0.83 cm² cm⁻³ and 41% greater than STDB. It is well established that under stressful environments a common mechanism for crops to access nutrients and water is to compensate by developing larger root systems. Lower grain yield and a larger root system in NTBC are possibly a reflection of more stressful growth conditions than for STDB. Furthermore, STDB accumulated 30% more K in aboveground tissue than NTBC while NTDB showed intermediate values. Greater K accumulation by soybeans with a smaller root system resulted in 67% greater estimated K uptake rate (efficiency of nutrient uptake per unit of root surface area) in STDB than in NTBC. In NTDB estimated K uptake rates were intermediate and not significantly different than those in the other tillage/fertilizer placement treatments. Preliminary ongoing investigations indicate that relative to NTBC, greater yields in STDB result from improved overall water infiltration rate, bulk density, and root penetration resistance.

Subsurface banding of K over time significantly increased soil K test levels at the 10-18 cm depth increment in the location of the fertilizer band compared to initial (pre-fertilizer treatment application) conditions. In contrast, K levels declined over time on the 0-5 cm layer when K was subsurface banded, likely as the result of K uptake by the crop from the soil surface. This finding indicates that broadcast K applications are an effective placement method. Further, we determined in a related study that in order to properly quantify the fertility of a field with fertilizer bands, for each soil core taken at the location of the band, two to three samples should be taken outside of the fertilizer band and composite into a sample (Fernández; Schaefer, 2012).

CONCLUSION

Greater root densities, adequate water content, and greater apparent nutrient uptake in the soil surface regardless of placement method indicate that broadcast K application is an effective fertilization method. Further, strip-till was superior to no-till for soybean production.

REFERENCES

- FERNÁNDEZ, F.G.; BROUDER, S.M; BEYROUTY C.A.; VOLENEC, J.J.; HOYUM, R.. Assessment of plant-available potassium for no-till, rainfed soybean. *Soil Science Society of America Journal*. 72, p.1085-1095. 2008.
- FERNÁNDEZ, F.G.; SCHAEFER, D.. Assessment of soil phosphorus and potassium following real time kinematic-guided broadcast and deep-band placement in strip-till and no-till. *Soil Science Society of America Journal*, v. 76, p.1090-1099. 2012.
- SAS Institute. *The SAS system for windows. v.9.2*. SAS Inst., Cary, NC. 2009.

PERSPECTIVAS PARA A AGRICULTURA BRASILEIRA

Francisco Cleber da Silva Vieira

Gerente de Projetos, Agroconsult, Rua General Furtado do Nascimento, 740 Cj.81 Cep 05465-070 - São Paulo – SP, clebervieira@agroconsult.com.br

A IMPORTÂNCIA DO AGRONEGÓCIO NO BRASIL

O agronegócio brasileiro é um dos importantes segmentos da economia brasileira. Em 2012 o setor representou 20,3% do PIB brasileiro. O resultado econômico agrícola é positivamente refletido na balança comercial do setor, que foi maior do que os resultados apresentados pelo país. O setor exportou US\$ 96 bilhões e importou US\$ 31 bilhões, gerando um saldo comercial de cerca de US\$ 65 bilhões. No mesmo período a balança comercial total do país foi de US\$ 19 bilhões, o que reforça a importância do segmento agropecuário para o país.

Tal desempenho deve-se ao fato do país estar entre os grandes produtores, ocupando ou posição de liderança, ou posição de relevância na produção de diferentes commodities agrícolas, tais quais a soja, o milho, o suco de laranja, a celulose, as carnes, o açúcar, o etanol, o fumo, o café e o algodão.

A importância do setor tem seu lugar garantido nos próximos anos. Com o crescimento da população mundial, o incremento da renda e o aumento do número de pessoas vivendo em cidades, garante a demanda por produtos agrícolas, sejam eles básicos ou de alto valor agregado. O Brasil é uma das poucas regiões com condições de atender a demanda crescente por alimentos, uma vez que possui condições especiais para fazê-lo. São elas: a produtividade das culturas cultivadas no país ainda pode melhorar; há disponibilidade de terras agronomicamente adequadas para que se ocorra um aumento da área cultivada e, em várias regiões há a possibilidade de se cultivar até três vezes em um ano.

O CRESCIMENTO DAS COMMODITIES

Assim, para os próximos 05 anos estimamos um incremento na produção e na área plantada de diversas culturas, e uma reorganização em prol da produtividade para a cultura do milho.

Com a implementação dos projetos de logística que visam melhorar a infraestrutura na região de expansão agrícola, configurada pelos cerrados do Mato Grosso, Bahia, Maranhão, Tocantins, Piauí e sul do Pará, avaliamos que a área plantada no país deverá crescer em cerca de 5,8 milhões de hectares, totalizando cerca de 92 milhões de hectares cultivados por grãos, vegetais, frutas, café, cana-de-açúcar, e outras culturas. Soja, cana-de-açúcar e milho inverno deverão ser as principais responsáveis por este aumento.

Para a efetivação do cenário serão necessários que os investimentos em infraestrutura, armazenagem e ganho tecnológico se efetivem. Também o equilíbrio de renda, observado pela relação entre a tendência de preço das commodities, seus custos de produção e suas produtividades sejam também efetivadas.

O MERCADO DE FERTILIZANTES

Apesar da disponibilidade de terras, os solos do Brasil, salvo raras exceções, são pobres e de capacidade limitada em ofertar nutrientes em quantidade suficiente para que as culturas agrícolas alcancem seu potencial produtivo. Assim, os fertilizantes são insumos extremamente necessários. Dado a expressividade da área plantada e do padrão tecnológico do país, o Brasil demanda um volume importante de fertilizantes.

Em 2012 foram entregues 29,5 milhões de toneladas de fertilizantes, aferidos em produtos. Foram cerca de 12,4 milhões de toneladas de nutrientes, consolidando o Brasil como o quarto mercado mundial destes insumos, logo atrás de China, Índia e Estados Unidos.

Para 2013 estimamos que o mercado será de cerca de 30,3 milhões de toneladas. Assim como em 2012, as principais culturas que demandam fertilizantes no Brasil são a soja, o milho, cana, algodão, café, arroz, feijão, trigo e frutas. As cinco primeiras

representam cerca de 80% da demanda. Assim, as projeções futuras devem ser reflexo do que acontece com as mesmas.

Em 2018 estimamos que o mercado alcance 34,4 milhões de toneladas de produtos, ou seja, cerca de 4 milhões de toneladas a mais que o previsto para 2013.

Para atender essa demanda estimamos que o mercado de matérias primas irá reagir na mesma intensidade. Estimamos que serão demandados em 2018 cerca de 4,4 milhões de toneladas de ureia, 2,2 milhões de toneladas de sulfato de amônio e 1,8 milhões de toneladas para nitrato de amônio, as principais fontes de nitrogênio.

Para os fosfatados deverão ser consumidos cerca de 7,0 – 2,4 – 3,7 milhões de toneladas para superfosfato simples, triplo e fosfato monoamônico, respectivamente.

Finalmente para o potássio a principal fonte ainda será o cloreto de potássio, onde deverá encontrar uma demanda de cerca de 9,5 milhões de toneladas, configurando o Brasil como um dos principais consumidores deste produto.

Para finalizar, ressaltamos que as estimativas são reflexos do equilíbrio entre a expansão da área plantada, a rentabilidade das lavouras, do preço dos insumos e do desenvolvimento da infraestrutura logística no país, bem como na readequação e fortalecimento da cadeia de valor dos fertilizantes, sobretudo no elo da distribuição.

THE PHYSIOLOGICAL IMPORTANCE AND DYNAMIC OF POTASSIUM IN PLANTS

Paulo R. C. Castro, Valdinei M. Santos

Department of Biological Sciences, Higher School of Agriculture "Luiz de Queiroz", University of São Paulo, Piracicaba, SP, Brazil, 13418-900, prcastro@usp.br; Department of Biological Sciences, Higher School of Agriculture "Luiz de Queiroz", University of São Paulo, Piracicaba, SP, Brazil, 13418-900, valdineimoreira@usp.br

Potassium is absorbed in the ionic form (K^+) by roots in an active process where the soil solution is the source of the nutrient. Sufficient concentrations of calcium (Ca^{2+}) are necessary to maintain high the absorption of K^+ . Excess of Ca^{2+} in the soil solution, and in smaller extension the magnesium (Mg^{2+}) concentration, set low K^+ absorption, probably by the competitive inhibition: this occurs in the practice when, for example, one use lime in excess to neutralize the soil acidity. Potassium absorbed by roots is transferred to the plant shoot through the xylem and also the phloem; its inner redistribution by the vessels system is easy; the nutrient goes from the old leaves to the young ones, the growth regions, and the growing fruits; this occurs, at least in part, by the fact that about 75% of the total potassium of the plant is found in the soluble form, in the tissue (Marschner, 2012). The potassium levels required by crops are very high, comparable to those of nitrogen. However, potassium does not have structural function in the plant. The most known role of potassium in plants is as an enzymatic activator. It is believed that potassium works as an activator by determining alterations in the enzyme conformation, releasing its active sites for the combination with the substrate. A low affinity between the potassium and the enzymatic protein could explain partially the high requirement of the nutrient (Malavolta, 2006).

What the potassium does inside the plant could be summarized as follow: the water amount that could be stored in the tissue depends on the cellular supply of potassium, in a way that the increase in the potassium availability makes the cell obtain more water; that establishes favorable conditions to the photosynthesis reaction and other metabolic processes. Leaves orientation is maintained in adequate manner which guarantees higher solar light interception; this function of potassium is not very specific and the nutrient could be partially substituted by other cations, as in the case of the sodium. About 60 enzymes are activated by potassium, some of them were found in plants; several other metabolic processes need potassium, from the phosphorylation reactions to the protein synthesis. With exclusion of potassium and magnesium, all the mineral cations which act as activators or physiological cofactors of plant enzymes are micronutrients; the proper magnesium is usually present in the plant tissue in a concentration which is just a fraction of the potassium concentration. For a catalytic function as the enzymatic activation an element needs to be present in so high concentration being related to the fact that it does not have organic ligands, including the enzymes for those it is cofactor. The stomata opening is a very specific effect of potassium along with the light and CO_2 . If potassium lacks, the stomata do not open regularly, it occurs low uptake of CO_2 and therefore lower photosynthetic intensity. The sugarcane with potassium deficiency has lower sucrose levels in the stalk because it has lower photosynthesis, and lower transport of photoassimilates into that storage organ. Plants with enough potassium use the water better than the deficient ones, the water quantity necessary to produce one unit of dry matter, inside the limits, is as lower as higher the potassium supply (Malavolta, 2006).

Adequate nutrition of potassium increases plant tolerance to the freezing which was observed in sugarcane and coffee crops in Brazil. Plants well supplied with potassium tolerate more water deficit by the increase in the conversion of water, dry matter, and closure of stomata. High level of potassium in the cell increases the resistance to salinity by the sodium chloride through sodium exclusion and higher water retention by the plant. The use of potassium in relation to other nutrient attenuates a bigger number of plant diseases. The benefic effect of potassium occurs in several other parameters of quality of agriculture products – color, size, acidity, resistance to the transport, handling and storage, nutritive value, and industrial qualities. In rice, corn, and other crops, potassium increases resistance to the lodging; the effect is particularly active in the presence of high doses of nitrogen.

Potassium accelerates sclerenchymatous cells liquefaction and increases the thickness of cell walls of the stalk, especially in the shoot, which implies the higher resistance offered by the plant to the lodging by the wind. The symptoms of potassium deficiency appear in first in the older leaves (indication of fast redistribution) as chlorosis followed by necrosis in the leaves apex and borders. In the injured regions it has an accumulation of tetramethylene diamine or putrescine (Malavolta, 1980).

When there is potassium excess due the high concentration, the translocation of other cations could be reduced. The levels of magnesium should be low in leaves, so low that in the field or in nutritive solution, higher potassium concentrations could promote or increase the magnesium deficiency. Obviously, the interference on magnesium distribution has eventually an implication on photosynthesis. It was verified that under light guard cells of closed stomata accumulate potassium and open the ostiole. In the dark, they lose potassium to the adjacent tissue and close the ostiole. This movement of potassium was related to an active hydrogen pump in a reverse transport. Another function proposed for potassium not directly related to the photosynthesis is the promotion of carbohydrates transport from the leaves. The photosynthesis velocity reduces when the photoassimilates accumulate in the leaves. Therefore, the fast export of sucrose will be important to maintain a high activity of the net photosynthesis (Epstein, 1975).

REFERENCES

- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. EDUSP, LCT EDITORA, 1975, 341 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. EDITORA AGRONÔMICA CERES, 1980, 251 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. CERES, 2006. 631 p.
- MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. ELSEVIER, 2012, 651 p.

INTERAÇÃO N E K NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Cassio Hamilton Abreu-Junior, Antonio Enedi Boaretto, José Lavres Junior, Lionel Jordan-Meille, Jean-Paul Laclau

USP/CENA, Avenida Centenário, 303 – CEP 13.400-970, Piracicaba-SP, cahabreu@cena.usp.br; USP/CENA, aeboaret@cena.usp.br; USP/CENA, jlavres@cena.usp.br; Bordeaux Sciences Agro, CS 40201, 33715 Gradignan Cedex-France, lionel.jordan-meille@agro-bordeaux.fr; UNESP, Ciência Florestal, CEP 18610-307 Botucatu-SP, laclau@cirad.fr

CONCEITOS

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais extraídos pelas plantas. A interação é a influência que um nutriente exerce sobre o outro, com consequências no crescimento e na produtividade das plantas; é a resposta diferencial de um nutriente em combinação com várias doses de outro nutriente aplicado simultaneamente (Prado, 2008). As interações entre nutrientes são complexas e seus efeitos refletem na composição química das plantas. A interação entre nitrogênio e potássio destaca-se, não somente pelo efeito direto sobre a produtividade das culturas, mas também pelos aspectos relacionados ao uso da água e à emissão de gases de efeito estufa, em função das condições de manejo destes dois nutrientes. Nos vegetais, o nitrogênio faz parte da composição de compostos específicos, como aminoácidos, proteínas, enzimas, entre outros; e o potássio não faz parte de composto e encontra-se na forma catiônica, mas atua como elemento catalisador de reações na planta (ativador enzimático) (Prado, 2008; Marschner, 2012). As culturas do café e da cana-de-açúcar, importantes commodities para a economia brasileira, são mais exigentes em potássio do que em nitrogênio.

O potássio desloca-se facilmente por via apoplástica e adentra ao citoplasma via canal iônico, sem gasto de energia, e, ou, via transportador de K^+ , uniporte ou simporte (Fernandes; Souza, 2006). O íon K^+ apresenta modelo de transporte para a parte aérea, via xilema, junto com o íon NO_3^- , e da parte aérea para a raiz, via floema, junto com o malato. Assim, a predominância de redução do nitrato, se na raiz ou na parte aérea, tem uma importante relação com o transporte de potássio na planta (Marschner, 2012).

A deficiência de potássio reduz o metabolismo da planta, a síntese de proteínas, a fotossíntese e a osmorregulação, conseqüentemente há baixa eficiência no uso de nitrogênio pelas plantas, assim como do uso do carbono e da água, e há acúmulo de carboidratos solúveis (glicose, sacarose e frutose) e redução nos teores de nitrato e malato nas raízes. Há formação e acúmulo de putrescina nas folhas, devido ao acúmulo prévio de amônio como resultado do desvio metabólico na síntese de arginina, ornitina e citrulina, no ciclo da ureia (Marschner, 2012). A putrescina é responsável pela necrose das margens e pontas das folhas, sintoma clássico em plantas deficientes em potássio.

RESULTADOS DE PESQUISAS

De modo geral, há efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a produtividade das culturas quando a aplicação de adubo potássico é adequada. O fornecimento adequado de nitrogênio aumenta a absorção de potássio e também ocorrem aumentos dos teores de proteínas e de aminoácidos solúveis, resultando em aumento de produção. Em gramíneas, a relação N/K adequada previne o acamamento. Em plantas frutíferas, o desbalanço entre nitrogênio e potássio pode causar problema na pós-colheita, levando à queda de frutos amadurecidos. A relação N/K nas folhas é de grande importância e afeta a qualidade do fruto. Na cultura da banana, o baixo suprimento de K favorece o acúmulo de N amoniacal e o excesso de N atrasa a emergência do cacho, produzindo cachos com pencas espaçadas e facilmente danificadas no transporte. No período do florescimento da bananeira, a relação N/K mais adequada varia de 0,7 a 0,9 (Borges, 2004).

Não é raro o relato de obtenção de produtividade abaixo da esperada em virtude do fornecimento inadequado de potássio às plantas, fato que indica haver importante relação entre a absorção e o aproveitamento de potássio e também do nitrogênio (Monteiro et al., 1980). Estudos com gramíneas evidenciam haver interação entre doses de nitrogênio e de potássio na produção de matéria seca da parte aérea, na área foliar, no teor de clorofila nas lâminas de folhas recém-expandidas, no número de perfilhos, na atividade da enzima

reduz-se do nitrato, no comprimento total e na superfície total das raízes, assim como nos teores de nitrogênio e potássio na parte aérea, com efeitos positivos de doses de nitrogênio e de potássio (Lavres Junior, 2001).

A adubação potássica, com suprimento adequado de nitrogênio, também incrementa a eficiência de uso da água, da luz e de nutrientes em plantações de eucaliptos. Contudo, os efeitos positivos da adubação potássica sobre a eficiência de uso da água, da luz e de nutrientes parecem ser muito mais consequências do aumento de partição da matéria seca no tronco, com aumento da produtividade, do que de melhorias da regulação estomática. Haja vista que os efeitos são perceptíveis quando se estuda a árvore como um todo, mas não quando o estudo é feito na escala de folha ou de copa (Stape et al. 2004; Campoe et al., 2012; Battie-Laclau, 2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATTIE-LACLAU, P.R.F. **Efeitos da adubação potássica sobre a adaptação à seca do *Eucalyptus grandis***. Tese de doutorado, CENA, Piracicaba, 130p. 2013.
- BORGES, A.L. **Banana em foco**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 2p.
- CAMPOE, O.C.; STAPE, J.L.; LACLAU J.-P.; MARSDEN, C.; NOUVELLON, Y. Stand-level patterns of carbon partitioning and light use efficiency of *Eucalyptus grandis* across a gradient of productivity in São Paulo State, Brazil. **Tree Physiology**. 32, p. 696-706. 2012
- FERNANDES, M.S.; Souza, S.R. **Absorção de nutrientes**. In: Fernandes, M.S., Eds. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: SBCS, 2006. p.115- 152.
- LAVRES JUNIOR, J. **Combinações de doses de nitrogênio e potássio para o capim-Mombaça**. Dissertação de mestrado, CENA, Piracicaba, 2001. 103p.
- MARSCHNER, P. **Marscher's Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 2012. 651p.
- MONTEIRO, F.A.; LIMA, S.A.A.; WERNER, J.C. Adubação potássica em leguminosas e em capim-Colômbia (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Boletim de Indústria Animal**, v. 37, p.127-148, 1980.
- PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 92p.
- STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.193, p. 17–31, 2004.

IMPACT OF TEMPORAL AND SPATIAL PATTERNS OF POTASSIUM ON PRECISION MANAGEMENT IN PERMANENT PASTURES

João Manuel Serrano, José Marques da Silva, Shakib Shahidian

ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, ECT, Departamento de Engenharia Rural, Universidade de Évora, P.O. Box 94, 7002-554 Évora, Portugal, jmrs@uevora.pt; jmsilva@uevora.pt; shakib@uevora.pt

INTRODUCTION

Alto Alentejo region in Southern Portugal has over 200,000 ha of permanent pasture. Here, the soil is relatively rich in potassium (K) due to its presence in the bedrock, and thus it is not usually applied in fertilizers. On the other hand, cycling of K in grassland systems has received relatively little attention in research and practice in recent years (Kayser; Isselstein, 2005). Given its importance in the quality of crops and since uniform application of fertilizers in areas with spatial variation in soil properties could result in points of fertilizer application above or below the required doses (Bernardi et al., 2011), it is important to evaluate the potential for implementation of variable rate technologies (VRT). The transfer of technology traditionally used for cereal crops, to pastureland may encourage extensive livestock in areas with shallow and rocky soil, where animal husbandry is the predominant activity. The general objective of this study was to evaluate the specificity of the dynamics of soil K, over ten years, in a complex system: a bio diverse pasture installed on a shallow soil, grazed by sheep, in Mediterranean conditions.

MATERIAL AND METHODS

The experimental field, with an area of about 6 ha, is located at the Revilheira farm (38°27'51.6"N and 7°25'46.2"W). The predominant soil of this field is classified as a Leptic Luvisol. A permanent bio-diverse pasture was established in this field in September 2000, under a flexible rotation system, for grazing sheep throughout the year. A topographic survey of the area was carried out using RTK GPS instrument. Soil samples and pasture samples geo-referenced with GPS were taken from each 28 m × 28 m square. The soil was characterized in terms of moisture content, texture, pH, organic matter content and macronutrients (nitrogen, phosphorus and potassium). Apparent soil electrical conductivity (EC_a) was evaluated in February of 2012 and February of 2013 by a Véris 2000 XA electrical resistivity sensor. The temporal stability of the soil K was determined by calculating the coefficient of variation at each sampling point over time. Maps of spatial variability of the parameters were developed in ARCGIS 9.3 using the interpolated values, with a 5-m grid IDW interpolator. The linear correlation coefficients between the K and topographic, soil and pasture parameters, were calculated, for the set of sampling years.

RESULTS AND DISCUSSION

The maps of figure 1 show that the experimental field is dominated by a large spatially anisotropic trend. The landscape topography has caused many of the studied soil parameters to vary, a phenomenon which was also observed by Kumhálová et al. (2011). Greater pasture productivity can be observed in the valley areas, since soil moisture is a fundamental factor in dry land pasture production (Serrano et al., 2013). On the other hand, there is a clear tendency for greater concentrations of K in the upper areas of the field (significant correlation coefficient of 0.614 between the K_2O soil concentration and the altimetry). This flow of K and other nutrients is a result of animal grazing (Page et al., 2005), which is more intense in the more productive areas, where the plant K extraction is greater, and the discontinuous and irregular return to the soil through animal excreta (dung and urine), mainly in the rest areas under the trees at the higher parts of the field. The 2013 K_2O map shows, in relation to the 2004 map (see figure 1), a greater concentration of this nutrient in the upper areas, six years after the animals left the field, which indicates an important mineralization process. This process of nutrient flow might make a decisive contribution to the considerable spatial field variability of K ($CV= 94.6 \pm 17.5\%$), which reinforced by the reasonable temporal stability of this nutrient during the ten years of the experiment ($CV=$

18.1± 8.6%), justifies the implementation of differentiated fertilizer application. The interaction of K with the other parameters was also demonstrated through correlation analysis, having obtained significant correlation coefficients with clay (0.651), sand (-0.674), P₂O₅ (0.749), organic matter (0.882) and pasture dry matter (-0.499). The significant correlation with the EC_a (0.436) opens good perspectives in terms of simplification of the soil monitoring process. Based on regional recommendation of 125-150 mg kg⁻¹ of K₂O in the soil, the maps demonstrate the interest and the potential for using VRT technology for differentiated application of K in this region.

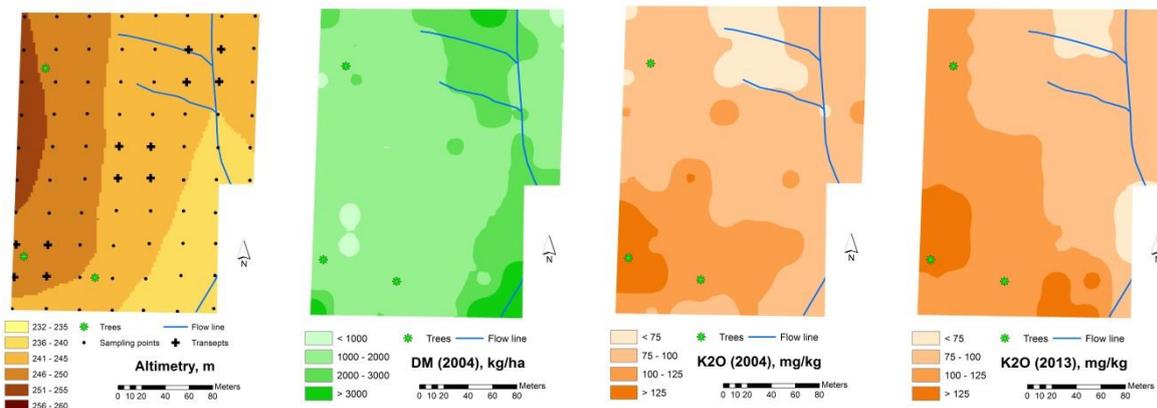


Figure 1- From left to right, spatial variability of altimetry, pasture dry matter yield (DM) in 2004 and potassium (K₂O) in 2004 and 2013, in the experimental field.

CONCLUSION

It can be stated that the combined effects of an undulated landscape, with sparse trees and animals that selectively graze the plant species and make a heterogeneous deposition of dung and urine, provide a notable spatial and temporal variability of soil K concentration and justify the potential for using VRT technologies for fertilizers in grasslands in Alentejo.

REFERENCES

- BERNARDI, A. C. C.; GIMENEZ, L. M.; MACHADO, P. L. O. A. Variable-Rate Application (VRA) of potassium fertilization for Soybean in Brazil. **Optimizing Crop Nutrition-** International Potash Institute, v.27, p. 14–17. 2011.
- KAYSER, M.; ISSELSTEIN, J. Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. **Grass and Forage Science**, v.60, p.213–224. 2005.
- KUMHÁLOVÁ, J.; KUMHÁLA, F.; KROULÍK, M.; MATEJKOVÁ, S. The impact of topography on soil properties and yield and the effects of weather conditions. **Precision Agriculture**, v.12, p.813-830. 2011.
- PAGE, T.; HAYGARTH, P. M.; BEVEN, K. J.; JOYNES, A.; BUTLER, T.; KEELER, C.; Freer, J.; OWENS, P. N.; WOOD, G. A. Spatial variability of soil phosphorus in relation to the topographic index and critical source areas: sampling for assessing risk to water quality. **Journal of Environmental Quality**, v.34, p.2263-2277. 2005.
- SERRANO, J. M.; SHAHIDIAN, S.; MARQUES DA SILVA, J. Small scale soil variation and its effect on pasture yield in southern Portugal. **Geoderma**, v.195-196, p.173-183. 2013.

IMPORTANCIA DEL POTASIO Y SU USO EN MÉXICO

Marco Antonio Bustamante García

Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, mbugar@hotmail.com

La importancia del potasio en la producción de los cultivos, radica en las funciones fisiológicas que este tiene en las plantas. El potasio no forma parte de moléculas orgánicas, por lo que se le encuentra en forma libre como catión monovalente (K^+), teniendo las siguientes funciones:

1. Estimula el crecimiento de células, tejidos y órganos como son las raíces, tallos, hojas y frutos; al acumularse en las células de estos, reduciendo su potencial hídrico, favoreciendo la entrada de agua a las células y con esto se incrementa el turgor de las células y así se estimula el crecimiento.
2. Favorece la fotosíntesis, al acumularse en las células guardias de las estomas y al igual que en el caso anterior, reduce su potencial hídrico, favorece la entrada de agua, aumenta el turgor de estas células guardias y el estoma se abre, permitiendo la entrada del CO_2 a la hoja y así se favorece la fotosíntesis.
3. Estimula la translocación de azúcares en el floema, los cuales sales de las hojas hacia los puntos de crecimiento en tallos y raíces, pero especialmente hacia los frutos, tubérculos y semillas. Esto lo hace aparentemente al estar recirculando entre las células del floema y la células adyacentes a este, favoreciendo la entrada del agua al floema y generándose una mayor presión en los sitios donde se están descargando los azúcares en el floema (hojas), que en aquellos donde se están tomando del floema (frutos).
4. Estimula la síntesis de pigmentos (antocianinas, etc.) en los frutos, al actuar como cofactor de ciertas enzimas que participan en la síntesis de estos, ayudando a una mayor coloración y calidad de los frutos.

Como se puede ver, estas 4 funciones del K son determinantes para la producción de biomasa y el rendimiento de los cultivos, pero además ayudan a mejorar la calidad de los productos cosechados.

Los suelos de México se consideran ricos en potasio, por lo que las recomendaciones de fertilización que se tienen desde hace tiempo para los diferentes cultivos, no incluyen la aplicación del potasio, excepto en algunos como son el ajo, apio, tomate, papa y pepino; los cuales se fertilizan con 100, 30, 200, 150 y 100 $kg\ ha^{-1}$ K, respectivamente (Valadez, 1994). Sin embargo, los niveles de extracción de potasio del suelo por los diferentes cultivos, nos indican que si requieren potasio, por lo que habrá que preguntarnos si el suelo realmente puede suplir indefinidamente las necesidades de los cultivos, o es necesario reabastecer algo del potasio que es removido año tras año; ya que si existe cierta correlación entre los cultivos que si se fertilizan con potasio y los que extraen más potasio del suelo (papa, pepino y tomate).

Los análisis del suelo nos han ayudado a clasificar los suelos de acuerdo a su nivel de potasio, existiendo ciertas diferencias entre los niveles de suficiencia reportados para los suelos de México y los suelos de los Estados Unidos de América, ya que en México un nivel medio se considera entre 200-400 ppm (Castellanos, et al., 2000), mientras que en EUA el nivel medio esta entre 81-120 ppm (McLean;Watson, 1985).

Al considerar estos niveles de suficiencia del potasio en el suelo, conjuntamente con los niveles de consumo de potasio en que se han clasificado los diferentes cultivos, y de acuerdo al nivel de rendimiento esperado por los mismos, se han establecido recomendaciones de fertilización con potasio (Castellanos et al., 2000), considerándose que en términos generales los cultivos de alta respuesta al potasio son plátano, papa y tomate de invernadero o de muy alto rendimiento; los cultivos de moderada respuesta son oleaginosas, crucíferas, cucurbitáceas, alfalfa, lechuga y solanáceas (excepto papa y tomate); y los cultivos de baja respuesta son cereales, textiles y leguminosas (excepto alfalfa). Sin embargo, estas recomendaciones habría que evaluarlas, bajo las diferentes condiciones de manejo de los cultivos y en las diferentes zonas climatológicas de México.

En el caso de los frutales, las recomendaciones de fertilización con potasio se basan en la edad del árbol y se utiliza un factor de corrección de acuerdo al nivel del potasio en el suelo.

Es importante señalar que en México se está incrementando el nivel de tecnología utilizado por los productores, a través del uso de variedades mejoradas de alto rendimiento, el uso de la fertirrigación, el uso de invernaderos y otras estructuras de producción; por lo que estos si aplican potasio regularmente en sus programas de nutrición. Así mismo, estos productores normalmente realizan análisis de savia y análisis de la solución del suelo, para estar monitoreando y ajustando continuamente sus niveles de nutrición en los cultivos (Burgueño, 1994; Burgueño, 1995; Martínez; Jasso, 2012; Navarro, 1999).

Es necesario utilizar todas las herramientas disponibles para conocer como esta nuestro suelo en cuanto al potasio y los demás nutrientes, para aplicar lo que el cultivo requiere y lograr los más altos rendimientos y la mejor calidad de los productos cosechados.

REFERENCIAS

- BURGUEÑO, H. **La Fertigación en Cultivos Hortícolas con Acolchado Plástico**. Impre-Jal. México. 1994.
- BURGUEÑO, H. **La Fertigación en Cultivos Hortícolas con Acolchado Plástico**. Vol. 2. Grupo Formato, S.A. de C.V. México. 1995.
- CASTELLANOS, J.Z., UVALLE BUENO, J.X.; AGUILAR SANTELISES, A. **Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas**. 2ª Edición. México. 2000.
- MARTÍNEZ, M.A.; JASSO, C. **Diagnostico Nutrimental en Chile Serrano con Fertirriego para Ajustar Dosis de Fertilizantes en la Zona Media de San Luis Potosí, México**. 9ª Convención Mundial del Chile, Memorias. p. 231-236. 2012.
- MCLEAN, E.O.; WATSON, M.E. **Soil measurements of plant available potassium**. In R.D. Munson. (ed.) Potassium in Agriculture. ASA. CSSA. SSSA. Madison, WI. 1985.
- NAVARRO, M. **Los Análisis de Savia en Chile Poblano (*Capsicum annum* L.) Cultivado con Fertirrigación en el Noreste del Estado de Guanajuato**. Tesis de Maestría. UAAAN. 1999.
- VALADEZ, A. **Producción de Hortalizas**. UTEHA Noriega Editores. México. 1994.

USE OF POTASH IN AGRICULTURAL SYSTEMS OF LATIN AMERICA

Ricardo Melgar

Dr. Agronomist, Exp St. Pergamino INTA. P.O. Box 31. Pergamino 2700. Argentina, rjmelgar@gmail.com

Latin America is one of the world most important regions as food suppliers and of vast growth potential. Therefore, it is a large demanding of fertilizers in general and potash in particular. Latin America comprises 18.1% of the market worldwide, very similar to the consumption in North America (18.2%), and behind the Southeast Asia (31.1%); measured in total consumption of K_2O (Mean 2007-2011).

Consumption of potassium as a nutrient in Latin America is heavily influenced by Brazil (4,081 thousand t K_2O , 2007-11), it is the third consumer and importer market worldwide of potassium products, after China (5,551 Kt K_2O) and the United States (4,730 Kt K_2O). Together with India (3,224 Kt K_2O) these four countries consume more than half of whole world (K_2O 33,761 Kt) and therefore are important price makers.

The consumption of Brazil represents nearly 80% of consumption in the region (Table 1). Brazil also show a very important proportion of the use of chloride with respect to other sources such as sulphate and nitrate, reaching 98% of the total consumed K_2O . Far beyond as demanders are Mexico and Colombia, among others of Latin America; in these countries, the contribution of chloride represents about half of the total of K_2O (58 and 49%, respectively).

It is however well know that Brazil is a giant in agriculture with an enormous area devoted to the production of all kind of crops; area that grows at annual rate of 2.6 %. For this reason, the analysis of consumption based on mean application rates as well as based on agriculture production systems seems to be appropriated.

Given the vast extension, varied topography and rich biodiversity, Latin America present a diverse and complex range of agriculture production systems. Sixteen main systems have been identified, being three systems the most important from the point of view of wealth generated by agriculture: a) Agriculture Mixed Extensive (Cerrados and Llanos) y Temperate mixed (Pampean) (5 y 9) systems, characterized by the production of soybean and other grains in combination with cattle production. b) Intensive mixed and coastal plantations production system, with cash crops for exports like banana, coffee and sugar cane (3 y 4). c) Irrigation agricultural system, including the mixed high mountain production.

Four groups have been identified regarding the range of mean application rates of K_2O per unit of area: 50 kg ha⁻¹ K_2O (Costa Rica, Chile, Brazil, and Colombia), 25 kg ha⁻¹ K_2O (Ecuador, Venezuela, R. Dominican, Guatemala, and Paraguay), 10 kg ha⁻¹ K_2O (Honduras, El Salvador, Peru, Cuba, and México) and less than 5 kg ha⁻¹ K_2O (Uruguay, Nicaragua and Argentina).

Grouping by production systems also arise interesting conclusions, with the highest consumptions allocated in plantations and cash crop for export systems (Banana: 184 kg, Sugar cane: 72 kg and Coffee: 61 kg ha⁻¹ of K_2O). Following by irrigated crops in the west of the continent (Potato and tomatoes: 79 kg, Assorted vegetables: 66 kg and fruit crops: 57 kg ha⁻¹ of K_2O). At last the extensive field crops are those receiving the lowest potassium rates per hectare (Maize: 19 kg, Cotton: 50 kg, Soybean: 38 kg and wheat: 33 kg ha⁻¹ of K_2O). From this grouping, it comes up a mean range of application rates of 106, 66 y 30 kg ha⁻¹ of K_2O for the intensive plantation, irrigated and extensive crop production systems respectively.

Furthermore, important variations are reported on the use of potassium within the countries, particularly where large agricultural areas exist or present a large diversity in agricultural systems. For instance the fertilization of soybean in Brazil, the country's insigne crop, differences of 100% in K_2O rates are reported depending the region be the Center West (68 kg ha⁻¹) or the Northeast (33 kg ha⁻¹). The commercial potatoes production in Argentina, are not fertilized with potassium in Buenos Aires but in Cordoba the same receive an average of 30 kg ha⁻¹ of K_2O . Besides, the cash crops for export in several countries of the region like flowers in Colombia and Ecuador, or vegetables in México and Peru present

very high use of potassium unlike the staple crops for domestic consumption (cassava, maize, potatoes or beans) that do not receive K fertilizers but some N if any.

Table 1. Potassium fertilizers consumption of main countries of Latin America (Mean 2007-11).

	Brazil	México	Colombia	Chile	Venezuela	Ecuador	Guatemala	C.Rica	Peru	Argentina	Others	Total
Chloride	3,986	136	100	63	66	73	48	42	34	19	120	4,686
Sulfate	11	28	5	6	1	1	0	2	8	7	5	74
Nitrate	21	11	1	27	0	0	0	0	0	9	0	70
Tiosulfate and others	3	8	9	0	0	0	0	4	3	3	0	30
Complex NPK	55	49	87	0	21	7	7	2	0	6	57	290
Total	4,075	233	204	96	88	81	55	50	45	43	181	5,150

REFERENCES

- DIXON J.; GULLIVERY A.; GIBBON, D. **Sistemas de Producción Agropecuaria y Pobreza**. 2001. FAO y World Bank. 2001 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/ac349s/ac349s00.pdf>.
- FAO. **Fertilizer use by crop**. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Roma, 2006. Fertilizer And Plant Nutrition Bulletin 17. 2006.109 p. <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fpnb17.pdf>
- FAO. **Agriculture statistics**. <http://faostat.fao.org/>, 2013.
- FAO. **Fertilizer use Statistics**. 2013.http://www.fao.org/ag/agp/fertistat/fst_fubc_en.asp
- HEFFER, P. **Assessment of Fertilizer Use by Crop at the Global Level. 2010-2010/11**. International Fertilizer Industry Association (IFA). Paris, France.
- International Fertilizer Association, 2013. **IFADATA**. <http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/STATISTICS>

FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN URUGUAY

José M. Bordoli y Mónica Barbazán

Facultad de Agronomía, UDELAR, Garzón 780, Montevideo, C.P. 12900, jbordoli@fagro.edu.uy, mbarbaz@fagro.edu.uy

Los suelos de Uruguay presentan un amplio rango en el contenido de potasio (K) (Hernández et al. 1988), aunque en la zona tradicionalmente agrícola predominan suelos que en su estado natural presentaban contenidos medios a altos de K intercambiable.

Los primeros ensayos de respuesta a aplicación de K en cultivos extensivos fueron en trigo (Moir; Reynaert, 1962; Castro, 1965), encontrándose respuesta a K en algunos suelos desarrollados sobre areniscas cretácicas. A principio de los 80 se realizaron varias tesis en soja mostrando una muy escasa o nula respuesta al agregado de K en suelos del noreste del país. Además, la agricultura se realizaba en suelos con contenidos relativamente altos de este nutriente y en sistemas de producción que incluían laboreo convencional y rotaciones con pasturas, por lo que generalmente no se recomendaba fertilizar con K, excepto en cultivos muy extractivos (como caña de azúcar y remolacha azucarera) o cultivos intensivos (papa, cebolla, etc) que siempre han ocupado un área muy reducida.

En la Guía para la Fertilización de Cultivos (Oudri et al., 1976) se presentaban algunos valores de K intercambiable como referencia, justificando que los experimentos no habían tenido respuesta. Los valores menores de 0,15 meq/100g eran considerados bajos, entre 0,15 a 0,30 como rango medio y mayores a 0,30 como valor alto, sin distinguir entre cultivos y tipos de suelos. A nivel de técnicos, se manejaban valores críticos orientativos según la textura de los suelos: 0,15 meq/100g para suelos de texturas livianas, 0,20-0,25 para texturas medias y 0,30-0,35 para suelos de texturas más pesadas. Estos valores se habían extrapolado de la información disponible en EE.UU.(Cope; Rouse, 1973), como también los rangos críticos manejados en Iowa State University, que indicaban baja probabilidad de respuesta por encima de 0,23-0,33 meq/100g tanto para maíz como para soja en sistemas con laboreo convencional (Voss,1982).

Recientemente se ha producido en Uruguay un proceso de expansión e intensificación de la agricultura. Esto se explica principalmente por la expansión del área sembrada de soja, producida tanto por el desplazamiento de áreas con otros cultivos como por la inclusión de áreas no tradicionales, con suelos que en muchos casos presentan restricciones para la agricultura de secano, como por ejemplo bajos niveles naturales de K. Además, la generalizada adopción de sistemas sin laboreo produjo también una gran intensificación del uso del suelo, propiciándose la realización de 1,5 cultivos por año (DIEA, 2010). Esta intensificación se refleja en la evolución del K en los suelos. Morón y Quincke (2010) mostraron que el K intercambiable en suelos del SW bajo agricultura ha disminuido en un 40-44% respecto a los valores originales, según la profundidad de suelo considerada.

La frecuente aparición de síntomas visuales de deficiencias, confirmadas con análisis de plantas, llevaron a varios grupos de investigación (de Facultad de Agronomía, INIA y la cooperativa CALMER) a la realización de nuevos ensayos de respuesta a K en diferentes cultivos. La información proveniente de todos esos experimentos en siembra directa y en predios comerciales, fue resumida por Barbazán et al. (2011) relacionando el rendimiento de los cultivos y el dato del análisis de suelos. En ese trabajo se incluyeron resultados obtenidos en diferentes años, cultivos y suelos reportándose un nivel crítico orientativo de K en el suelo de 0,34 meq/100g para obtener un 90% de rendimiento máximo.

Posteriormente, durante tres zafas de verano (2009-2012) se realizó un muestreo foliar y de suelos en 214 cultivos comerciales de soja (Bordoli et al., 2012 y 2013). Al estado de crecimiento R1-R2 se tomaron muestras de hojas con pecíolo, y muestras de suelos (a 0-15 cm de profundidad) de la misma área del muestreo foliar. Los nutrientes más frecuentemente deficientes fueron P, K y N, con 42, 39 y 13% de las muestras con concentraciones en hojas por debajo de los valores críticos. La concentración promedio de K fue 1,93%, variando de 0,21 a 3,30%. El 33% de las muestras de soja de primera y el 41% de las de segunda estuvieron por debajo de los valores de referencia de 1,76% (Reuter et al., 1997). El K intercambiable en los suelos analizados varió entre 0,08 y 2,50 meq/100g

confirmando la gran variabilidad en la capacidad de aporte de los suelos de Uruguay. Del total de sitios muestreados el 23% de los casos presentó valores por debajo de 0,30 meq/100g de K intercambiable y un 6% por debajo de 0,15 meq/100g. La relación entre el contenido de K en hoja y el K intercambiable en suelo mostró que en algunos casos con niveles relativamente altos en suelo se observaron valores en hoja considerados bajos. Estos resultados se asocian, entre otros, a problemas de absorción de K por las plantas en sistemas de producción bajo siembra directa donde la exploración radicular es más superficial y más susceptible a problemas de absorción de K en períodos de falta de agua en los primeros centímetros del suelo (Bordoli, 2001). Esto fue sugerido por Bordoli y Mallarino (1998) para explicar la respuesta a la aplicación de K en banda profunda (15-18 cm de profundidad) en maíz en 26 experimentos de respuesta de K en Iowa (EE.UU.), en sitios sobre rastrojo de soja y donde ocurría un período, de al menos 15 días, sin lluvias durante la etapa de mayor absorción de potasio (entre 8 y 18 hojas del maíz).

A partir de 2010 los nuevos estudios de potasio se han enfocado en profundizar la relación de la respuesta a K con la textura de suelo, CIC, contenidos de magnesio y la mineralogía de arcilla de los mismos, y a diferenciar requerimientos y niveles críticos de los diferentes cultivos. Es así, que estudios preliminares en soja (apoyados desde 2010 por IPI) sugerirían niveles críticos en suelo menores a los 0,34 meq/100 gr reportados por Barbazán et al (2011) para varios cultivos en conjunto.

REFERENCIAS

- BARBAZÁN, M.M.; BAUTES, C.; BEUX, L.; BORDOLI J.M.; CANO, J.; ERNST, O.; GARCÍA, A.; GARCÍA, F.; QUINCKE, A. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. **Agrociencia Uruguay**, v.15-2, p.93-99. 2011.
- BORDOLI, J. M. **Dinámica de nutrientes y fertilización en siembra directa**. In Siembra Directa en el Cono Sur. Coordinador Roberto Díaz Rossello. Serie Documentos, PROCISUR, Montevideo, Uruguay. p. 289-297. 2001.
- BORDOLI, J. M.; BARBAZAN, M. M.; ROCHA, L.. **Soil nutritional survey for soybean production in Uruguay**. Agrociencia (Uruguay). Special Issue Striving for sustainable high productivity through improved soil and crop management. p. 76-83. 2012. ISSN 1510-0839..
- BORDOLI, J. M.; BARBAZÁN, M. M.; ROCHA, L.. **Relevamiento nutricional del cultivo de soja en Uruguay**. Pp 24-32; En Simposio "Potasio en sistemas agrícolas del Uruguay". 28 de mayo de 2013, Mercedes, Soriano, Uruguay. El Toboso SRL, Depósito legal N° 360493. 2013.
- BORDOLI, J. M.; MALLARINO, A. P. Deep and shallow banding phosphorus and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. **Agronomy Journal**. v.90, p.27-33. 1998.
- CASTRO, J. L. Informe final del año de práctica. Facultad de Agronomía, Univ. de la Rep. Montevideo, Uruguay. 1965.
- COPE, J.T.; ROUSE, R.D.. **Interpretation of soil Test Results** .In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D (eds)..Soil Testing and Plant Analysis SSSA, p 35-54 1973.
- DIEA – MGAP. **Anuario estadístico agropecuario 2010**. <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,352,O,S,O,MNU>. Verificado 3 de mayo 2012. 2010.
- HERNÁNDEZ, J.; CASANOVA, O.; ZAMALVIDE, J. P. **Capacidad de suministro de potasio en suelos del Uruguay**. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. Boletín de Investigación No. 19. 20p. 1988.
- MOIR, T. R. G.; REYNAERT, E. E. **Ensayos de fertilización de cultivos**. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Ministerio de Ganadería y Agricultura. 1962.
- MORÓN, A.; QUINCKE, A. **Avances de resultados en el estudio de la calidad de los suelos en agricultura en el Departamento de Soriano**. Serie Actividades de Difusión, v.605, p. 5-8. 2010.
- ODRI, N.; CASTRO, J. L.; DOTI, R.; SECONDI, A. **Guía para fertilización de cultivos**. Ministerio de Agricultura y Pesca, Centro de Investigaciones Agrícolas «Alberto Boerger». Dirección de Suelos y Fertilizantes. 1976.
- REUTER, J. B., EDWARDS D.G., N.S. WILHELM. **Temperate and tropical crops**. In: Reuter, D.J.; Robinson, J.B. (ed). Plant analysis, and interpretation manual. Second edition. Collingwood: CSIRO, Australia. 1997.
- VOSS, R. D. **General guide for fertilizer recommendations in Iowa**. Publ. AG-65. Iowa State Univ. Coop. Extension Service. Ames, IA. 1982.

DINÂMICA DO POTÁSSIO EM SOLOS SOB PLANTIO DIRETO

João Kaminski

Professor, Dr., Departamento de Solos – CCR – Universidade Federal de Santa Mari, joao.kaminski@gmail.com

A dinâmica pressupõe movimento de um corpo e suas causas. Em química, estuda-se a cinética (taxas) das transformações de substâncias e na fertilidade do solo estudam-se as taxas das transformações de substâncias portadoras de nutrientes que facilitam ou dificultam sua disponibilidade para as plantas. Os modelos clássicos da dinâmica do potássio em solos valorizam os filossilicatos 2:1 como os responsáveis pelo tamponamento do potássio nos solos. Porém as maiores áreas agrícolas do Brasil ocorrem sobre Latossolos cauliniticos ou óxicos e, mesmo assim, são identificadas frações trocáveis e não trocáveis, como nos primeiros. Possivelmente essas frações não são idênticas quimicamente e merecem uma discussão de como se comportam no suprimento desse nutriente para as plantas cultivadas.

Os estudos sobre a disponibilidade de potássio em solos partem do pressuposto de que todos eles devem possuir teores elevados, estimados por extrator específico, para serem considerados adequados ao crescimento das plantas. Quando se detecta teores abaixo do limite preconizado, as adições devem superar o absorvido pelas plantas para formar uma reserva e evitar que o solo se torne um dreno do nutriente, do mesmo modo que se faz para o fósforo. Por isso, o tratamento dado a estes estudos é similar àqueles, até porque as frações de potássio em solos também são identificadas por extratores com crescente capacidade de extração. Desta forma os processos que controlam a sua biodisponibilidade são descritos como uma sequência de reações nas quais o potássio seria liberado em maiores taxas nas condições de menor energia de ligação e, à medida que esta energia aumenta a liberação diminui. Assim, estas frações são classificadas como trocáveis, por isso facilmente extraíveis, e não trocáveis que seriam acessadas por extratores mais poderosos. Então, tem-se assumido que o solo também funcionaria como um dreno para potássio, conseqüentemente, o K adicionado ao solo poderia ser fortemente retido tornando-o indisponível. Porém, a maioria dos solos ocorrentes no Sul do Brasil, quando possuem argila 2:1, elas estão colapsadas por polímeros de alumínio, o que limitaria a seletividade na adsorção de K. Deste modo, a adsorção de K, quer seja por cargas permanentes (argilas 2:1), ou carga variável (argila 1:1, óxidos ou matéria orgânica), nos pontos de troca é suficientemente forte para evitar a sua lixiviação, mas fracas o bastante para manter o equilíbrio com a solução do solo, portanto mantendo a sua disponibilidade.

Como os mecanismos que controlam a absorção de potássio nas plantas superiores são eficientes, principalmente em baixas concentrações na solução do solo, a presença de raízes absorventes, produz um forte gradiente químico em direção à rizosfera. Isto cria um ambiente favorável à liberação do potássio das frações não trocáveis, por causa dos fenômenos de difusão que, mesmo em concentrações consideradas desfavoráveis, possibilitam o abastecimento da planta com quantidades suficientes para a sua demanda fisiológica. Há que se destacar que as plantas, na grande maioria de situações, absorvem quantidades de K acima de suas necessidades fisiológicas.

Com o advento do sistema de plantio direto (SPD), a ciclagem de nutrientes passou também a ter papel relevante na sua disponibilidade. Os resíduos das plantas de cobertura, ou das culturas, permanecem na superfície decompondo. Então, os nutrientes absorvidos e remanescentes na palha contribuem para o aumento de suas disponibilidades nas camadas superficiais. No caso do potássio, embora se saiba que não forma compostos estáveis, a sua liberação da palhada e a contribuição para biodisponibilidade não tem merecido atenção que é dedicada aos outros macronutrientes.

Como o suprimento de nutrientes para as plantas é dependente de um processo dinâmico no solo, no qual as diferentes frações ocorrentes podem se sobrepor, os métodos de análise por soluções extratoras, refletem somente uma situação estática e, portanto, fornecem uma medida parcial e aproximada da verdadeira disponibilidade. A quantidade extraída pelo método empregado, que é denominada forma lábil, e, dependendo da composição e reatividade do extrator, inclui apenas as frações retidas com menor energia, não estimando

outras frações do elemento que se encontram no solo em condições de contribuir para o suprimento da planta.

Como a dinâmica do potássio no solo sob plantio direto não é diferente daquela das demais frações de uso do solo, a ciclagem é maior e tem papel relevante de quando há limitações no crescimento radicular ou se observa pequenas respostas às adições. As informações acumuladas sobre potássio no solo e usadas para estabelecer as classes de disponibilidade não oferecem segurança. A inclusão de mais variáveis na interpretação da disponibilidade de potássio merece mais atenção. A categorização dos solos em classes (Alto, Médio e Baixo), tomando como função os teores de potássio trocável e não trocável em interpretação concomitante, pode ser uma alternativa para melhorar a predição do uso balanceado de potássio na agricultura. As variáveis para enquadrar os solos nessas novas classes podem ser obtidas de resultados experimentais existentes e as novas pesquisas incluam essa possibilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; FARIAS, J.R.B.; CASTRO, C.; SPOLADORI, C.L.; TUTIDA, F. Efeito Residual da adubação potássica sobre girassol e milho em três diferentes Latossolos Roxos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.12, p.1227-1234, 1997.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; FARIAS, J.R.B.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação potássica e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo Eutrofico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.10, p.1009-1022, 1997
- MIELNICZUK, J. Formas de potássio em solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, n. 2-3, p. 55-61, 1977.
- MIELNICZUK, J.; SELBACH, P. Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, n. 2, p. 115-120, 1978.
- OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A. E.; BEATTY, M. T. Potassium removed from some Southern Brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extraction methods. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 35, n. 4, p. 763-767, 1971.
- BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER D. S.; KAMINSKI, J.; GATIBONI, L. C.; TESSIER, D. Alterações na mineralogia de um argissolo do Rio Grande do Sul submetido à fertilização potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 327-335, 2005.
- NACHTIGALL, G. R.; VAHL, L. C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 1, p. 37-42, 1991
- MELO, G.W.; MEURER, E.J.; PINTO, L.F.S. Fontes de potássio em solos distroféricos caulíníticos originados de basalto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.597-603, 2004.
- KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G.; MOTERLE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n.3, p. 1003-1010, 2007.

ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM SOLOS SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO

Carlos Alexandre Costa Crusciol, Rogério Peres Soratto & Ciro Antonio Rosolem

Professores da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Caixa Postal 237, 18.603-970, Botucatu, SP. Bolsistas em Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: crusciol@fca.unesp.br; soratto@fca.unesp.br; rosolem@fca.unesp.br

O sistema plantio direto (SPD) é, sem dúvidas, o grande responsável pela continuidade da exploração agrícola dos solos brasileiros com sustentabilidade. Esse sistema de manejo do solo é prática eficiente no controle da erosão, propiciando maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhorando as condições físicas do solo, com o aumento da matéria orgânica, refletindo positivamente nas suas características químicas e biológicas.

Com a expansão do SPD, aumentou a necessidade de se conhecer a dinâmica de cada nutriente no sistema solo-planta, uma vez que os fertilizantes são aplicados nos centímetros superficiais, sem revolvimento posterior, e os restos culturais são mantidos na superfície, ou seja, o montante reciclado pelas plantas também é liberado nas camadas superficiais do solo.

O potássio (K) é um nutriente que merece especial atenção no SPD, pelo seu efeito salino quando aplicado em elevadas doses no sulco de semeadura, pela possibilidade de aplicações a lanço em área total e pela alta capacidade de sua liberação pelos restos culturais. Isso pode influenciar na escolha das técnicas mais adequadas de fertilização do solo, como épocas e doses, pois o manejo inadequado da adubação potássica pode trazer problemas ambientais e/ou econômicos.

O K do solo compreende o K da solução, o K trocável, o K não trocável (fixado) e o K estrutural, e o suprimento de K para as plantas advém da solução e dos sítios de troca dos colóides do solo, que estão em equilíbrio com o K não trocável e com o K estrutural dos minerais. A disponibilidade de K, assim como a capacidade de suprimento deste nutriente pelo solo depende da presença de minerais primários e secundários, da aplicação de fertilizantes e da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, além da ciclagem do nutriente pelas plantas. Em outras palavras, a disponibilidade depende das formas de K presentes e da quantidade armazenada em cada uma dessas formas, aspectos que contribuem na movimentação e dinâmica do K no perfil do solo.

A passagem do K da forma trocável para a não trocável pode ser rápida, dependendo da concentração do nutriente na solução do solo, fazendo com que seja possível a ocorrência de perdas por lixiviação das formas inicialmente não disponíveis, devido à tendência natural de equilíbrio. A energia de retenção dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} aos colóides do solo segue uma série denominada liotrópica, resultando na maior lixiviação de K em solos bem drenados, principalmente em solos com menor CTC, característica de grande parte da região centro-sul do Brasil.

O K trocável é tido como a reserva prontamente disponível às plantas ou, aquela absorvida pelas plantas no período de cultivo, enquanto que o K não trocável constitui uma reserva que pode ser utilizada à medida que os níveis do K trocável diminuem. Assim, as formas não trocáveis dão uma ideia da fração de K que poderá estar disponível às plantas e sua relação no sistema solo-planta.

A recomendação de adubação potássica é fundamentada, principalmente, nos teores de K trocável do solo, porém, já se admite que outras duas fontes de K podem contribuir, em curto prazo, para a nutrição das plantas. Essas fontes são as formas não trocáveis de K, em alguns solos, e o K presente nos restos culturais.

Para recomendações de adubação potássica às culturas, principalmente no SPD, é importante definir a disponibilidade das diferentes formas de K no solo às plantas e suas influências na dinâmica do K no perfil do solo. Isso porque a aplicação insuficiente de adubo pode levar ao esgotamento das reservas do solo e a aplicação excessiva pode intensificar as perdas, mesmo em solos com média e alta CTC. Assim, tem sido constatado que o efeito residual da adubação potássica aumenta as quantidades de K percolado nos solos de textura média e argilosa e a movimentação de K no perfil do solo está relacionada com o

teor inicial resultante da adubação potássica anterior nos dois tipos de solo. Além disso, a passagem de K considerado não trocável para trocável é rápida com aumento do efeito residual, influenciando na lixiviação.

Os restos vegetais deixados na superfície do solo no SPD podem constituir uma reserva considerável de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa, ou lenta e gradual, dependendo da interação entre a espécie utilizada, manejo da fitomassa (época de semeadura e de corte), umidade (regime de chuvas), aeração, temperatura, atividade macro e microbiológica do solo, composição química da palha e tempo de permanência dos resíduos em superfície.

O K é o segundo nutriente mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais, depois do N, e tem alta mobilidade na planta, em qualquer concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema ou no floema. Esse nutriente não é metabolizado na planta, não possui função estrutural no metabolismo vegetal, e forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade, além de ser o íon mais abundante nas células vegetais.

Como o K nos restos vegetais não fica incorporado às cadeias carbônicas, após a colheita ou senescência das plantas ele volta rapidamente ao solo em forma prontamente disponível para as culturas, fazendo da palhada um reservatório expressivo de K no curto prazo.

É evidente que o cultivo de espécies vegetais conhecidas como plantas de cobertura intensifica a oferta de nutrientes nas camadas superficiais do solo. Contudo, o tipo ideal de cobertura do solo para o SPD é aquele cuja taxa de decomposição dos resíduos vegetais é compatível com a manutenção do solo protegido contra agentes erosivos por maior período de tempo e com o fornecimento de nutrientes sincronizado com a demanda pela cultura subsequente.

Em função da dinâmica do K no sistema solo-planta em SPD, está ocorrendo uma importante modificação, quanto ao manejo da adubação potássica nesse sistema de produção, que é a possibilidade de se fazer a antecipação dessa fertilização na planta de cobertura e/ou sobre a palhada dessecada, com resultados satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; ROSOLEM, C.A. Manejo do potássio e enxofre no sistema plantio direto. In: FONSECA, A.F.; CAIRES, E.F.; BARTH, G.. (Org.). **Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Sistema Plantio Direto**. Ponta Grossa: AEACG/UEPG, 2011, v. 1, p. 131-164.
- CRUSCIOL, C.A.C. Qualidade química do solo. In: DECHEN, S. C. F. **Workshop sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: Fundação Agrisus; FEALQ; Campinas: Instituto Agrônomo, p. 103-117, 2007.
- CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; BORGHI, E.; MATEUS, G.P. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, n.125, p.2-15, 2009.
- CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J.J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2005. p.71-91.
- FOLONI, J.S.S. **Dinâmica do potássio em sistema de produção de soja em rotação com aveia e milho**. 2003. 139p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- GARCIA, R.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, v.28, p.579-585, 2008.
- LOPES, A.S. Reserva de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2005. p.21-32.
- MCLEAN, E.D.; WATSON, M.E. Soil measurement of plant available potassium. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p.277-308.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafós, 1991. 343p.
- ROSOLEM, C.A. Adubação potássica em semeadura direta. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO. **Anais**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1997. 12p. (Resumos e Palestras).
- SPARKS, D.L.; HUANG, P.M. Physical chemistry of soil potassium. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p.201-276.
- VASCONSELOS, C.A.; SANTOS, H.L.; FRANÇA, G.E. O potássio na cultura do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. **Anais**. Piracicaba, Ibrafos, 1982. p.437-448.

COMO CRIAR NOVOS PATAMARES DE PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA

Orlando C. Martins

Engenheiro agrônomo, SNP Consultoria, Diretor presidente do Comitê Estratégico Soja Brasil- CESB, Viçosa, MG, martins@snpconsultoria.eng.br

O CESB – Comitê Estratégico Soja Brasil é uma entidade sem fins lucrativos (OSCIP), que foi criada em 2007 por profissionais de diferentes áreas de conhecimento que trabalham profissionalmente com a cultura de soja. O objetivo do CESB é o de aumentar a produtividade média da soja do Brasil dos atuais 47 sc ha⁻¹ para 67 sc ha⁻¹. Para que isso ocorra, os membros do CESB, concluíram que será necessário que os agricultores e técnicos que trabalham com a cultura, consigam desenvolver um novo modelo de produção que permita atingir produtividade de 90 sc ha⁻¹ em nível comercial nas fazendas mais produtivas, as quais atingem em torno de 60 sc ha⁻¹ atualmente.

Para ajudar a desenvolver esse novo modelo de produção, o CESB criou em 2008 o Desafio Nacional de Máxima Produtividade, que tem como objetivo, criar um ambiente saudável de competição, onde os agricultores e técnicos possam expressar os seus conhecimentos adquiridos ao longo dos anos e propor novas ideias de como proceder para se obter maiores produtividades. Essa experiência conjunta possibilita o afloramento de novas técnicas que contribuem para o aumento da produtividade da cultura da soja.

Os agricultores que conseguem as maiores produtividades são homenageados e premiados no Fórum Nacional de Máxima Produtividade da Soja. As técnicas utilizadas nas áreas campeãs são divulgadas para os participantes desse Fórum e também nos Fóruns Regionais, sites do CESB e através de outros veículos de comunicação, de forma que outros agricultores possam testar essas técnicas e verificar se as mesmas podem contribuir para o aumento da produtividade em suas propriedades.

Todas as áreas com produtividade igual ou superior a 90 sc ha⁻¹, são auditadas por empresa de auditoria contratada pelo CESB, o que garante a veracidade das produtividades destas áreas. Na última safra, 2012/13, o Campeão Nacional, Sr. Hans Jan Groenwold do município de Castro - PR, obteve uma produtividade de 110,55 sc ha⁻¹, batendo um novo recorde de produtividade com a cultura de soja no Brasil. Na primeira safra, em 2008/09, nenhuma área atingiu produtividade de 90 sc ha⁻¹, em 2009/10 duas áreas produziram acima de 90 sc ha⁻¹, em 2010/11 e 2011/12 foram 8 áreas a atingir esse patamar. Já na safra 2012/13 foram 22 áreas que produziram acima de 90 sc ha⁻¹. Está ocorrendo uma evolução rápida no número de agricultores que conseguem atingir produtividades acima de 90 sc ha⁻¹. Até a última safra, 40 áreas atingiram e, em poucos anos, teremos centenas de áreas atingindo e ultrapassando essa produtividade. Este cenário facilitará o entendimento dos fatores de produção que levam a esta produtividade e, conseqüentemente, ao domínio da tecnologia necessária para esses novos patamares de produtividade.

CESB: www.cesbrasil.org.br
www.desafiosoja.com.br

PORQUE NÃO ALCANÇAMOS PRODUTIVIDADES MAIORES NO BRASIL?

Luís I. Prochnow, Valter Casarin, Eros Francisco

International Plant Nutrition Institute (IPNI), Brazil Program Director, Rua Alfredo Guedes, 1949, Sala 701, 13.416-901, e-mail do autor correspondente: lprochnow@ipni.net

Sabe-se que o Brasil tem enorme potencial para a atividade agropecuária. O país tem ampla área territorial ainda a ser explorada e áreas de pastagens extensivas a serem convertidas em agricultura de grande potencial produtivo. Além disto, o país conta com clima, mão de obra e tecnologia que poderão impulsionar as produtividades e o lucro dos agricultores. A política agrícola deixa a desejar em vários aspectos, mas há possibilidade de melhoria se o Brasil entender que, acima de tudo, a sua vocação é para este setor. De certa forma, em tempos recentes, houve relativo progresso na expansão da agricultura, com incremento da produtividade em algumas situações. Precisamos agora aperfeiçoar o processo.

Apesar dos fatores positivos citados acima, ainda existe muito trabalho a ser feito, destacando-se a necessidade de aumentar a produtividade média de várias culturas. Este trabalho objetiva discutir alguns dos principais fatores que levam o Brasil a não alcançar maiores produtividades.

Mediante o convite para abordar este tema, a estratégia adotada foi a de entrar em contato com vários líderes importantes de nosso setor, no sentido de colher opiniões sobre os motivos que levam a tal situação, ou seja, baixa produtividade. Dentre as pessoas contatadas, responderam as indagações os profissionais a seguir: Bernardo van Raij, IAC; Ciro Rosolem, UNESP Botucatu; Claudinei Kappes, Fundação MT; Dirceu Mattos Júnior, IAC; Heitor Cantarella, IAC; José Francisco Cunha, Tecnofértil; José I. Demattê, Consultor Agrônomo; José Antonio Quaggio, IAC; Leandro Souza da Silva, UFSM; Leandro Zancanaro, Fundação MT; Leonardo Theodoro Bull, UNESP Botucatu; Nelson Horowitz, Consultor Agrônomo; Orlando Carlos Martins, Consultor Agrônomo; Silvia Stipp, IPNI Brasil. As respostas foram compiladas e serviram de base para os comentários a seguir.

Em resumo, os motivos fundamentalmente citados como razão para baixa produtividade foram:

1. Assistência técnica inadequada, ou seja, o país possui tecnologia para atingir tetos maiores de produtividade, porém existe carência de profissionais preparados para difundir e aplicar estes ensinamentos no campo.
2. Cultivares ou híbridos utilizados de forma inadequada.
3. Descuido na semeadura ou plantio prejudicando o arranjo espacial das plantas no campo de cultivo que ficam fora dos padrões considerados adequados. Parte deste efeito é em decorrência da semeadura ser de péssima qualidade.
4. Balanço negativo de nutrientes em vários sistemas de produção. Exemplo: carência de nitrogênio em sistemas de produção no Mato Grosso. Desequilíbrio nutricional devido a aplicações equivocadas de fertilizantes em relação a fonte, dose, local e época de aplicação. Em especial as doses são definidas por critérios ultrapassados.
5. Controle inadequado de pragas e doenças. Atualmente, o nematoide em soja constitui a principal preocupação de inúmeros sojicultores.
6. Nível de produtividade de soja estagnado em 3.000 kg ha⁻¹ devido principalmente a:
 - 6.1. Ferrugem asiática
 - 6.2. Cultivares muito precoces
 - 6.3. Época de semeadura muito antecipada
 - 6.4. Expansão da cultura para solos arenosos

7. Aversão ao risco. O crédito no Brasil é relativamente caro e os agricultores, especialmente os pequenos, tendem a praticar uma agricultura de baixo custo, com reduzido uso de insumos (exemplo: pastagens).
8. Em sistemas de produção sem irrigação há necessidade de se implementar condições para amplo desenvolvimento do sistema radicular (em superfície e subsuperfície). Práticas como calagem profunda, gessagem e semeadura direta adequada (quantidade de palha, qualidade física do solo, etc) são fundamentais neste sentido.
9. Otimização na aplicação de insumos agrícolas.
10. Opção por maior rendimento operacional em detrimento da qualidade das operações. Pratica-se uma agricultura essencialmente de insumos e máquinas e não de conhecimento. Problemas operacionais desde a abertura das áreas levando a grande desuniformidade das áreas de produção.
11. Sistemas de semeadura direta totalmente inadequados segundo os conceitos ideais para esta prática (o que se chama de semeadura direta esta muito distante do que seria adequado).
12. Desrespeito total ao ambiente de produção, instalando-se culturas em situações de solo-clima totalmente inaptos as mesmas.
13. Problemas crescentes de compactação dos solos.
14. No caso da cana-de-açúcar a colheita mecanizada leva a maiores quantidades de palha na superfície do solo, o que por sua vez diminui a temperatura do mesmo e pode afetar as produtividades obtidas. Outro fator fundamental é que a colheita mecanizada leva a maior compactação, o que esta sendo decisivo na dificuldade de se aumentar as produtividades da cultura. Além disto, o clima foi inadequado por vários anos para esta cultura, o que diminuiu o potencial de produtividade.

Avaliando as opiniões verifica-se que não existe nada de excepcional para justificar a produtividade abaixo do potencial produtivo das culturas. Constata-se grande preocupação com a aplicação de alta tecnologia, sem no entanto, atentar para atividades básicas. Isso fica bem claro na declaração do Leandro Zancanaro: "estamos necessitando menos de agricultura de precisão e mais de precisão na agricultura".

Entre todos os fatores citados os autores deste trabalho enfatizam a questão da extensão agrícola, a qual encontra-se muito deficiente no País. Será muito difícil atingirmos maior nível de produtividade sem os profissionais adequados com condições adequadas para difusão da tecnologia já existente.

O IPNI Brasil tem a intenção de fomentar a discussão deste assunto no sentido de colaborar para a adoção de práticas que levem a maiores produtividades em nosso território.

Os autores agradecem imensamente a todos os que forneceram opiniões para a discussão deste tema. Foram opiniões de elevado valor, pois representam pessoas que vivem o dia a dia da atividade agropecuária.

ADUBAÇÃO POTÁSSICA DO CAFEIEIRO

José Laércio Favarin, Tiago Tezotto, Pedro Paulo de Carvalho Teixeira

Professor responsável pela disciplina cultura do cafeeiro, ESALQ, Piracicaba, São Paulo, 13418-900, favarin.esalq@usp.br; Doutorando em Fitotecnia, ESALQ, Piracicaba, São Paulo, 13418-900, tiagotesotto@gmail.com; Mestrando em Fitotecnia, ESALQ, Piracicaba, São Paulo, 13418-900, ppdcteix@gmail.com

RESUMO

A cafeicultura brasileira passou por grandes transformações nos últimos 30 anos, e já não é raro produzir mais de 6.000 kg por hectare de grãos de café. Entre as inúmeras mudanças, cabe mencionar o acréscimo de quatro mil cafeeiros por hectare; o plantio em renque, com distância entre plantas variável entre 0,5 e 1,0 m; abandono do revolvimento nas ruas; e a mais recente, o aumento da área irrigada de 10 mil para 250 mil hectares (Santinato; Fernandes, 2012). Em razão desses avanços, a produtividade média mais que triplicou, está por volta de 2.000 kg por hectare.

A assimilação dos conhecimentos pelos cafeicultores nas áreas de fertilidade e nutrição da planta, entre outros avanços técnicos no manejo da cultura, também contribuíram para a evolução da produtividade.

O cafeeiro é uma planta perene que não elimina frutos. O florescimento representa o fim de um ciclo de crescimento vegetativo, ao mesmo tempo em que inicia uma nova fase vegetativa. Portanto, a fertilização precisa considerar os dois drenos nutricionais; o primeiro representado pela frutificação, e o segundo, a demanda do novo crescimento vegetativo, onde se dará a carga potencial da próxima safra.

Em razão destas características, sempre que produz uma grande safra, a demanda por fotoassimilados e nutrientes pode não ser suficiente à granação e a vegetação em curso, o que significa maior uso das reservas contidas nas folhas, ramos e raízes, com queda de folhas, e em casos mais severos à morte de raízes e ramos ("Die back"). Fato semelhante se dá com os nutrientes, particularmente os que são móveis no floema, como o K, cuja redistribuição dos órgãos de reservas para os grãos chega a 60%, conforme o estado nutricional da planta (Lima Filho; Malavolta, 2003). Lembrar que o cafeeiro é uma exceção entre as plantas cultivadas, porque acumula grande quantidade de K nos frutos (Malavolta, 1985). Esta é a explicação do paradoxo de o cafeeiro responder a adubação potássica, em ano de safra baixa, quando o crescimento vegetativo é intenso, e o N é mais importante do que o K. A dose deste nutriente, em geral, é mantida independente do volume da safra, a fim de repor as reservas remobilizadas, para não depauperar a lavoura.

O potássio é o segundo nutriente mais exigido pelo cafeeiro depois do nitrogênio. A recuperação do K pela planta é superior a 70%, quando aplicado no solo. Vários fatores explicam esta taxa de recuperação de K pelas plantas, como: o potencial genético; textura; capacidade de troca de cátions; mineralogia do solo; manutenção da umidade por mais tempo entre -0,02 e -1,0 MPa, faixa de água disponível; modo de aplicação do K; sistema de produção adotado, com mais ou menos plantas por hectare.

A dinâmica do K nos solos tropicais é distinta dos de regiões temperadas. Em decorrência, muitas interpretações e metodologias amplamente aceitas na literatura devem ser vistas com cuidado, quando são considerados os fenômenos de agem sobre o K nos solos brasileiros.

O equilíbrio entre as frações de K no solo regula a sua disponibilidade às plantas (Sparks, 2003). O K primeiro é extraído da solução, e o equilíbrio é restabelecido pela fração trocável, e à medida que esgota esta fração, há liberação de K não trocável e estrutural (Sparks, 2003). A maior parte dos solos agricultados nos trópicos pertence às classes dos Latossolos, Argissolos e Neossolos Quartzarênicos, em que a fração de K não trocável é pouco significativa (Ernani et al, 2007). A reposição da solução do solo pelo K não trocável é lenta, quando presente entrecamadas de argilominerais 2:1 (Sparks, 2003). Entretanto, isto não se aplica à grande parte dos solos brasileiros, em que predominam caulinita e óxidos de ferro e alumínio. Neste caso, o que importa é o equilíbrio entre o K da solução com a fração

trocável. E, ainda, não se sabe se o cafeeiro consegue aproveitar a fração de potássio não trocável, quando existente, presente entre camadas.

Aspecto importante sobre o cafeeiro é a bienalidade da produção. O cafeeiro exporta grandes quantidades de K nos frutos na safra alta (grãos e casca), e, assim, era de se esperar que a demanda da planta na safra baixa fosse menor. Contudo, Silva *et al.*, (2001) obtiveram resposta, ainda que com pouca variação na quantidade de sacas produzidas, a qual se deve a recomposição das reservas do caule, ramos, folhas e raízes, de onde o K fora redistribuído aos frutos.

Com as mudanças que aconteceram na cafeicultura, em particular, o aumento da produtividade média, a dose de potássio por hectare também aumentou, como indicam as doses recomendadas (K_2O) para produção acima de 30 sacas beneficiadas por hectare de arábica, as quais variam entre 110 a 200 kg ha⁻¹ (Raij *et al.*, 1997), de 225 a 340 kg ha⁻¹ (Guimarães *et al.*, 1995), e entre 220 e 520 kg K_2O ha⁻¹ em café conilon (Prezotti *et al.*, 2007), em solo com teor de K entre 1,5 e 3 mmol_c dm⁻³.

Nos últimos anos aumentaram os relatos de deficiência de Mg em várias regiões produtoras de arábica, com prejuízo da produção, pela formação de grãos chochos. É provável que esta deficiência esteja associada ao aumento da dose de K, enquanto o teor adequado de Mg continuou o mesmo (5 a 8 mmol_c dm⁻³). Para evitar o efeito adverso do K sobre o Mg, cabe lembrar a seguinte regra prática: “... **os teores de potássio não devem superar os de magnésio**” (Raij, 2011). Para segurança adotar relação Mg/K maior do que 2, pois dose alta de K pode, com o tempo, alcançar o teor de Mg no solo. Cabe mencionar que a cada 94 kg ha⁻¹ de K_2O aplicado no cafezal, equivale a adição de 1,0 mmol_c dm⁻³.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ERNANI, P.R. *et al.*; in NOVAIS, R.F. *et al.* (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. IX, p. 552-594, 2007.
- GUIMARÃES *et al.*; In RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, p. 289-302.
- LIMA FILHO, O.F.; MALAVOLTA, E. Studies on mineral nutrition of the coffee plant (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho). LXIV. Remobilization and re-utilization of nitrogen and potassium by normal and deficient plants. **Brazilian journal of biology**, v. 63, n. 3, p. 481-490, 2003.
- MALAVOLTA, E. Potassium status of tropical and subtropical region soils. In R.D. Munson (ed.) **Potassium in agriculture**. American Society of Agronomy, Madison, WI., 1985, p. 163-200.
- PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S.M.; GUARÇONI, M.A.; LANI, J.A. Calagem e Adubação do Cafeeiro Conilon. In: Romário Gava Ferrão *et al.* (Eds.) **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007, p.329-334.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. 2 ed., Uberaba: Autores, 2012, 396p.
- SILVA, E.D.B. *et al.* **Resposta do cafeeiro à adubação potássica em safras de baixa e alta produção**, Pesq. agropec. Bras. v. 36, n. 11, p. 1331-1337, 2001.
- SPARKS, D.L. Ion Exchange Processes. In: (Ed.). **Environmental Soil Chemistry (Second Edition)**. Burlington: Academic Press, 2003. p.187-205.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2011, 420 p.

MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA SOJA

Leandro Zancanaro

Pesquisador e Gestor Projetos Agrícolas, FUNDAÇÃO MT, Cx. P. 79, CEP 78.750-00, Rondonópolis – MT, leandrozancanaro@fundacaomt.com.br

O Potássio é o segundo nutriente absorvido em maior quantidade pelas culturas perdendo apenas para o nitrogênio. O potássio também é o segundo nutriente exportado em quantidade pela cultura da soja. Porém, na cultura da soja não há necessidade de aplicar nitrogênio devido à fixação simbiótica de nitrogênio. Ou seja, anualmente o nutriente que precisa ser aplicado em maior quantidade para manter positivo o balanço de nutrientes em um programa de adubação na cultura da soja é o potássio. Quando o sistema de produção incluir duas culturas comerciais de alto potencial produtivo a importância do manejo adequado do potássio aumenta. Quanto maior a produtividade das culturas maior é a quantidade de nutrientes exportada. As recomendações quanto à adubação potássica devem acompanhar, ao longo do tempo, os valores exportados de potássio, considerar a eficiência da adubação praticada, as análises foliares, e a evolução dos teores no solo.

Este acompanhamento é fundamental, pois de modo geral as adubações realizadas com potássio nas lavouras comerciais estão muito próximas ou abaixo do que é exportado pelas culturas comerciais. Significa que se a eficiência da adubação não for elevada, com o tempo, pode haver o esgotamento do solo resultando no início, em perda “silenciosa” de produtividade, mas podendo resultar em sintomas visuais de deficiência de potássio. Estes fatos tornam-se mais frequentes em sistemas mais intensivos de produção, onde o tempo cronológico é o fator determinante da adubação, pois realiza-se o cultivo de duas culturas dentro do mesmo ano agrícola.

Em cada ano agrícola, na região do Centro-Oeste brasileiro chove apenas em 7 a 8 meses. Neste contexto o produtor e a assistência técnica estão optando, até com certa negligência técnica, por operações de alto rendimento operacional, adubação a lanço, com faixas de aplicação largas e heterogêneas, resultando na maioria das vezes, por exemplo, em aplicações com “taxa variável” dentro da própria faixa de aplicação de potássio.

Por outro lado, a introdução e o cultivo de novos materiais genéticos de soja com potencial produtivo cada vez mais elevado e/ou mais precoces, com hábitos de crescimento variados, podem resultar em uma marcha de absorção de potássio diferente da observada nos materiais mais antigos assim como também numa absorção/ exportação maior do que aquelas relatadas na literatura atual. Daí a importância do monitoramento da condição nutricional da cultura e o detalhamento do quanto cada produtor esta retirando de potássio da sua lavoura.

Na literatura atual, principalmente para o milho e o algodão, existe enorme heterogeneidade de resultados em relação à quantidade de potássio exportado pelas culturas. Informação correta é fundamental para cálculo do balanço de potássio no sistema de produção.

Mas, como aumentar a eficiência da adubação potássica na cultura da soja?

- Amostragem correta, com todo o cuidado, seguindo os critérios técnicos recomendados;

- Interpretação “sistêmica e ampla” destes resultados, tendo consciência de que toda e qualquer recomendação oficial representa apenas uma referência de uma coletânea muito grande de resultados de pesquisa e que, não podem ser interpretados isoladamente. A interpretação e recomendação de qualquer corretivo e adubação é muito dinâmica, sendo necessário compreender que é possível a existência de dois campos praticamente iguais quanto aos resultados das análises de solo e que estes podem responder diferente às adubações, inclusive de potássio, devido a eficiência de cada sistema de produção;

- No decorrer de cada ano agrícola fazer o balanço de potássio aplicado dentro do sistema de produção praticado, associando-o com a eficiência do manejo da adubação adotado;

- É fundamental que o volume de solo explorado pelas raízes seja elevado, ou seja, há necessidade das raízes da soja (e também de outras culturas dentro do sistema de produção) terem condições de crescer em profundidade. Isto também é fundamental para a absorção de água. A disponibilidade de nutrientes não pode ser relacionada apenas aos teores de nutrientes no solo. Deve ser relacionada com o volume de solo efetivamente explorado pelas culturas;

- Há necessidade de ter dentro do sistema de produção culturas com capacidade elevada de reciclar potássio, principalmente em solos de CTC baixa;

- Há necessidade de saber como é a absorção e a exportação do potássio pelas culturas comerciais presentes no sistema de produção. A amostragem de solo logo após a colheita do milho ou, após a colheita do algodão ou ainda, quando a maioria das culturas de cobertura estão com a quantidade de biomassa acumulada elevada, subestimam os resultados de potássio das análises de solo;

- Eliminar qualquer risco de perda de nutrientes por escoamento superficial. O Sistema de Plantio Direto (SPD) quando bem realizado reduz muito as perdas de solo, porém, as perdas de água ainda podem ocorrer de forma intensa. Daí a importância do plantio em nível, da presença dos terraços, presença constante de cobertura em toda a superfície do solo... Isto é tecnologia!!! Mesmo em áreas suavemente onduladas, também é possível haver perda de potássio por escoamento superficial. Em áreas onde há terraços, a perda de nutrientes por escoamento superficial sobre estes terraços é elevada;

- Neste momento surge a necessidade de discutir o modo de fazer a adubação com potássio. Os resultados de pesquisa demonstram não haver diferença entre aplicações de potássio a lanço ou no sulco de plantio, desde que estas sejam uniformes, a quantidade de potássio aplicada no sulco de plantio não seja elevada e ainda, que o mesmo seja aplicado "longe" das sementes, devido ao efeito salino. De modo geral, não recomenda-se mais que 40 Kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de plantio na soja. O restante tem que ser aplicado antes ou após o plantio, conforme o solo. Também é importante saber a marcha de absorção de potássio pela cultura da soja. Em áreas deficientes em potássio e/ou onde a qualidade operacional deixa a desejar ou ainda, quando há riscos de escoamento superficial, mesmo que laminar, a prática da adubação no sulco de plantio tem sua importância;

- Aplicação uniforme dos fertilizantes. A agricultura de precisão quanto à mecanização agrícola, começa com coisas simples, como a aplicação uniforme dos fertilizantes;

- O potássio apresenta mobilidade no solo em profundidade, sendo passível de lixiviação. Esta mobilidade em profundidade é maior quanto menor for a CTC do solo. Em solos de CTC baixa é necessário parcelar o potássio durante o ciclo da cultura, principalmente quando o período de cultivo é chuvoso. Em solos de CTC mais elevada, com culturas que apresentam maior capacidade de reciclar potássio não há necessidade de parcelar a adubação, podendo toda a adubação de potássio ser feita antes do plantio ou em uma única cultura;

- Ter consciência e aceitar que mais que manejar o potássio na cultura da soja, há necessidade de manejar o potássio no sistema de produção, sendo que para cada sistema de produção a eficiência de aproveitamento do potássio é diferente. Cabe a cada um que vive e gosta da agricultura, melhorar esta eficiência, nem que para isto seja necessário a mudança do sistema de produção ou a forma de adubação.

ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA CULTURA DO MILHO

Gabriel Barth

Eng. Agrônomo Dr. Coordenador do Setor de Solos e Nutrição de Plantas da Fundação ABC – Castro, PR
gabrielbarth@fundacaoabc.org.br

A cultura do milho, o mais tradicional cereal produzido no Brasil, tem passado por notáveis transformações, apesar de não haver grande incremento de área. A melhoria da tecnologia tem resultado em aumentos consideráveis de produção (Bull; Cantarella, 1993). Dentro dessas transformações estão incluídos, principalmente, a nutrição mineral adequada, melhoria das características agrônômicas, prática de manejo que no conjunto e adequadamente combinadas, tem propiciado crescimento do nível tecnológico, aumento de produtividade e obtenção de excelentes resultados financeiros aos agricultores (Deparis, 2006).

A adubação é um dos fatores que mais contribui para o aumento da produtividade do milho (Ferreira et al., 2001), através de programas de adubação que considerem, além da quantidade de fertilizante fornecida, também o balanço entre nutrientes requeridos, aliados a condições climáticas adequadas, principalmente em termos de precipitação pluviométrica (Bull; Cantarella, 1993).

A necessidade nutricional do milho é determinada pela quantidade de nutrientes absorvidas, permitindo estimar as taxas que serão exportadas através da colheita dos grãos. A Tabela 1 permite comparar a extração e exportação de nutrientes em culturas de milho em baixo e alto rendimento de grãos.

Tabela 1. Absorção e exportação de macronutrientes, correspondentes ao rendimento de grãos, pela cultura do Trigo .

Nutrientes	5.900 kg ha ⁻¹		9.100 kg ha ⁻¹		% nos grãos
	Absorção (kg ha ⁻¹)	Exportação (kg t ⁻¹)	Absorção (kg ha ⁻¹)	Exportação (kg t ⁻¹)	
N	163	22,6	190	14,2	68
P	28	4,7	39	3,4	80
K	69	6,5	196	4,3	20
Ca	20	0,1	40	0,1	4
Mg	38	1,8	44	1,2	26
S	16	2,1	21	1,3	58

Fonte: Bull ; Cantarella, 1993.

Podemos observar que depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maior quantidade pelo milho, sendo que 20% são exportados nos grãos.

Em função da característica regional e recomendação de adubação pode variar conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Adubação com K₂O (kg ha⁻¹) baseado no nível de fertilidade do solo para cada região.

Produtividade esperada	Nível de fertilidade do solo							
	Baixo		Médio			Alto		
(t/ha)	SP	MG	SP	MG	Cerrado	SP	MG	Cerrado
6	70	50	40	40	60	20	20	30
8	110	70	70	60	60	30	40	40
10	140	90	110	80	80	60	60	70
12 ou mais	160	> 90	130	>80	120	90	>60	120

Fonte: RIBEIRO et al., 1999; SOUSA; LOBATO, 2004; RAIJ et al., 1997.

A relação N:K é importante desde os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, em geral, quando as doses de nitrogênio são aumentadas, sem serem balanceadas com potássio e outro nutrientes, a produção é reduzida. A relação N:K afeta aspectos qualitativos

da cultura do milho, como conteúdo de proteína, qualidade de silagem e peso de 100 grãos. Além disso, o potássio aumenta a produção, a eficiência de utilização do nitrogênio e a absorção total do nitrogênio pela cultura (Bull; Cantarella, 1993). Aplicações elevadas de nitrogênio sem um aumento correspondente de potássio podem resultar em relação N:K inadequadas dentro da planta, com conseqüente queda de produção de biomassa (Bull; Cantarella, 1993).

Segundo dados de pesquisa de 1997 e 2013 da Fundação ABC (Pauletti; Barth, dados não publicados), em solos com fertilidade muito alta da região de Castro e Arapoti não houve resposta da interação entre doses de nitrogênio com as doses de potássio.

A resposta do milho à adubação potássica varia quanto ao tipo de solo, saturação de Ca e Mg na solução e ao nível inicial deste no solo (Meurer; Anghinoni, 1993), ao nível de produtividade esperado (Raij et al., 1996) e ao material genético estudado (Furlani et al., 1986).

As recomendações de doses de adubos nitrogenados e potássicos são variáveis em função das condições da fertilidade natural do solo. Além disso, devem ser consideradas as expectativas e produtividade, riscos climáticos e o retorno econômico da tecnologia empregada. Dessa forma, pesquisas regionais visando determinar as doses econômicas de N e K são de grande importância para que o agricultor possa racionalizar os custos de produção e auferir maiores lucros com as lavouras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, V. M. et al. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H.; (ed). **Recomendações para uso corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999. cap. 18.4.13, p. 314-316.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral de milho. In: Büll, T; Cantarella, H.; (ed). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, p. 63-145, 1993.
- DEPARIS, G. A. Espaçamento, adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. Marechal Cândido Rondon, PR, 2006, p.63, (Dissertação de Mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.131-138, 2001.
- FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; LIMA, M. Crescimento diferencial de linhagens de milho em solução nutritiva com baixo nível de potássio. **Bragantia**, v. 45, p. 303-316, 1986.
- LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. Fertilidade do Solo e máxima eficiência produtiva. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; (ed). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 11, p. 306-308.
- MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 377-382, 1993.
- RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. 285p.

ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA CANA DE AÇÚCAR

Raffaella Rossetto

Pesquisadora, APTA – Polo Regional Centro Sul, Piracicaba – Programa Cana de Açúcar- IAC– C. P. 28 13400-970 Piracicaba, S.P., raffaella@apta.sp.gov.br

A Cana de açúcar é cultivada em cerca de 9 milhões de hectares no Brasil (safra 2012/13), e representa um dos mais importantes setores da economia brasileira, com faturamento superior a 36 bilhões de dólares, gerando divisas da ordem de 16 bilhões de dólares. A força de trabalho representa mais de 1 milhão de empregos diretos.

Para a produção das 580.000 toneladas de cana obtidas na última safra foram utilizados cerca de 14% do fertilizante NPK destinado à produção agrícola brasileira.

O potássio é o macronutriente mais extraído pela cana-de-açúcar que o acumula em grande quantidade, inclusive excessivamente, com “consumo de luxo”, sem que haja toxidez pela presença excessiva. A maior parte do K absorvido concentra-se nos colmos e cerca de 45% do total, permanece nas folhas sendo que as folhas velhas e secas, que formam a palhada da cana, mantém cerca de 10% de todo o K absorvido.

Com o sistema de produção de cana sem queimada, verifica-se que a maior parte do K retorna ao sistema, uma vez que as folhas permanecem e o K que foi extraído pelos colmos retorna nos resíduos da própria indústria sucroalcooleira: vinhaça, fuligem, cinzas e torta de filtro,

Os sintomas de deficiência de K são observados nas folhas velhas inicialmente, com a formação de manchas mosqueadas (verde claras e verde escuras); manchas avermelhadas na nervura central das folhas e bordas das folhas velhas marrons que evoluem para necróticas. É comum a chamada “fome oculta” onde a planta não apresenta sintomas de deficiência logo no início, ficando apenas o menor crescimento como indicativo. A produtividade e o perfilhamento são acentuadamente diminuídos em condições de deficiência de K. Em final de ciclo a formação de leque na ponta da cana indica deficiência de potássio.

A análise do K do solo permite prever a necessidade de adubação da cana. O nível crítico de K no solo, varia de acordo com os autores, em geral entre 2,0 e 2,3 mmol_c dm⁻³. Em relação à percentagem da CTC, Orlando Filho et al., 1996, observam que alta produtividade da cana é obtida em solos onde a CTC está com saturação de K maior que 5%.

A recomendação de adubação potássica tanto da cana planta como das soqueiras pelo IAC é baseada na análise do solo e na expectativa de produtividade. Quanto maior for a expectativa da produtividade, na qual estão implícitos os conceitos de ambientes de produção superior, como solos de alta fertilidade com bom armazenamento de água e variedades responsivas, maiores serão as doses de K.

O fertilizante potássico para a cana planta deve ser aplicado no sulco de plantio, juntamente com a adubação com N e P, de acordo com a análise do solo e a meta de produtividade. Para as soqueiras pode ser colocado ao lado da linha sem incorporação, mas é importante que não haja grande compactação do solo, que diminuiria a eficiência de utilização do fertilizante. Se ocorrer compactação, o indicado é proceder ao cultivo colocando então o fertilizante em profundidade.

A análise de solo indicando o teor de K trocável é a melhor ferramenta para definir as doses de K a aplicar e também para prever a resposta da produtividade da cana. Chalita, 1991, como resultado de seus 35 experimentos, determinou que para a cana planta, a dose máxima econômica seria 140 kg ha⁻¹ de K₂O e para a soca 130 kg ha⁻¹ de K₂O. Entretanto, os estudos de calibração da análise do solo necessários para a elaboração de tabelas de adubação e que determinam as doses econômicas são antigos e não contemplavam o sistema de produção da cana sem queima. Nesse sistema de colheita, grande quantidade de potássio contido na palhada, retorna para o solo, sendo rapidamente disponibilizado para a cana. Além disso, as variedades de cana avaliadas nos ensaios de adubação foram praticamente todas substituídas. Embora algumas variedades atuais sejam muito exigentes

nutricionalmente, muitas mantêm o caráter de rusticidade. Nesse caso, em face das grandes quantidades de K contidas na palhada e que cerca de 80% do K contido passa para o sistema solo no prazo de um ano (Oliveira et al. 2002), é possível descontar na adubação potássica das soqueiras, cerca de 40 a 50 kg de K₂O por hectare, reduzindo os custos da adubação (Penatti, 2013).

As principais fontes de K para a cana de açúcar são: KCl, e os resíduos vinhaça e cinzas de caldeiras. A vinhaça é aplicada em cerca de 35% das áreas de cana e representa a reciclagem de cerca de 407 mil toneladas de K₂O por ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHALITA, R. **Calibração da adubação potássica através da análise química do solo para a cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba, 1991. 75p. Dissertação mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. USP.
- ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, R.; GERALDI, R.N. **Adubação potássica em cana-de-açúcar: II – Análise química do solo e diagnose foliar**. . In: Congresso Nacional da Stab – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. 5º. 1993. Águas de São Pedro. **Anais**. Águas de São Pedro, 1993 . p.50-54.
- PENATTI, C.P. **Doses de vinhaça versus doses de nitrogênio em cana-soca durante quatro safras**. Relatório Interno Copersucar (RT928), Usina São José da Estiva, solo arenoso (LVA-9). 1999.
- PENATTI, C.P. **Adubação da cana de açúcar**. Ed. Ottoni, 349p. 2013.
- ROSSETTO, A.J. **Utilização agrônômica dos sub-produtos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira**. In: Cana-de-açúcar – Cultivo e Utilização, Ed. Fundação Cargill, 1987, vol.2, p.435-504.
- ROSSETTO, R., DIAS, F. L. F., VITTI, A., CANTARELLA, H. **Manutenção Da Fertilidade Dos Solos Na Cultura Da Cana-De-Açúcar**. In: Bioetanol De Cana-De-Açúcar P&D Para Produtividade E Sustentabilidade..1 Ed.São Paulo : Edgard Bluncher Ltda., 2010, v.1, p. 381-403.
- ROSSETTO, R., SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica**. Bragantia, Campinas, vol. 63, n.1, p. 105-119, 2004.

EFEITO DA COBERTURA DE INVERNO COM BRAQUIÁRIA SOBRE A PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DO USO DE POTÁSSIO PELA SOJA NO SUDOESTE GOIANO

Vinicius M. Benites, Jeander O. Caetano, Wander C. Ferreira Filho, Carlos César E. Menezes

Embrapa Solos (vinicius.benites@embrapa.br), UFG (jeandercaetano@gmail.com), UniRV (wandercruvinel@hotmail.com, carlos.menezes@comigo.com.br)

O Brasil é o terceiro maior consumidor de fertilizantes potássicos do mundo. Nos últimos anos, o consumo anual de fertilizantes potássicos foi de cerca de 7 milhões de toneladas de K_2O . Além disso, a produção brasileira de potássio é muito pequena e representa menos de 10 % do consumo nacional. A maioria dos fertilizantes potássicos consumido no Brasil é destinada à produção de grãos, especialmente soja e milho. A grande quantidade de potássio exportada pelas colheitas, sobretudo da soja, fazem com que a reposição desse nutriente seja fundamental para a manutenção do potencial produtivo dos solos. A produção de grãos no Brasil está concentrada em solos cujas reservas naturais de potássio são baixas. O cultivo sucessivo de grãos sem a devida reposição de potássio leva o sistema a exaustão por esse nutrientes em 3 ou 4 safras causando uma perda significativa da produtividade. Com o objetivo de identificar estratégias de manejo que aumentem a eficiência do uso de fertilizantes potássicos em solos tropicais, foi instalado em 2008, em Rio Verde, GO, um experimento para avaliar a eficiência de utilização de potássio pela soja, em sistema de plantio direto, na presença e ausência de vegetação cobertura vegetal durante o inverno.

O estudo foi conduzido na área experimental do Centro Tecnológico da COMIGO, Rio Verde - GO, Brasil ($17^{\circ} 45'49.13'' S$ e $51^{\circ} 01'57.47'' W$, 604 m altitude). O solo na área experimental é caracterizado como um Latossolo vermelho argiloso (Tabela 1). Este solo foi cultivado para produção de grãos por 10 anos antes do experimento.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental antes da implantação do experimento (n = 8).

layer (cm)	pH ¹	MO ² g dm ⁻³	P ³ mg kg ⁻³	Ca	Mg	Al	H+Al	K	SB	CTC
				-----			cmol _c dm ⁻³	-----		
0-20	4,93	25,51	10,47	2,56	0,54	0,05	3,13	0,10	3,20	6,33
20-40	4,48	20,45	1,84	1,21	0,27	0,26	3,74	0,08	1,56	5,30

1 -pH CaCl₂; 2- Matéria Orgânica do Solo; 3- P Mehlich 1,

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 4 , em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas (240 m², 12 x 20 m) foram utilizados duas diferentes coberturas de inverno (*B. brizantha* e pousio). No pousio a vegetação espontânea foi eliminada após a colheita da soja, para manter o solo sem cobertura vegetal durante o inverno. As subparcelas (60 m²; 6 x 10 m) foram formadas por doses de KCl correspondentes a 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de K_2O , aplicado em cobertura 15 dias após a semeadura.

A cultura da soja foi cultivada durante o verão após a dessecação das plantas de cobertura de inverno. Os dados deste trabalho representam três safras durante 2009 e 2012. A amostragem de folhas da soja foi feita durante o florescimento da soja, e o teor total de K foi determinado. O rendimento da soja foi medido em uma área de 6 m² e o peso ajustado a 13% de umidade.

Os resultados mostram que o uso de braquiária como cobertura de inverno resultou em ganhos significativos na produtividade da soja plantada durante o verão sobre a palhada de braquiária relação às áreas plantadas sobre solo exposto. Houve um aumento médio de 733,7, 572,5 e 640,0 kg de soja por hectare após braquiária durante culturas de inverno em 2009/2010, 2010/ 2011 e 2011/2012, respectivamente. Estes valores representam um

aumento consistente de produtividade de 28, 14, 22% em comparação com a área sob pousio, durante os três períodos de inverno, respectivamente.

A adubação com cloreto de potássio não influenciou significativamente a produtividade da soja. Apenas durante a temporada 2010/2011 foi possível observar aumento no rendimento de soja com o aumento das doses de K, provavelmente devido à alta produtividade obtida nessa safra, ocasionando uma alta demanda por K (Tabela 2). Considerando-se a interação entre as doses de fertilizantes e K de cobertura do solo no inverno, foi observado que a soja cultivada após braquiária tem uma melhor eficiência na utilização de K, considerando que, apesar de o uso das mesmas doses de fertilizantes K este tratamento resulta numa produtividade mais elevada em comparação com pousio. Este efeito pode ser observado de forma mais clara durante as duas safras com menores produtividades, onde a resposta da soja à adubação K após braquiária foi negativo mostrando menor eficiência do uso da K neste tratamento. O teor foliar K aumentou com o aumento da K doses de fertilizantes, mas não influenciou o rendimento da soja. O teor médio de K nas folhas da soja após braquiária é maior do que após pousio mostrando efeito da reciclagem de K pela palhada de braquiária, aumentando a absorção de K pela soja (Tabela 2). Em geral, o teor foliar de K indicou níveis adequados, mesmo nas parcelas controle, sugerindo que o nível crítico do solo não foi atingido. Considerando os baixos teores de K no solo antes da implantação do experimento, é possível que formas não trocáveis ou K de camadas inferiores a 40 cm de profundidade estejam colaborando para a nutrição da soja.

Tabela 2 - Produtividade da soja (kg ha^{-1}) e teor foliar de K na soja (mg kg^{-1}), durante três safras após cobertura com braquiária ou pousio.

	2009/2010				2010/2011				2011/2012			
	0	20	40	60	0	20	40	60	0	20	40	60
	kg $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$				kg $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$				kg $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$			
	produtividade da soja, kg ha^{-1}											
Braquiária	3518	3412	3280	3319	4491	4551	4804	4710	3513	3498	3509	3468
Pousio	2674	2646	2607	2668	3872	4080	4177	4138	2837	2896	2819	2875
	teor foliar de K, g kg^{-1}											
Braquiária	21,4	20,8	21,4	22,8	nd	nd	nd	nd	19,4	19,8	20,8	20,4
Pousio	18,0	18,6	18,8	19,9	nd	nd	nd	nd	18,1	18,4	20,2	20,2

Concluimos que a semeadura da braquiária durante o inverno promove aumento significativo na produtividade da soja de verão e parte deste efeito deve-se ao aumento da eficiência de utilização de K. Esta prática deve ser recomendada, especialmente em regiões onde não é possível cultivar uma segunda safra, e o pousio é a principal opção para os agricultores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o International Potash Institute pelo apoio financeiro por meio do projeto Aduba Brasil. Agradecemos também a cooperativa COMIGO pela disponibilização da área experimental e apoio nos tratos culturais durante a realização do experimento.

ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM SOLOS ARENOSOS

José Carlos Polidoro e Paulo César Teixeira

Pesquisador, Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 22460-000. E-mail: jose.polidoro@embrapa.br

No Brasil, solos das classes Neossolo Quartzarênico e Latossolo Amarelo textura média têm sido cada vez mais utilizados para o uso agrícola de sistemas intensivos de produção de soja, milho e algodão. Um dos principais desafios desses sistemas de produção é o manejo eficiente de fertilizantes, sobretudo o potássio (K), pois, as propriedades e características desses solos favorecem uma maior mobilidade do K^+ no perfil do solo e, conseqüentemente, uma possível lixiviação devida principalmente à elevada solubilidade do cloreto de potássio (KCl), principal fonte do nutriente na agricultura brasileira, e às características químicas do cátion. Outro fator que contribui para a perda de K nas lavouras cultivadas nesses solos é que a maior parte da aplicação do fertilizante potássico é feita utilizando formulações N-P-K concentradas nesse nutriente na semeadura. Na maioria das regiões onde se localizam esses solos com uso agrícola, como no sudoeste de Goiás, cerca de 80% das adubações de plantio das culturas feitas em 2007 utilizaram as formulações 2-20-18 (50%), 02-23-10 (12%) e 08-20-18 (19%) (COMIGO, 2007). Essas formulações, altamente concentradas em potássio, são aplicadas, em geral localizadas em sulco de plantio. Além disso, essa prática pode levar a mais dois processos que podem limitar a produtividade das lavouras: 1- Efeito salino negativo do cloreto (Cl⁻) no período de estabelecimento da cultura, prejudicando as primeiras fases vegetativas da planta (Moraes e Menezes, 2003) e quando há um aumento nos níveis de adubação, há também redução no desenvolvimento de raízes (Roder et al., 1989), 2 - desequilíbrio das relações catiônicas no complexo sortivo do solo (K:Ca e K:Mg) na região de maior absorção de nutrientes da raiz (Munhoz Hernandez; Silveira, 1998).

Outro fator relevante é que o potássio que se encontra na palhada remanescente das lavouras anteriores cultivadas em sistema de plantio direto não está disponível no solo durante a época da retirada da amostra de solo para fins de análise da fertilidade, podendo a recomendação de adubação nesses sistemas ser superestimada, uma vez que o potássio apresenta alta taxa de liberação da palhada, e pode representar até 120 kg ha⁻¹ de K₂O (Benites et al., 2010; Rosolem et al., 2003).

Neste contexto, a região oeste da Bahia, que vem se destacando no cenário nacional na produção de grãos e alcançando altos índices de produtividade em relação a outras regiões do país, especialmente soja e milho, mostra-se como cenário adequado para estudos de boas práticas de utilização de fertilizantes potássicos, sobretudo no que diz respeito ao modo e a época de aplicação. Atualmente, não há consenso sobre o tema no Brasil, sobretudo no oeste da Bahia, que permita definir o manejo do potássio para que maximize a eficiência agrônômica do potássio proveniente do fertilizante e maximize as produtividades.

Assim, relata-se nesse trabalho os principais resultados de um estudo em longo prazo realizado entre 2006 – 2013, em sistema de produção de soja – milho em rotação de culturas onde se avalia a prática de modo de aplicação de toda a dose de potássio recomendada em superfície, a lanço, antecipada ou não ao plantio em relação em substituição à aplicação de parte da dose em sulco de plantio. Além disso, o presente trabalho também avaliou o papel do milheto (*Pennisetum purpureum*) como reciclador-recuperador de potássio proveniente do fertilizante aplicado em safras anteriores localizado em regiões do perfil do solo abaixo de 60 cm.

Os resultados observados nos seis anos consecutivos de experimentos demonstram que a forma de aplicação do KCl nas lavouras de grãos cultivadas nos solos da região Oeste da Bahia deve ser alterada para a aplicação de toda a dose antecipada ao plantio em superfície a lanço. Desta forma, nenhum potássio deve ser aplicado na semeadura no sulco de plantio, o que facilita a operação de plantio e maximiza a eficiência agrônômica do

potássio do fertilizante. Nesse manejo, a eficiência agronômica e econômica do cloreto de potássio foi aumentada de forma significativa, principalmente para a cultura do milho.

O cultivo de planta de cobertura antecipada ao plantio da soja ou do milho, reciclou potássio para a superfície do solo e, por isso, a aplicação de doses crescentes de KCl não ocasionou resposta positiva na cultura do milho. Nesse caso, caso se use milheto como planta de cobertura, recomenda-se estimar a biomassa da parte aérea e o conteúdo de potássio acumulado, para que se use esse valor de potássio como uma parte da adubação potássica recomendada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENITES, V.M; POLIDORO, J.C.; CARVALHO, M.C.S.; RESENDE, A.V.; BERNARDI, A.C.C. ÁLVARES, F.A. **O potássio, o cálcio e o magnésio na agricultura brasileira**. In: PROCHNOW, L.I. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: IPNI. 2010.
- COMIGO – Indústria de Esmagamento de Soja d Refino de Óleo, Fábrica de Ração, Fábrica de Sabão, Fábrica de Fertilizantes, Unidade de Beneficiamento e Industrialização de Leite e Derivado. <http://www.comigo.com.br/>, consulta em 10 janeiro 2008.
- MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L., 2003. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2.
- MUNOZ HERNANDEZ, R.J.; SILVEIRA, R.I.. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, 998.
- RODER, W.; MASON, S. C.; CLEGG, M. D.; KNIPEP, K. R. Crop root distribution as influenced by grain sorghum-soybean rotation and fertilization. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 53, n. 5, p. 1464-1470, Sept./Oct.1989.
- ROSOLEM, C. A.; CALONEGO; J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 355–362, 2003.

POTÁSSIO EM SOLOS SOB PASTAGEM INTENSIVA

Alberto C. de Campos Bernardi

Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste Cx.P.339, CEP: 13560-970 São Carlos – SP, alberto.bernardi@embrapa.br

A produção pecuária brasileira é realizada, na sua maioria, em sistemas de produção que possuem a pastagem como a base da alimentação. No geral, a lotação animal das pastagens do país é baixa (inferior a 1 UA ha⁻¹), em função do manejo inadequado das pastagens e também da baixa utilização de corretivos e fertilizantes. Por outro lado, a intensificação do manejo de pastagens tropicais obtida por meio do pastejo rotacionado, aumento da oferta de alimentos no período da seca, e manejo adequado da fertilidade do solo é uma opção de produção viável e rentável. Com a intensificação é possível aumentar as taxas de lotação para cerca de 5 UA ha⁻¹ sem irrigação, e até 10 UA ha⁻¹ com irrigação, e as produtividades de carne e de leite para aproximadamente 900 e 25.000 kg ha⁻¹ por ano. Esse conjunto de práticas intensivas pode contribuir para tornar a pecuária nacional mais rentável e competitiva diante de outras alternativas de uso do solo, e também funcionar como forma de reduzir o potencial de desflorestamento e aumentar a possibilidade de preservação ambiental, além de disponibilizar terras para a agricultura.

A maioria dos solos do Brasil são intemperizados, ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions (CTC), alto poder de fixação de fósforo, elevada acidez trocável (Al³⁺) e apresentam baixos teores de macronutrientes primários (N, P e K), secundários (Ca, Mg e S) e de micronutrientes (B, Zn e Cu) (Bernardi et al., 2002). Com relação às limitações físicas, há problemas com baixa disponibilidade de água e alto risco de erosão.

Como qualquer cultura, a produtividade das forragens depende da interação dos fatores do solo, da planta e do clima. Esses fatores podem ser modificados na busca do aumento da produtividade e o controle no manejo da produção, tornando-se nesse caso, ferramenta importante para diminuição dos impactos ambientais nos agroecossistemas, e assim para a sustentabilidade da atividade. De modo geral, a correção das características naturais do solo, que limitam o crescimento, o desenvolvimento e a produção da planta, e o fornecimento adequado de nutrientes, correspondem a cerca de 50% de aumento da produtividade. Os 50% restantes são obtidos utilizando forrageiras com maior potencial produtivo e alta capacidade de adaptação a condições adversas, além de outras práticas agrícolas.

O manejo da fertilidade do solo e do estado nutricional é uma prática que tem grande impacto na produtividade das pastagens (Cantarella et al., 2002). Para se alcançar a intensificação da produção pecuária, garantir altas produtividade e qualidade de forragem, longevidade, menores custos e impacto ambientais negativos, bem como alta produtividade animal, um dos principais fatores a serem considerados é a correção da fertilidade do solo e o fornecimento de nutrientes minerais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mo, Mn e Zn) de forma equilibrada e controlada (Bernardi et al., 2012).

O K desempenha diversas funções metabólicas e estruturais na planta, sendo essencial no processo fotossintético. Quando deficiente, a fotossíntese diminui e a respiração aumenta, condições que reduzem o suprimento de carboidratos para as plantas impedindo inclusive a incorporação eficiente do N. É o segundo elemento mais absorvido pelas plantas e as quantidades absorvidas interferem no potencial de produção de matéria seca.

Em sistemas pecuários intensivos, a adubação potássica é de grande importância, em função da grande extração pela maioria dessas espécies, associada às baixas reservas do nutriente em solos tropicais muito intemperizados. O suprimento de potássio varia em função da forma que se encontra no solo, da sua quantidade e do seu grau de disponibilidade nas diferentes formas, bem como das características físicas que afetam sua condução, através da solução do solo até a superfície da raiz. Como a reserva mineral deste macronutriente nos solos tropicais, em geral é baixa, e insuficiente para suprir as quantidades extraídas pelas plantas forrageiras, sua reposição ao solo deve ser feita por meio da adubação (Bernardi et al., 2012). O objetivo deste trabalho é discutir a dinâmica do

K no sistema solo e planta, para aumentar a eficiência da prática da adubação potássica em especial nos sistemas intensivos de manejo animal.

O manejo da adubação potássica, com relação às doses e modos de aplicação deve ser considerado, devido ao alto potencial de perdas por lixiviação que alguns solos podem apresentar, especialmente os de textura arenosa e baixa CTC (Benites et al., 2010). Devido à possibilidade de lixiviação com as altas doses de K empregadas nos sistemas intensivos de manejo de pastagem, recomenda-se parcelar a adubação potássica juntamente com as coberturas nitrogenadas. Tal prática, além de evitar as perdas por lixiviação, promove ainda aumento na produção de forragem e melhora a eficiência do uso de N, quando a fonte de fertilizante nitrogenado empregada é a ureia. Considera-se que, em condições adequadas de umidade e temperatura, a eficiência da adubação potássica esteja entre 70 a 80%.

A análise química do solo é a ferramenta chave para ser utilizada na avaliação da fertilidade do solo, e para recomendação adequada da correção do solo e adubação. No Brasil, há diferenças entre os protocolos analíticos utilizados e nas unidades utilizadas. E isso deve ser considerado, pois pode interferir na interpretação do resultado da análise de solo e também no critério de recomendação. O principal critério para recomendação de adubação deve ser a disponibilidade de K trocável no solo. Apesar de alguns trabalhos indicarem que as forrageiras podem utilizar as formas não-trocáveis de K no solo, porém estas formas não são detectadas pelos métodos de análise de rotina.

As deficiências nutricionais e algumas limitações químicas do solo deveriam ser evitadas, monitorando a fertilidade do solo por meio de análise química, adequação da lotação animal e evitando-se o sobrepastejo.

Os níveis de correção do solo e adubação dependem do sistema de produção adotado pelo produtor, e deverão atender às necessidades das plantas forrageiras e, concomitantemente garantir aumentos econômicos da produtividade e redução dos impactos ambientais.

Para efeitos práticos de cálculo, considera-se que 100 kg ha⁻¹ de K₂O elevam o teor de K no solo em 1 mmol_c dm⁻³. As doses de K devem ser calculadas com base na análise de solo e na textura, para elevar os teores do nutriente a 4% da CTC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENITES, V.M; POLIDORO, J.C.; CARVALHO, M.C.S.; RESENDE, A.V.; BERNARDI, A.C.C. ÁLVARES, F.A. **O potássio, o cálcio e o magnésio na agricultura brasileira**. In: PROCHNOW, L.I. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: IPNI. 2010.
- BERNARDI, A.C.C.; MACHADO, P.L.O.A.; SILVA, C.A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C.M.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J.R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p.61-77. 2002.
- BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRA, P.P.A.; PRIMAVESI, O. **Soil fertility of tropical intensively managed forage system for grazing cattle in Brazil**. In: WHALEN, J.K. Soil fertility improvement and integrated nutrient management - a global perspective. Rijeka, Croatia: Intechopen, p. 37-56. 2012. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/soil-fertility-improvement-and-integrated-nutrient-management-a-global-perspective/soil-fertility-of-tropical-intensively-managed-forage-system-for-grazing-cattle-in-brazil>.
- CANTARELLA, H.; CORREA, L.A.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C. **Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens**. In: Anais do Simpósio sobre Manejo de Pastagens. Piracicaba: FEALQ. p.99-131. 2002.

CORRELAÇÕES ESPACIAIS NO MAPEAMENTO DO BALANÇO DO POTÁSSIO

Rachel Bardy Prado¹, Ronaldo P. Oliveira¹, Vinícius Benites¹, José Carlos Polidoro¹, Ana Paula Dias Tureta¹, Alexey Naumov² e Carlos César Evangelista³

¹Pesquisadores Embrapa Solos, ²Coordenador do IPI para América Latina 2003-2011, ³Cooperativa Comigo

Nos 10 anos de parceria IPI-Embrapa, atuando no Projeto Aduba Brasil, o subprojeto da Regionalização do Potássio no Brasil teve como objetivo o mapeamento e análises espacial para subsidiar a otimização da adubação potássica no Brasil, visando a sustentabilidade agroambiental. As atividades desenvolvidas relacionaram ao mapeamento da disponibilidade, extração e balanço do K para as principais culturas do Brasil por diferentes métodos; organização de base de dados espaciais (base cartográfica, solos, altimetria, uso e cobertura da terra e outros) para o Sudoeste Goiano e Oeste Baiano; estudo da relação do K com a textura dos solos; demanda de K por tipo de solo, cultura e manejo (plantio direto e convencional); dentre outros. Neste contexto, diversas publicações foram geradas, destacando 2 capítulos de livro, 2 artigos em periódicos externos e 4 artigos publicados na Embrapa, 4 artigos em anais de conferências internacionais e mais de 10 artigos e resumos em anais de conferências nacionais. Vários mapas foram gerados, 3 alunos de graduação foram orientados, 1 curso de geoprocessamento foi oferecido, bem como a participação em diversos seminários, workshops e simpósios.

Resultados quantitativos do uso agrícola das terras para o Sudoeste de Goiás são exemplificados na Tabela 1; obtidos a partir do mapeamento de uso e cobertura da terra (imagens de 2007), para os municípios estudados, e da reclassificação em função do manejo da soja (semeadura direta e cultivo convencional), bem como de posse dos resultados do cálculo de áreas em hectares e percentual das classes de interesse, obteve-se a Tabela 3. Verificou-se que a classe soja sob semeadura era a classe majoritária nas atividades agrícolas do Sudoeste Goiano para este período. Isto se deve à adoção do SPD por grande parte dos produtores (destacando Montividiu e Rio Verde, com 54% e 45% de sua área, respectivamente). No entanto, ainda encontramos grandes áreas com cultivo convencional como é o caso também de Montividiu, apresentando 26.430,04 hectares, correspondendo a 14% da área total municipal.

Tabela 1 - Área (ha) e percentual (%) das classes de interesse, por município estudado.

Classes uso/manejo	Rio Verde		Acreúna		Montividiu		Paraúna		Sta. Helena de Goiás		Sto. Antônio da Barra	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Cana-de-açúcar	5179,1	1%	11447,9	7%	418,4	0,2%	2463,5	1%	37210,1	33%	347,86	1%
Cultivo Convencional	74062,3	10%	9680,6	6%	26430,0	14%	31088,5	8%	5746,8	5%	2283,4	5%
Semeadura Direta	337893,9	45%	57727,6	37%	101145,2	54%	103890,1	28%	47208,9	42%	15614,7	35%
Demais usos	330797,4	44%	77093,5	50%	58744,8	31,8%	238528,2	63%	22234,1	20%	26604,24	59%
Total	747933,1	100%	155950,1	100%	186738,8	100%	375970,6	100%	112400,2	100%	44850,2	100%

Em relação ao Oeste da Bahia, a Figura 1 apresenta um gráfico com os resultados das mudanças de uso e cobertura das terras ocorrida entre 2005 e 2010. Observa-se que parte da vegetação nativa foi desmatada em decorrência ao rápido desenvolvimento agrícola que ocupa enorme área dos municípios em análise.

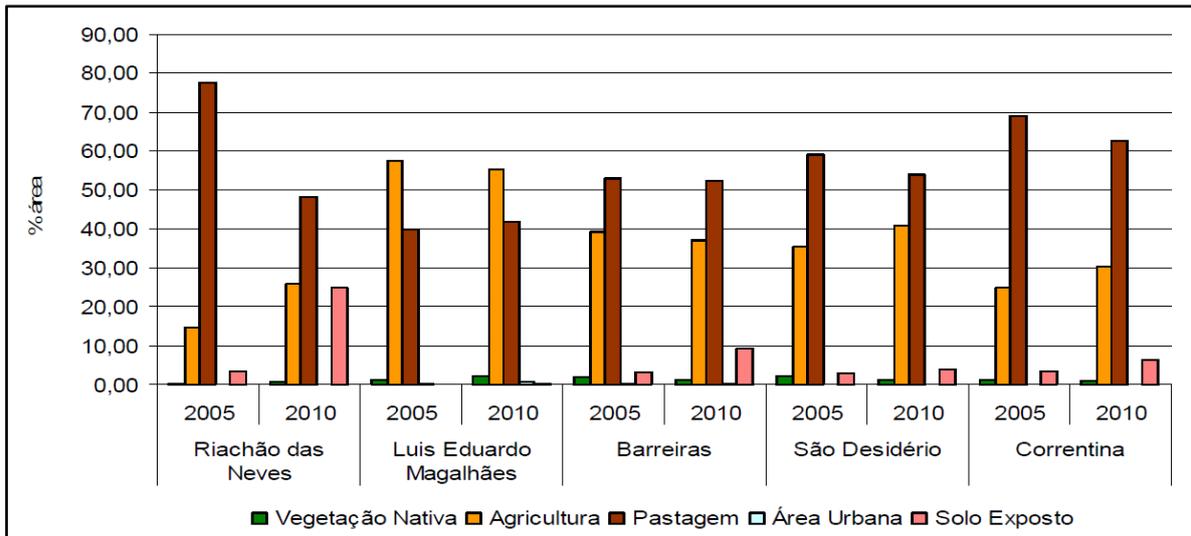


Figura 1 - Evolução do uso e ocupação da terra dentre os anos de 2005 à 2010 para os municípios de Correntina, São Desidério, Luís Eduardo Magalhães, Barreiras e Riachão das Neves.

Estes resultados qualitativos são, entretanto, preliminares e relacionados às principais culturas desenvolvidas nas regiões, com o intuito de apresentar o potencial da metodologia adotada. Fica evidente que, para a obtenção de resultados mais conclusivos quanto ao balanço de potássio, serão necessários dados sobre a fertilidade dos solos, com grande representatividade espacial da área de estudo, permitindo a validação da classificação e mapeamento obtidos. Fato que se destacou na região do Oeste da Bahia, a qual não dispõe de um acervo informações de solos na escala dos municípios. Nesta etapa do trabalho, concluiu-se ser fundamental uma maior disponibilidade de informações referente aos solos, em escalas compatíveis com os dados obtidos por imagens orbitais, para que se possa fazer inferências espaciais, em relação à demanda potencial de potássio com maior precisão.

Com isto, novas diretrizes de ação visam organizar e disponibilizar os produtos gerados no projeto por meio do portal digital Agropedia Brasilis, uma vez que este tipo de informação espacial poderá orientar políticas de planejamento agrícola e recomendação de adubação de potássio para as regiões em estudo. Complementarmente, ações futuras levarão em conta a atualização da base de dados de fertilidade a partir de dados fornecidos por cooperativas agrícolas, como a COMIGO em Goiás, bem como correlações espaciais da fertilidade dos solos com outros fatores naturais e antrópicos, visando incorporar de forma crescente a sustentabilidade nos principais sistemas produtivos. Outros aspectos a serem investigados quanto as suas aplicabilidades relacionam-se às tecnologias de agricultura de precisão, mais especificamente no Sudoeste Goiano.

RESUMOS EXPANDIDOS

ADUBAÇÃO POTÁSSICA DA ALFAFA

Alberto C. de Campos Bernardi, Reinaldo P. Ferreira

Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP.
e-mail para correspondência: alberto.bernardi@embrapa.br

INTRODUÇÃO

A alfafa é uma planta extremamente exigente em fertilidade, e os desbalanços na correção do solo e adubação podem levar à perda de vigor do alfafal (Moreira et al., 2008). Na produção de alfafa também é necessária especial atenção à adubação potássica (Rassini; Freitas, 1998), pois é um dos nutrientes extraídos do solo em maiores quantidades pela forragem colhida (Smith, 1975; Lanyon; Griffith, 1988). Lloveras et al., 2001 verificaram extrações de 1500 a 1700 kg ha⁻¹ (com produtividade de 21,5 t ha⁻¹ de MS) em solo de alta fertilidade. Os sais de K apresentam em geral alta solubilidade, podendo atingir concentrações bastante elevadas na solução do solo, o que permite também ocorrer esgotamento por lixiviação e excesso de absorção pelas plantas (Havlin et al., 1999). O macronutriente K é essencial no processo fotossintético e, quando deficiente, a fotossíntese diminui e a respiração aumenta, condições que reduzem o suprimento de carboidratos para as plantas, impedindo, inclusive, a incorporação eficiente do N (Lanyon; Griffith, 1988). Por isso, em quantidades adequadas, o K aumenta a persistência e a longevidade do alfafal (Smith, 1975; Berg et al., 2005). A alfafa responde muito bem à correção da acidez do solo, pois em solos com baixo pH ocorrem alterações no sistema radicular e diminuição da eficiência da fixação de nitrogênio pelas bactérias simbióticas, com isso o seu desenvolvimento e produção são muito prejudicados (Moreira et al., 2008). Devido às altas exigências da alfafa, desbalanços na correção do solo e adubação podem levar à perda de vigor do alfafal, reduzindo a longevidade da produção e desenvolvimento de plantas daninhas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação potássica na cultura da alfafa.

MATERIAL E MÉTODOS

Bernardi et al. (2013a, b) conduziram 2 experimentos de campo na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos – SP. Foram avaliados: a) o efeito das doses e frequência de aplicação de fertilizante potássico e b) efeito das doses de fertilizantes potássico e sua interação com a calagem e gessagem. No primeiro experimento, o delineamento adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 X 4, com 3 repetições. Os tratamentos foram 4 doses de potássio em cobertura (0, 600, 1200 e 1800 kg ha⁻¹ K₂O por ano) e 4 frequências de aplicação após os cortes (F12 = após cada corte; F6 = após dois cortes; F4 = após três cortes; e F2 = duas aplicações por ano). O experimento foi conduzido por 2 anos.

No segundo experimento foi adotado o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 X 2 X 4. Os tratamentos foram 2 níveis de calagem (V = 60 e 80%), 2 níveis de gesso (0 e 3000 kg ha⁻¹) e 4 doses de potássio em cobertura (0, 1.000, 1.500 e 2.000 kg ha⁻¹ K₂O por ano). Em ambos os experimentos a fonte de potássio utilizada foi o KCl (60% K₂O). A produtividade da alfafa foi avaliada periodicamente, pela produção de biomassa fresca, amostrada na área útil das parcelas, quando a cultura apresentava 10% de florescimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Bernardi et al. (2013b) trabalhando em São Carlos - SP com adubação potássica da alfafa cv. Crioula, em Latossolo Vermelho-Amarelo, incrementou a produção de matéria seca com o fornecimento adequado de K em 24 cortes realizados. A maior produtividade foi alcançada com o uso de 1.400 kg ha⁻¹ de K₂O por ano, parcelado em 6 aplicações anuais (após cada 2 cortes) proporcionou uma produção de matéria seca de 31 t ha⁻¹, sendo 54% maior que o tratamento testemunha. Estes resultados confirmaram os resultados anteriores de Rando e Silveira (1995) e Rassini e Freitas (1998). A dose de maior produção também foi útil para manter o vigor do alfafal, sendo que a queda no rendimento da alfafa ao longo dos

anos de cultivo foi menor quando as doses de fertilizante foram mantidas no nível ótimo. Esta maior produtividade foi obtida com o teor no solo de 3,4 mmol_c dm⁻³ de K trocável, que equivale a 5% de K na CTC na camada de 0-20 cm. Resultados que também confirmam os anteriores obtidos por Lanyon e Griffith (1988).

Bernardi et al. (2013a) trabalhou em área de alfafa cv. Crioula irrigada e sob pastejo há 3 anos. Os resultados indicaram que as práticas da calagem, associada à gessagem e as adubações com potássio podem contribuir decisivamente no aumento da longevidade do alfafa. As melhores repostas da alfafa à adubação potássica ocorreram na saturação por bases (V) de 80%. A dose que proporcionou a melhor resposta foi equivalente à obtida por Bernardi et al. (2013b). Foi também observada a tendência de diminuição da ocorrência de plantas daninhas com a melhora da fertilidade do solo, ou seja, na maior saturação por bases e nas maiores doses de fertilizante potássico. Como nessa situação a forrageira apresentava-se mais vigorosa, provavelmente, a redução de plantas daninhas ocorreu devido ao maior eficiência das plantas de alfafa na cobertura do solo, limitando, assim, o desenvolvimento das invasoras.

A partir dos resultados da curva de resposta foi possível realizar simulações do retorno econômico da produção da alfafa em cenários de baixos e altos preços de leite e de fertilizante potássico (Bernardi et al., 2013b). As doses de melhor resposta econômica foram 1,2 e 1,0 t ha⁻¹, respectivamente, para os cenários de baixo e alto preços de fertilizantes. As doses mais adequadas de K garantiriam as maiores e mais rentáveis produções de leite com o menor risco.

CONCLUSÃO

Os resultados confirmam a necessidade de especial atenção à adubação potássica para a cultura da alfafa. As maiores produções foram obtidas com o K trocável do solo equivalente à 5% da CTC. No entanto, para se obter os melhores resultados (de produtividade e longevidade) é necessário o fornecimento de nutrientes de forma equilibrada com a correção do solo (calagem e gessagem), adubação com fósforo e micronutrientes e inoculação das sementes com bactérias fixadoras de N.

REFERÊNCIAS

- BERG, W.K.; CUNNINGHAM, S.M.; BROUDER, S.M.; JOERN, B.C.; JOHNSON, K.D.; SANTINI, J.; VOLENEC, J.J. **Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components**. Crop Science, v. 45, p.297-304, 2005.
- BERNARDI, A.C.C.; CARDOSO, R.D.; MOTA, E.P.; FERREIRA, R.P. **Produção, estado nutricional e qualidade da alfafa sob pastejo e ocorrência de plantas daninhas em resposta à calagem, gessagem e adubação potássica**. Boletim de Indústria Animal, v.70, p.67-74, 2013a.
- BERNARDI, A.C.C.; RASSINI, J.B.; MENDONÇA, F.C.; FERREIRA, R.P. **Alfalfa dry matter yield, nutritional status and economic analysis of potassium fertilizer doses and frequency**. International Journal of Agronomy and Plant Production, v. 4, p. 389-398, 2013b.
- LANYON, L.E.; GRIFFITH, W.K. **Nutrition and fertilizer use**. In: HANSON, A.A.; BARNES, D.K.; HILL JUNIOR, R.R. (Eds.) **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: Agronomy American Society. 1988. p.333-372.
- LLOVERAS, J.; FERRAN, J.; BOIXADERA, J.; BONET, J. **Potassium Fertilization effects on alfalfa in a Mediterranean climate**. Agronomy Journal, v.93, p.139-143, 2001.
- MOREIRA, A.; BERNARDI, A.C.C.; RASSINI, J.B. **Correção do solo, estado nutricional e adubação da alfafa**. In: FERREIRA, R.P.; RASSINI, J.B.; RODRIGUES, A.A.; FREITAS, A.R.; CAMARGO, A.C.; MENDONÇA, F.C. (Eds). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos, Embrapa Pecuária Sudeste: 2008. p.95-138.
- RANDO, E. M.; SILVEIRA, R. I. **Desenvolvimento da alfafa em diferentes níveis de acidez, potássio e enxofre no solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.19, p.235-242, 1995
- RASSINI, J.B.; FREITAS, A.R. **Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa*) sob diferentes doses de adubação potássica**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.27, p.487-490, 1998.
- SMITH, D. **Effects of potassium topdressing a low fertility silt loam soil on alfalfa herbage yields and composition and on soil K**. Agronomy Journal, v.67, p.60-64, 1975.

SOFTWARE ADUBAPASTO 1.0 PARA RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO BALANCEADA EM SISTEMAS DE PASTEJO INTENSIVO

**Patrícia Peronti Anção Oliveira, Roselito Fávero da Silva, Robson Rodrigues
Santiago, Edilson da Silva Guimarães, Alberto C. de Campos Bernardi**

Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP.

e-mail para correspondência: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br; alberto.bernardi@embrapa.br

INTRODUÇÃO

No manejo intensivo de pastagens, um dos pontos principais a ser considerado são a correção do solo e o fornecimento de nutrientes minerais de forma equilibrada e controlada para a formação e manutenção das pastagens (Bernardi et al., 2012). No entanto, as recomendações atuais de calagem e adubação para pastagens são mais adequadas para os sistemas semi-intensivos, e não satisfazem aos pecuaristas que utilizam o manejo intensivo das pastagens. Os critérios para recomendação de adubação e calagem para sistemas intensivos de manejo não estão organizadas em uma publicação específica.

Em face da necessidade de reunir, organizar e disponibilizar essas informações existentes para os produtores e agentes de extensão rural, a Embrapa Pecuária Sudeste lançou o software Adubapasto 1.0 (Oliveira et al., 2010) gratuito e com acesso remoto por Web.

O objetivo deste trabalho foi apresentar a estrutura e descrever o funcionamento do software Adubapasto 1.0 para a recomendação de calagem e adubação de pastagens manejadas intensivamente e avaliar o acesso pelos usuários.

MATERIAL E MÉTODOS

Na estrutura do software Adubapasto 1.0 foram utilizadas as seguintes tecnologias: 1) Arquitetura do ambiente: CLIENTE/SERVIDOR; 2) Sistema operacional do servidor: LINUX; 3) Servidor Web: APACHE; 4) Servidor de aplicação: ZOPE/PLONE; 5) Servidor de banco de dados: FIREBIRD; e 6) Linguagem de desenvolvimento: PYTHON/JAVA SCRIPT

A metodologia de funcionamento do software baseou-se no acesso remoto via Web (www.cppse.embrapa.br/080servicos/softwareadubapasto/), no cadastramento de clientes (das propriedades agrícolas, glebas e lotes de animais) e do resultado de análises de solo (macro e micronutrientes). A partir dos resultados de análise de solo, características da propriedade e do rebanho foram estabelecidas rotinas de cálculo para a recomendação de correção e adubação do solo, com base em resultados de trabalhos publicados na literatura técnico-científica e na experiência de especialistas em fertilidade do solo, adubação, nutrição de plantas, forragicultura e manejo animal. As rotinas incluem cálculos para recomendações de calagem, gessagem, adubações corretivas de potássio e fósforo, adubações de plantio e de manutenção, em função da espécie de forrageira, manejo animal e taxa de lotação. Os critérios para cálculo de calagem e adubação adotados no software Adubapasto estão descritos na Tabela 1.

A ferramenta digital Google Analytics (Clifton, 2008) foi utilizada para monitorar o site e fornecer os registros das navegações. Por meio de um código fonte gratuito e instalado no site foi possível o levantamento de informações sobre quantidade de acessos e origem visitantes, e geração de relatórios sobre o conteúdo pesquisado dentro da página.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados, o software gera os relatórios das recomendações de correção e adubação, da taxa de lotação animal prevista e obtida. Também é possível avaliar o histórico da evolução da fertilidade do solo, uma vez que os dados são armazenados em banco de dados. Com base nos relatórios gerados pelo Google Analytics, observa-se que o software Adubapasto 1.0 entre a data do lançamento (outubro de 2010) até agosto/2013 recebeu mais de 14 mil acessos e mais de 6 mil visitantes (Tabela 2). O número de visitantes indica que há um retorno em média de 44% dos visitantes. A partir de 2012 houve maior procura pelo software, como pode ser indicado pelo aumento da % de novas visitas. A

taxa de rejeição é a % de visitas nas quais o visitante sai do site na mesma página de entrada, sem interagir com o software. Os valores de % de rejeição são baixos (em média 28%), confirmando que o site tem atendido às necessidades dos produtores e técnicos.

Com relação à origem dos acessos, a Tabela 3 indica que o Brasil é, naturalmente, a origem da maioria dos acessos. Porém, observa-se que países como Paraguai, EUA e Portugal também acessaram o programa. Também há indicação dos principais acessos por Estado, sendo que há uma predominância da região Sudeste, seguido pelo Centro-Oeste e Sul.

Tabela 1. Critérios para cálculo de calagem e adubação adotados no software Adubapasto

Critério	Observação
Correção do solo	
• V 60%	• Para pastagem com lotação animal na época das águas de até 5 UA ha ⁻¹ e para forrageiras dos gêneros <i>Brachiara</i> e <i>Andropogon</i> .
• V% = 70	• Para pastagens intensivas com lotação animal na época das águas superior a 5 UA ha ⁻¹ para forrageiras dos gêneros: <i>Brachiara</i> , <i>Andropogon</i> , <i>Panicum</i> (capim - colômbio e seus cultivares), <i>Pennisetum</i> (capim-elefante), <i>Cynodon</i> (capim coast-cross, grama-estrela, capim-tifton)
Adubação fosfatada	
• 15 mg dm ⁻³	• Pastagens com lotação animal na época das águas menor que 5 UA ha ⁻¹
• 20 mg dm ⁻³	• Pastagens com lotação animal na época das águas maior ou igual a 5 UA ha ⁻¹
Adubação potássica	
• 4 % da CTC	• pastagens com lotação animal na época das águas menor que 5 UA ha ⁻¹
• 5 % da CTC	• pastagens com lotação animal na época das águas maior ou igual a 5 UA ha ⁻¹
Adubação nitrogenada	Manejo das pastagens (sequeiro ou irrigada), e em função do teor de M.O. do solo e da lotação

Tabela 2. Visitas à página da Rede AP (entre novembro/10 e agosto/2013).

Ano	Visitas	Visitantes	% Novas visitas	Rejeição (%)
2010 (a partir de nov/10)	90	61	32,2	0,0
2011	2.321	1.336	42,4	26,1
2012	5.901	2.513	57,4	22,5
2013 (até ago/13)	6.034	2.396	60,3	34,5
Total	14.346	6.306	56,1	27,7

Tabela 3. Países e estados brasileiros de origem das visitas à página do Adubapasto (entre novembro/10 e agosto/2013).

País/território	Visitas	% de Visitas	Estados Brasileiros	Visitas	% de Visitas
1. Brasil	14.026	97,80	1. São Paulo	3.684	25,7
2. não identificado	157	1,09	2. Minas Gerais	2.652	18,5
3. Paraguai	46	0,32	3. Paraná	1.186	8,3
4. Estados Unidos	43	0,30	4. Goiás	909	6,3
5. Portugal	32	0,22	5. Mato Grosso do Sul	655	4,6
6. Venezuela	12	0,08	6. Bahia	612	4,3
7. Espanha	7	0,05	7. Rio Grande do Sul	570	4,0
8. Bolívia	6	0,04	8. Mato Grosso	539	3,8
9. Israel	6	0,04	9. Rio de Janeiro	496	3,5
10. Moçambique	6	0,04	10. Espírito Santo	223	1,6

CONCLUSÃO

O software tem funcionado como ferramenta de gestão para técnicos, extensionistas, produtores e pesquisadores que podem organizar suas informações em banco de dados próprio, acessá-las e interpretá-las em sua totalidade a qualquer momento, por meio de acesso remoto à homepage via Web. Além disso, o acesso ao banco de dados pelos administradores permitirá o acesso a informações para a pesquisa nas áreas de estatística, de fertilidade do solo, de nutrição mineral de plantas forrageiras e de produção animal em sistemas de pastagens manejadas intensivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRA, P.P.A.; PRIMAVESI, O. **Soil fertility of tropical intensively managed forage system for grazing cattle in Brazil.** In: WHALEN, J.K. Soil fertility improvement and integrated nutrient management - a global perspective. Rijeka, Croatia: Intechopen, 2012. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/soil-fertility-improvement-and-integrated-nutrient-management-a-global-perspective/soil-fertility-of-tropical-intensively-managed-forage-system-for-grazing-cattle-in-brazil>. p. 37-56
- CLIFTON, B. **Advanced Web Metrics with Google Analytics.** Wiley, New York, 2008.
- OLIVEIRA, P.P.A.; BERNARDI, A.C.C.; SANTIAGO, R.R.; SILVA, R.F. **Software adubapasto 1.0 para recomendação de calagem e adubação para sistemas de pastejo intensivo.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 98).

ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA CULTURA DO MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO

Allison José Fornari, Eduardo Fávero Caires, Ângelo Rafael Bini

Mestrando em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa-UEPG, allison.fornari@gmail.com; Professor do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa-UEPG, Av. Gal. Carlos Cavalcanti 4748, CEP 84030-900, efcaires@uepg.br; Mestrando em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa-UEPG, angelobini@gmail.com.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho apresenta elevado potencial produtivo. Produtividades de grãos acima de 16 t ha⁻¹ são alcançadas em algumas propriedades do Estado do Paraná. O fornecimento de nutrientes em quantidades adequadas e equilibradas para atender a demanda da cultura durante o seu ciclo de desenvolvimento é fundamental para o alcance de altas produtividades de grãos de milho.

O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes extraídos em maiores quantidades pela cultura do milho, sendo da ordem de 21 kg de N e 22 kg de K por tonelada de grãos produzidos (Büll, 1993). Assim, o aumento do teto produtivo de grãos aumenta a demanda de N e de K pela cultura do milho.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de doses de N e K empregadas na adubação sobre a produtividade de grãos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Paiquerê do município Piraí do Sul (PR). O solo é um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com 530 g kg⁻¹ de argila, manejado há 30 anos no sistema de plantio direto. Os resultados das análises químicas do solo da área experimental, realizadas antes da instalação do experimento, estão apresentados da Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados de análises químicas do solo da área experimental, antes da instalação do experimento.

Profundidade (cm)	pH (CaCl ₂)	H+Al	Al	Ca	Mg	K	CTC (pH 7,0)	P (Mehlich-1)	C	V ⁽¹⁾
		cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³	g dm ⁻³	%
0–10	4,5	10,45	0,8	5,4	0,80	0,36	17,01	3,2	29	39
10–20	4,4	10,45	1,1	4,0	0,70	0,25	15,40	3,8	29	32

⁽¹⁾ Saturação por bases do solo.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas (28 m × 6,5 m), foram aplicadas quatro doses de K (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), na forma de cloreto de potássio. As subparcelas (7,0 m × 6,5 m) receberam quatro doses de N em cobertura (0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹), na forma de ureia. As doses de K foram aplicadas a lanço imediatamente após o plantio do milho. O N foi aplicado no estágio de desenvolvimento V₄.

A cultura do milho foi semeada após cultivo de aveia. A cultura de aveia preta foi manejada 45 dias antes da semeadura do milho. A adubação da cultura de aveia foi de 120 kg ha⁻¹ de MAP (11–52–00), visando o fornecimento de 13,2 kg ha⁻¹ de N e 62,4 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A semeadura do milho, híbrido STATUS VIPTERA, foi realizada no início de outubro de 2012, na densidade de 76.000 sementes por hectare e espaçamento de 0,5 m entre as linhas, de modo a obter 70.000 plantas por hectare. A adubação de semeadura foi efetuada por meio da aplicação de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 18–23–00 (N–P₂O₅–K₂O), visando o fornecimento de 45 kg ha⁻¹ de N e 57,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O controle fitossanitário foi realizado conforme as necessidades da cultura do milho, de modo a permitir o adequado desenvolvimento das plantas. Após a maturação, o milho foi colhido e trilhado, determinando-se, então, a produtividade de grãos a 130 g kg⁻¹ de umidade. A colheita do milho foi realizada nas 5 linhas centrais por 4,0 m de comprimento de cada subparcela.

Os resultados de produtividade de grãos foram submetidos às análises de variância e de regressão. Na ausência de interação significativa entre doses de N x doses de K, os efeitos dos tratamentos foram comparados por análises de regressão, pelas médias das observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de grãos de milho não foi influenciada significativamente pela interação entre doses de N x doses de K. As doses de K não ocasionaram alterações significativas na produtividade de milho, tendo-se obtido rendimento médio de 8355 kg ha⁻¹ de grãos (Figura 1a). Certamente, o teor médio de K trocável no solo, de 0,30 cmol_c dm⁻³ na camada de 0–20 cm (Tabela 1), foi suficiente para atender a demanda de K da cultura do milho. A produtividade de milho aumentou de forma quadrática com as doses de N aplicadas em cobertura (Figura 1b). De acordo com a equação de regressão ajustada, a maior produtividade de grãos de milho (10620 kg ha⁻¹) seria obtida com a aplicação de 305 kg ha⁻¹ de N. Como foram aplicados 45 kg ha⁻¹ de N na semeadura, a maior produtividade de milho seria alcançada com a dose de 260 kg ha⁻¹ de N em cobertura no estágio V₄ das plantas de milho. Como o milho foi cultivado após aveia preta, houve alta demanda de N na adubação por causa da elevada relação C/N. Entretanto, isso não gerou necessidade de doses mais altas de K na adubação do milho, mostrando que o teor de 0,30 cmol_c dm⁻³ de K trocável na camada de 0–20 cm é suficiente para garantir produtividades de grãos da ordem de 10 t ha⁻¹ de grãos.

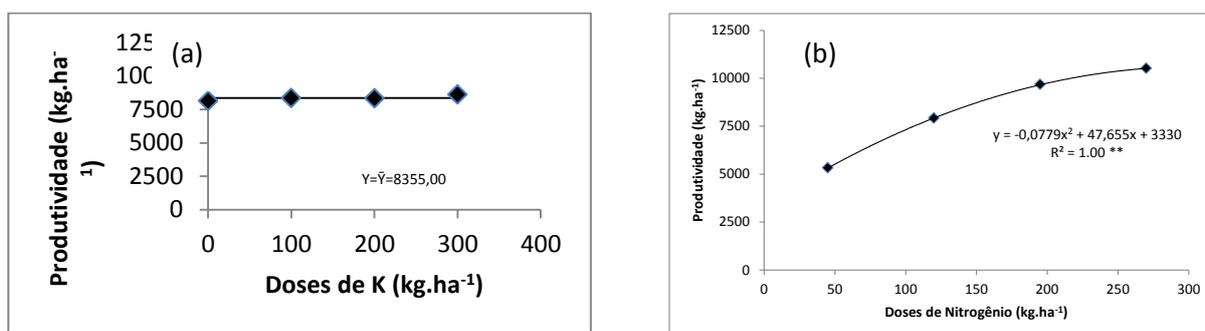


Figura 1 Produtividade de grãos de milho de acordo com as doses de potássio (a) e de nitrogênio (b) aplicadas em sistema plantio direto. ** $P < 0,01$.

CONCLUSÕES

A aplicação de potássio em solo com teor de K trocável de 0,30 cmol_c dm⁻³ de K na camada de 0–20 cm não alterou a produtividade de grãos de milho em sistema plantio direto;

A aplicação de nitrogênio em cobertura dobrou a produtividade de grãos de milho cultivado após aveia preta em sistema plantio direto;

A alta demanda de nitrogênio não aumentou a demanda de potássio na adubação do milho em solo com teor suficiente de K trocável na camada de 0–20 cm em sistema plantio direto.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. **Cultura do Milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba. Potafós, p. 63-145, 1993.

FORNE ALTERNATIVA DE K OBTIDA DA ROCHA SILICÁTICA POTÁSSICA (VERDETE) NA CULTURA DE MILHETO

Lucia P. Firme, Juliana A. Braga, Eduardo S. Spolidorio, Antonio E. Boaretto

Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, SP, 13400-970, lucia.pittolfirme@gmail.com; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, SP, 13506-900, julaab@ig.com.br; Verde Fertilizante Ltda, BH, MG, 30112-010, eduardo.spolidorio@verdefertilizantes.com.br; Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, SP, 13400-970, a.e.boaretto@cena.usp.br

INTRODUÇÃO

O consumo de cloreto de potássio (KCl) pela agricultura brasileira é altamente dependente do mercado exterior. A produção brasileira de KCl atende somente 9% do consumo interno, o que torna necessário a importação de 91% deste fertilizante (IMBRA, 2012). Atualmente, tem sido incentivado o estudo de fontes alternativas de potássio, como por exemplo, o termopotássio (TK). Este é obtido a partir da mistura da rocha silicática potássica (verdete) com CaCO_3 , que é submetida ao aquecimento (calcinação) para desagregação dos minerais do silicato com a liberação de K (7% a 8% de K_2O), Ca, Mg e Si (Horowitz et al, 1978).

O TK por apresentar baixa solubilidade em água permite que os nutrientes contidos em sua composição sejam liberados gradativamente para a solução do solo, o que aumenta a eficiência de absorção destes elementos pelo sistema radicular das plantas e diminui as perdas por lixiviação em comparação as fontes solúveis como o KCl (Duarte et al., 2013).

O presente trabalho objetivou avaliar a produção de matéria seca total (MST) e o efeito residual em dois cultivos de milho em solo tratado com TK em comparação com cloreto de potássio (KCl).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do CENA-USP. Foram realizados dois cultivos com plantas de milho em potes de $0,5 \text{ dm}^3$ contendo um solo argiloso (52% de argila) classificado como Latossolo Vermelho distrófico.

O delineamento foi ao acaso, com duas fontes de K (KCl e TK, 60% e 7% de K_2O , respectivamente), três doses de 100, 200 e 400 kg ha^{-1} de K_2O e um tratamento controle, com quatro repetições por tratamento. Quinze sementes de milho foram semeadas por vaso e após a germinação foram desbastadas e mantidas dez plântulas por vaso. Os tratamentos foram adubados com solução nutritiva sem K, que foi suprido apenas de acordo com os diferentes tratamentos.

As plantas (folha e raiz) foram colhidas após 45 dias da germinação. O material vegetal foi seco em estufa a 60°C , para determinação da matéria seca total (MST), e moído, para análise química do teor de K e cálculo do acúmulo de K na planta. Amostras de solo foram coletadas, secas e peneiradas para análise de teor de K (Mehlich). O segundo cultivo foi realizado nas mesmas condições de solo, tratamentos e coletas de amostras do primeiro cultivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro cultivo do milho, a produção de MST aumentou de forma quadrática com as doses de K_2O via KCl e de forma linear com as doses de K_2O via TK (Figura 1). A aplicação de 400 kg ha^{-1} de K_2O via KCl ou TK proporcionou produção de MST de 36% e 27%, respectivamente, superior ao tratamento controle. A produção de MST nos tratamentos com 100, 200 e 400 kg ha^{-1} de K_2O via KCl foi 21%, 21% e 13% superior ao tratamento com TK, respectivamente. A maior produção de MST no tratamento com KCl pode ser explicada pelo resultado de acúmulo de K na planta que foi até 60% maior do que o TK. A maior solubilidade do KCl, em relação ao TK, permitiu maior liberação de K para solução do solo e absorção pelo sistema radicular das plantas.

No segundo cultivo do milho, a produção de MST aumentou de forma quadrática com as doses de K_2O via TK e de forma linear com as doses de K_2O via KCl (Figura 1). A

aplicação de 400 kg ha⁻¹ de K₂O via KCl ou TK proporcionou produção de MST de 62% e 71%, respectivamente, superior ao tratamento controle. A produção de MST nos tratamentos com 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O via TK foi 22%, 35% e 37% superior ao tratamento com KCl, respectivamente. Este resultado deve-se ao efeito residual do TK, pois o teor de K_{Mehlich} no solo que recebeu esta fonte, após o primeiro cultivo, foi até 63% maior do que o KCl, proporcionando acúmulo de K na planta de até 66% maior do que o KCl no segundo cultivo. Não houve diferença na soma da produção de MST nos dois cultivos entre os tratamentos com KCl e TK.

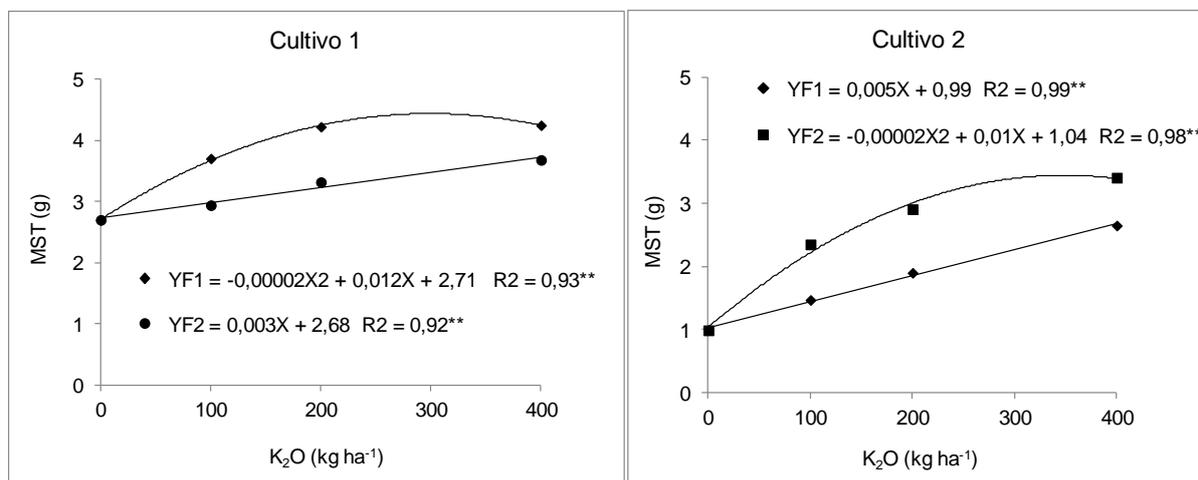


Figura 1. Matéria seca total (MST) de milho no primeiro cultivo (cultivo 1) e segundo cultivo (cultivo 2) em função das fontes potássicas (F1 = KCl e F2 = TK) estudadas e das doses de K₂O aplicadas.

A menor solubilidade do TK, em relação ao KCl no primeiro cultivo, permitiu a liberação gradativa do K para a solução do solo, o que favoreceu a absorção deste elemento pelo sistema radicular da planta no segundo cultivo. Portanto, o TK pode ser uma potencial fonte de fertilizante para o fornecimento do K₂O, sendo necessários outros estudos para avaliar o seu adequado manejo e eficiência agrônômica.

CONCLUSÃO

O TK contribui para o aumento da produção de MST do milho em dois cultivos sucessivos, não diferindo do KCl neste experimento.

O TK apresenta efeito residual de K no solo em dois cultivos sucessivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUARTE, I.N.; PEREIRA, H.S.; KORNDÖRFER, G.H. Lixiviação de potássio proveniente do termopotássio. *Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.43, n.2, p.195-200, 2013.
- HOROWITZ, A.; PINTO, F.G.; DUARTE, P.J.; CANNEIRO, M.O.M. Produção de adubos de solubilidade controlada. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, v.2, n.2, p.144-157, 1978.
- IMBRA. Instituto Brasileiro de Mineração. *Informações e análises da economia mineral brasileira*. 2012. 62p. <http://www.ibram.org.br> (27 de agosto de 2013).

LIXIVIAÇÃO DE K PROVENIENTE DO EXTRATO DA CASCA DE CACAU EM COLUNAS DE SOLO

João Marcos Crispim de Cerqueira; George Andrade Sodré; Daniel Ornelas Ribeiro

Graduando em Agronomia; Universidade Estadual de Santa Cruz; Ilhéus, Bahia, joao_marcos05@hotmail.com; Prof. Uesc/ DCAA & Pesquisador da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira; Ilhéus, Bahia, sodre@cepec.gov.br; Mestre em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Santa Cruz; Ilhéus, Bahia, ornelasrib@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Na cultura do cacauzeiro o resíduo gerado em maior quantidade é a casca do fruto, que pode ser reaproveitada para produção de fertilizantes orgânicos. Durante a compostagem da casca do fruto verifica-se a liberação de um extrato líquido, escuro e inodoro. Sodré et al., 2012 realizaram análise química desse extrato e verificaram elevada concentração de potássio (K).

Considerando que a necessidade de K para o cacauzeiro na fase de produção é muito expressiva e que a mobilidade do K no perfil do solo pode afetar a sua disponibilidade para as plantas, o trabalho avaliou a lixiviação de K após aplicação de extrato da casca de cacau (ECC) em solos com textura arenosa e argilosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Ceplac, em Ilhéus - BA. O ECC foi obtido segundo metodologia descrita por Sodré et al., 2012. Os solos Argissolo Amarelo Eutrófico, textura média (argiloso) e Argissolo Amarelo Distrófico, arenoso (arenoso) foram usados para preencher colunas confeccionadas com tubos PVC medindo 5 cm de diâmetro e altura.

Cada coluna foi composta por 4 anéis sobrepostos, totalizando 20 cm de altura. Os anéis foram unidos com auxílio de fita adesiva e na base da coluna foi adicionado tela de nylon (1 mm) para contenção do solo.

Na superfície do solo, em cada coluna, foram aplicadas doses de ECC (0, 30, 60, 90, 120 mg K kg⁻¹ solo). Durante 25 dias, a cada 5 dias, aplicou-se 100 ml de água destilada por coluna. A solução lixiviada foi coletada em recipientes conectados à base da coluna e analisou-se o pH e o teor de K.

O delineamento foi inteiramente casualizado com os tratamentos formados por 2 solos, 5 doses de K e 4 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Foram aceitos os modelos que apresentaram maior coeficiente de determinação (R²).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, verifica-se que o K encontrado na solução lixiviada variou com a textura do solo e com o tempo da aplicação e apresentou efeito linear no solo arenoso. Esse resultado pode ser atribuído à reduzida capacidade de troca catiônica (CTC) encontrada no solo arenoso.

Considerando que o solo arenoso continha 97% de fração areia, os resultados também sugerem que a quantidade que não lixiviou foi devido à adsorção destes íons às frações coloidais da matéria orgânica presentes no extrato. Por outro lado, os resultados mostram que o solo argiloso reteve maior quantidade do K aplicado (Tabela 1).

Ao avaliar o efeito da aplicação de doses de ECC, como fonte de K, no crescimento de mudas de cacauzeiro, Sodré et al., 2013 observaram que, quando comparado ao solo Argissolo Amarelo Distrófico, o teor de K disponível no solo Argissolo Amarelo Eutrófico, 120 dias após a aplicação, foi menor em todas as doses, resultado atribuído à textura arenosa e a baixa CTC do solo Argissolo Amarelo Distrófico.

Ao estudar a dinâmica do K no perfil do solo, Werle et al., 2008, observaram que a intensidade de lixiviação foi maior no solo mais arenoso. Porém, no solo argiloso, a lixiviação foi mais constante, retraindo maiores quantidades de K, o que, segundo os autores, pode ser explicado pela CTC do solo.

Tabela 1. Equações de regressão para teor de K (mg L⁻¹) encontrado na solução lixiviada em 2 solos com aplicação de extrato de casca de cacau.

Solo	Tempo (dias)	Equação	R ²
Arenoso	5	$y = 0,8998x + 3,25$	0,99 [*]
	10	$y = 0,3443x + 3,37$	0,98 [*]
	15	$y = 0,2456x + 2,0001$	0,94 [*]
	20	$y = 0,1277x + 1,315$	0,99 [*]
	25	$y = 0,0857x + 0,975$	0,98 [*]
Argiloso	5	$y = 0,0025x + 2,85$	0,19 ^{ns}
	10	$y = 0,0007x^2 - 0,1167x + 6,26$	0,88 [*]
	15	$y = -0,0001x^2 + 0,0175x + 1,73$	0,93 [*]
	20	$y = 0,0032x + 1,6905$	0,43 ^{ns}
	25	$y = 0,00005x^2 + 0,0077x + 1,69$	0,94 [*]

* Significativo a 5 % de probabilidade; ns = não significativo

Verificou-se diminuição no pH do solo argiloso diretamente proporcional ao aumento da dose de K e do tempo (Tabela 2). Por esse resultado pode-se inferir ter havido troca de íons H⁺ adsorvidos por ligação iônica nas partículas de argila por K adicionado via ECC, liberando-os para a solução do solo com efeito redutor no pH.

Tabela 2. Equações de regressão para pH da solução lixiviada em 2 solos com aplicação de extrato de casca de cacau.

Solo	Tempo (dias)	Equação	R ²
Arenoso	5	$y = -0,0006x^2 + 0,0558x + 5,6$	0,85 [*]
	10	$y = 0,0083x + 6,3$	0,50 [*]
	15	$y = -0,0002x^2 + 0,0252x + 6,7$	0,89 [*]
	20	$y = 0,0002x^2 - 0,027x + 7,39$	0,60 [*]
	25	$y = 0,00006x^2 - 0,0083x + 6,9$	0,62 [*]
Argiloso	5	$y = 0,0032x + 6,13$	0,88 [*]
	10	$y = -0,00005x^2 + 0,0002x + 6,5$	0,98 [*]
	15	$y = 0,0019x + 6,47$	0,96 [*]
	20	$y = 0,00002x^2 - 0,0035x + 4,1$	0,87 [*]
	25	$y = 0,00001x^2 + 0,0023x + 4,1$	0,21 ^{ns}

* Significativo a 5 % de probabilidade; ns = não significativo.

CONCLUSÕES

A textura do solo e o tempo influenciaram na quantidade de K lixiviado. Doses elevadas de ECC reduziram o pH do solo argiloso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SODRÉ, G. A.; VENTURINI, M. T.; RIBEIRO, D. O.; MARROCOS, P. C. L. Extrato da casca do fruto do cacau como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacau. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p881-887, 2012.
- SODRÉ, G. A.; RIBEIRO, D. O.; LEITE, M. S. B.; de BRITO, M. G. **Crescimento de mudas de cacau em solos fertilizados com extrato do fruto**. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013, Florianópolis, SC. Anais...Florianópolis: SBCS, 2013.
- WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.2207-2305, 2008.

INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO N:K NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

Juliana Tamie Suyama, Gabriel Barth

Eng. Agrônoma, Pesquisadora do Setor de Solos e Nutrição de Plantas da Fundação ABC – Castro, PR juliana.tamie@fundacaoabc.org.br; Eng. Agrônomo Dr. Coordenador do Setor de Solos e Nutrição de Plantas da Fundação ABC – Castro, PR gabrielbarth@fundacaoabc.org.br

INTRODUÇÃO

Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maior quantidade pelo milho. A resposta do milho à adubação potássica varia quanto ao tipo de solo, saturação de Ca e Mg na solução e ao nível inicial deste no solo (Meurer; Anghinoni, 1993), ao nível de produtividade esperado (Raij et al., 1996) e ao material genético estudado (Furlani et al., 1986). Aplicações elevadas de nitrogênio sem um aumento correspondente de potássio podem resultar em relação N:K inadequadas dentro da planta, com consequente queda de produção de biomassa (Büll; Cantarella, 1993).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estudar doses crescentes de N e K_2O , e combinações entre níveis diferentes desses nutrientes, para avaliar a resposta produtiva em lavouras e adequar as doses de Nitrogênio e Potássio para essas condições de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos 3 ensaios em locais distintos. Dois na safra 2007/08 no município de Castro (ORGANOSSOLO – ORG; e LATOSSOLO - LAT) e outro na safra 2012/13 em Arapoti (LATOSSOLO). Os solos destes experimentos tinham bons níveis de fertilidade na camada 0-20 cm (fósforo em níveis adequados e relativamente bem corrigidos), com teores de K ($mmol/dm^3$) de 2,0 (LAT Arapoti), 3,1 (LAT Castro) e 5,3 (ORG Castro).

O ensaio 1 foi conduzido com híbrido P 30F53, o ensaio 2 conduzido com o híbrido P 30R50. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (3×6), sendo 3 doses de nitrogênio (140, 180 e 220 kg ha^{-1}) e 6 doses de potássio para completar a relação 1:0, 1:0,2, 1:0,4, 1:0,6, 1:0,8 e 1:1, com 3 repetições. Foi realizada adubação de base com 400 kg ha^{-1} de 13-31-00 + 1% Zn.

O ensaio 3 foi conduzido com os híbridos P 30F53H e P 30R50H. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições. Foi realizada adubação de base com 315 kg ha^{-1} de 13-31-00 + 1% Zn, e 354 kg ha^{-1} de ureia em cobertura. As doses de KCl foram aplicados em pré plantio e cobertura do milho conforme tratamentos: 1:0, 1:0,5, 1:1 e 1:1,25 da relação N:K, sendo utilizado 200 kg ha^{-1} de N (ureia).

Os tratos culturais de todos os ensaios foram realizados conforme as recomendações regionais para a cultura. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o programa SAS, e em caso de variação significativa, utilizou-se o teste de Tukey para comparação de médias ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio realizado em LATOSSOLO na safra 2007/08 houve diferença somente para dose de N tanto para teor de N, K nas folhas e para produtividade, já no ensaio realizado em ORGANOSSOLO não apresentou diferença para as variáveis avaliadas. Em função das doses de K_2O não houve nenhuma diferença para nenhuma das variáveis analisadas tanto em LATOSSOLO como em ORGANOSSOLO. Não houve interação entre doses de N e K_2O , para as variáveis analisadas.

O resultado do ensaio realizado na safra 2012/13 foi agrupado conforme a relação N:K para ambos híbridos. Houve diferença somente para os teores de K, Ca e Mg foliar, sendo que com o aumento da relação N:K houve aumento nos teores de K e redução nos teores de Ca e Mg nas folhas de milho. Essas diferenças nos teores de macronutrientes nas folhas de milho em função da relação N:K não influenciaram na produtividade de grãos de milho.

Tabela 1. Teores de N e K nas folhas de milho e produtividade em função da relação N:K, na safra 2007/08. Fundação ABC, 2013.

N (kg ha ⁻¹)	Relação N:K	Organossolo P 30F53			Latossolo P 30R50		
		N-foliar	K-foliar	Prod Kg ha ⁻¹	N-foliar	K-foliar	Prod Kg ha ⁻¹
140	1:0	29,93	26,33	14.475	25,7	30,5	12.510
	1:0,2	29,27	25,77	14.149	27,4	29,37	13.481
	1:0,4	27,53	29,3	14.778	27,2	30,1	13.109
	1:0,6	29,4	28,83	13.379	26,93	29,87	13.308
	1:0,8	30,9	26,4	13.831	25,73	28,97	13.482
	1:1	32,87	21,73	14.561	24,87	30,03	13.438
180	1:0	29,17	26,53	14.225	26,8	30,5	12.687
	1:0,2	29,13	25,3	14.483	28,33	31,47	13.187
	1:0,4	27,57	25,67	13.708	27,3	31,53	13.237
	1:0,6	28,57	30,97	14.208	29,23	30,83	12.992
	1:0,8	30,3	24,47	14.405	26,47	29,8	12.027
	1:1	32,03	26,3	13.884	26,8	29,8	12.651
220	1:0	29,17	27,23	12.856	29,8	31,4	13.419
	1:0,2	29,7	26,03	13.990	29,07	30,8	13.225
	1:0,4	30,13	30,7	13.918	28,67	31,53	13.708
	1:0,6	28,2	31,33	13.606	29,73	31,9	13.670
	1:0,8	32,37	26,47	13.672	31,03	31,1	12.861
	1:1	31	22,17	14.108	26,93	30,47	12.722
CV %		5,51	10,26	4,7	6,95	5,23	4,55
Prob>F	Dose N	ns	ns	ns	0,0003	0,0419	0,045
	Dose K ₂ O	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	N x K ₂ O	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si – Tukey p < 0,05; ns – não significativo – Tukey p < 0,05.

Tabela 2. Teores de macronutrientes nas folhas de milho e produtividade em função da relação N:K na safra 2012/13.

Relação N:K	N	P	K	Ca		Mg		S	Prod.	
	(g kg ⁻¹)									
1:0	28,21	2,73	21,06	c	4,33	a	2,34	a	2,18	12.719
1:0,5	27,99	2,72	21,93	bc	3,86	b	1,99	ab	2,12	12.852
1:1	28,51	2,77	23,13	ab	3,65	bc	1,66	ab	2,21	12.708
1:1,3	28,69	2,82	24,09	a	3,47	c	1,91	b	2,18	12.854
CV %	7,14	7,35	7,79		10,85		23,66		12,76	4,18
Prob>F	ns	ns	<0,0001		<0,0001		0,002		ns	ns

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si – Tukey p < 0,05; ns: não significativo a 5%.

Fonte: Fundação ABC, (2013).

CONCLUSÃO

Nas condições em que foram conduzidos os ensaios, não houve interação para relação N:K na produtividade do milho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÜLL, L. T. Nutrição mineral de milho. In: BÜLL, T; CANTARELLA, H. (ed). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, p. 63-145, 1993.
- FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; LIMA, M. Crescimento diferencial de linhagens de milho em solução nutritiva com baixo nível de potássio. **Bragantia**, v. 45, p. 303-316, 1986.
- MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 377-382, 1993.
- RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. 285p.

MEASURING PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILITY AFTER SUBSURFACE BAND APPLICATIONS WITH RTK

Fabián G. Fernández

Department of Soil, Water, and Climate, S-233 Soils, 1529 Gortner Avenue, St. Paul, MN 55108, fabiangf@umn.edu

INTRODUCTION

No-till has become more widely accepted over the last 20 years because it can conserve soil and water resources to a greater extent than conventional tillage systems and often represent savings in operation cost. At the same time, new corn (*Zea mays* L.) hybrids tend to produce greater crop residue that does not decompose as quickly as earlier hybrids. Greater residue cover on the soil surface interferes with mechanical planting operations and often delays planting, germination, and crop development as soils tend to stay cooler and wetter later in the season. An alternative system that is becoming more widely used is strip-till because it combines the improved seedbed conditions of conventional tillage and the benefits of water and soil conservation of no-till. Strip-till farmers often combine the tillage operation with subsurface banding of phosphorus (P) and potassium (K) fertilizers. Fertilizing in bands creates a challenge when soil sampling to accurately represent the fertility of a field because this practice generates a horizontal pattern of high and low fertility levels across the field. Since strip-till is designed to maintain strips in the same location and provide a controlled-traffic system—and RTK satellite navigation technology allow strips to consistently remain in the same place from year to year—this pattern is intensified over a short time. Although the challenge of accurately represent the fertility of fields with band applications is readily recognized, the best way to collect soil samples has not been defined. Therefore, the objectives of this study were to 1) determine the distribution of soil P and K test levels after repeated broadcast or subsurface band applications of various P and K rates in no-till and strip-till systems and 2) develop soil sampling procedures to improve estimation of soil P and K test levels.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in three commercial fields between 2007 and 2010 in east-central Illinois, USA. The soils were Fine, smectitic, mesic Aquic Argiudolls and Fine-silty, mixed, superactive, mesic Typic Endoaquolls and had no history of banded fertilizer placement.

The study was conducted on a corn–soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] rotation with 76-cm row spacing in all sites and for both crops. Plot size was 6 by 150 m, and treatments remained in the same plot for the duration of the study. The study was set up as a split-plot arrangement in a randomized complete-block design with two replications. The main (whole) plot included three tillage/fertilizer placement treatments: no-till broadcast (NTBC), strip-till broadcast (STBC), and strip-till deep band (STDB). The split-plot treatments were blends of P₂O₅ and K₂O made to create seven P-K fertilizer treatments with a control receiving no P or K (0-0 or check). The six additional rates were established in 25 kg P₂O₅ and K₂O ha⁻¹ increments starting with a blend of 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ and 50 kg K₂O ha⁻¹. Strip-till operations and deep band fertilizer applications were done 15 cm below the soil surface in the fall and corn was planted on the location of the strips the following spring. For the STBC treatment, broadcast applications were performed after the strip-till operation. The location of the tillage and the banded fertilizer was maintained constant by using RTK satellite navigation technology (\pm 2.5 cm accuracy). The soybean crop was also planted on the same crop-row position as corn, but no tillage or fertilizer operations were performed for soybean. Soil samples for P and K analysis were collected from each plot after crop harvest. A composite of 12 soil cores was made for each of four sampling positions with respect to the crop row: in the crop row (IR) and in between the crop rows (BR) 19-, 38-, and 57 cm from the IR. Each sample was partitioned into 0-10, 10-20, and 20-30 cm depth increments. The composite 12 soil-core samples were collected three per each of the positions with respect to the crop row within a four-row geo-referenced 3- by 3 m area in the center of each treatment. We created

a soil P and K test-weighted average for the top 20 cm of the soil for different treatments and then calculated soil test levels for different sampling scenarios created by various ratios of IR to BR cores: 1:3, 1:2, 1:1, 1:0, and 0:3. The 1:2 and 1:1 ratios were calculated from the average of all possible combinations of IR, and the appropriate number of BR samples was drawn from a population of three BR samples. All of these calculated test levels were compared with the calculated “true” mean soil test levels for each fertilizer rate treatment. The “true” mean soil test level for the top 20 cm of soil was defined as the value obtained when averaging across the test values from one sample collected at IR and three samples collected at BR (1:3 ratio of IR/BR cores) for the NTBC system. Data were analyzed with the MIXED procedure of SAS.

RESULTS AND DISCUSSION

Averaged across locations and treatments, starting soil test levels in 2007 were 30, 13, and 8 mg P kg⁻¹ and 189, 123, and 116 mg K kg⁻¹ for the 0-10-, 10-20-, and 20-30 cm depth increments, respectively. The statistical analysis of soil P and K as affected by treatment and treatment interactions can be more easily understood when presented as the change in soil P and K over time. For simplicity, we only discuss three fertility levels representing the check (0-0 P-K kg ha⁻¹), a maintenance rate (44-83 P-K kg ha⁻¹), and a buildup rate (highest fertility rate) (77-145 P-K kg ha⁻¹). Decline in soil P and K at the top 10 cm of the soil occurred for the unfertilized check for all sampling positions and the different tillage/fertilizer placement treatments, likely as result of crop removal; but no change occurred in the 10-20 and 20-30 cm depth increments. For the maintenance rate no change occurred in soil P for the broadcast treatments across all sampling positions for the top 30 cm of the soil. For the most part, similar results were observed for K, except that at IR in the 0-10 cm layer K levels increase as result of K leaching from plants after physiological maturity. For the STDB treatment soil test levels increase 80 mg P kg⁻¹ and 43 mg K kg⁻¹ at the IR position within the 10-20 cm depth increment. As with the unfertilized check, soil P and K in STDB decreased at the surface layer for all BR positions, illustrating that despite placement technique, corn and soybean crops take most of their P and K from the surface layer. At the highest P and K fertilizer rate, we observed similar results as for the maintenance treatment except for the following: soil P increased at the soil surface of the broadcast treatments across sampling positions whereas no change occurred for K at the BR positions, and P and K levels increased in the layer below the point of application in STDB likely as result of leaching. For STBC, soil P was not different than the “true” mean regardless of the sampling ratio used or the fertilizer rate. On the other hand, always sampling at IR (1:0 ratio) overestimated soil K because of accumulation from K leaching from the crops. For STDB, using a 1:3 or 1:2 sampling ratio was adequate regardless of the fertilizer rate to estimate soil P and K relative to the “true” mean. On the other hand, sampling collection with the IR/BR ratio of 1:1 or 1:0 caused over-estimation and the 0:3 ratio resulted in substantial underestimation of the “true” fertility.

CONCLUSION

Soil P and K fertility patterns are largely affected by fertilization method. We clearly showed that when the fertilizer band and the planting row are maintained in the same location from year to year, sampling location is an important consideration. Underestimation of soil test levels can occur if the band is deeper than the recommended sampling depth or the location of the band (for P and K) or the planting row (for K) is avoided during sampling. On the contrary, if soil samples are collected only from the location of the fertilizer band, this would result in overestimation of soil P and K test levels. A 1:3 (IR/BR) sampling ratio is recommended to quantify P and K fertility when the fertilizer band or the planting row are maintained constant.

PRODUTIVIDADE DA SOJA E SUA EFICIÊNCIA NO USO DE POTÁSSIO EM SUCESSÃO A MILHO CULTIVADO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA

Wander Cruvinel Ferreira Filho; Jeander Oliveira Caetano; Vinícius de Melo Benites; Getúlio Sousa Guimarães; Carlos César Evangelista de Menezes; Júlio César da Silva

Pesquisador, Centro Tecnológico Comigo, Anel viário Paulo Campos, s/n, Km 07, Zona Rural, CEP 75.902-261, Rio Verde, GO, wandercruvinel@hotmail.com; Bolsista de DCR FAPEG/CNPq; Programa de Pós-graduação em Agronomia; Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí; Rodovia BR 364, Km 192, nº 3.800, Parque Industrial, CEP 75801-615, Jataí, GO, jeandercaetano@gmail.com; Pesquisador, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico 1024, Jardim Botânico, CEP 22.460-000, Rio de Janeiro, RJ, vinicius@cnps.embrapa.br; Graduando em Agronomia - bolsista Embrapa Solos; Universidade de Rio Verde, Caixa Postal 104, CEP 75901-970, Rio Verde, GO, guimaraesv@gmail.com; Pesquisador, Centro Tecnológico Comigo, Anel viário Paulo Campos, s/n, Km 07, Zona Rural, CEP 75.902-261, Rio Verde, GO, carlosmenezes@comigo.com.br; Graduando em Agronomia - bolsista Embrapa Solos; Universidade Federal de Goiás, Jataí, GO, juliogiano.fila@hotmail.com. Trabalho executado com recursos da Fapeg, CNPq, IPI, Embrapa Solos e Comigo

INTRODUÇÃO

A otimização no uso dos insumos tem sido um desafio em meio às adversidades do sistema de produção agrícola. Os insumos que se destacam são os fertilizantes, os quais compõem a grande parte do custo de produção. Além disso, as culturas anuais apresentam baixa taxa de recuperação de nutrientes (Baligar; Bennett, 1986). Assim, novos componentes têm sido avaliados junto aos cultivos preferenciais, como a consorciação do milho com uma forrageira na entressafra, produzindo grãos e forragem na mesma área e período de cultivo, além de auxiliar na ciclagem de nutrientes. Objetivou-se avaliar a influência do cultivo de milho solteiro e consorciado com *U. ruziziensis*, na entressafra, sobre a produtividade de grãos da soja, cultivada no verão subsequente, e sobre o balanço de potássio desses sistemas de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho distrófico com textura argilosa (Embrapa, 2006). O ensaio foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas 2x2x4 (duas formas de correção do solo: total inicial e parcelada anual, dois tipos de cobertura de entressafra: milho solteiro e milho em consórcio com *U. ruziziensis* e quatro doses de K₂O, na forma de KCl: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹, aplicadas em cobertura aos 20 dias após a emergência da soja). O milho solteiro e o consorciado foram semeados em 17/02/2011. A *U. ruziziensis* foi semeada junto ao adubo de plantio do milho com 7 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. A adubação de semeadura foi com 150 kg ha⁻¹ de MAP. A semeadura da soja precoce M7211RR foi realizado em 20/10/2011. A adubação de semeadura foi com 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples. No estádio R1 da soja realizou-se amostragem para determinação do K foliar. A amostragem do solo foi realizada após a colheita da soja, na profundidade de 0 a 20 cm, com uma furadora com trado rosca. Analisou-se o pH em CaCl₂; o teor de matéria orgânica; os teores trocáveis de Ca, Mg, K e Al; H+Al; e os teores de P, Fe, Mn, Cu e Zn (Embrapa, 2011). Determinou-se os rendimentos de grãos do milho solteiro, consorciado e da soja, os teores de K foliares e dos grãos de milho e soja, a exportação de K dos grãos de soja e o balanço de K nos sistemas de cultivo. Os dados foram avaliados por análise de variância, através do teste de Tukey a 5%, e por regressão utilizando-se o Sisvar 5.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O milho solteiro apresentou maior produtividade de grãos do que o consorciado com *U. ruziziensis* em todas as doses de KCl avaliadas, exceto na dose zero, demonstrando que houve competição entre as culturas do consórcio pelos recursos do meio, como a água por exemplo. Para as doses de KCl, dentro de cada tipo de cobertura de entressafra, apenas as médias do tratamento milho cultivado solteiro ajustou-se ao modelo linear ($R^2 = 0,45$).

O rendimento de grãos da soja cultivada sobre os restos culturais do consórcio de milho e *U. ruziziensis* foi maior na dose zero de KCl do que aquela cultivada sobre os restos de milho solteiro. Acredita-se que a menor produtividade de grãos do milho consorciado com

U. ruziziensis, na entressafra, proporcionou maior residual de K no solo em função da menor exportação desse nutriente, quando comparado com o milho solteiro que apresentou maior produção. Além disso, é possível que a *U. ruziziensis*, inserida no sistema, tenha influenciado na produção da soja através da ciclagem de K no solo. A braquiária, além de proporcionar elevado aporte de palhada para o sistema, apresenta um grande volume de raízes em profundidade, o que reflete diretamente na fertilidade do solo e no aumento dos níveis de K.

Não houve efeito das doses de KCl sobre a produtividade de soja cultivada após o milho consorciado com *U. ruziziensis*. A baixa extração e exportação do nutriente para esse tratamento na entressafra associado à ciclagem de K pela *U. ruziziensis*, possivelmente minimizaram a resposta da cultura às aplicações de KCl. Já no sistema com soja, após milho solteiro, foi observada resposta linear à aplicação das doses de KCl. Nesse sistema, o milho cultivado na entressafra apresentou maior produção e maior exportação de nutrientes, contribuindo com a resposta da soja à aplicação das doses de KCl.

O teor de K do solo nas parcelas com soja após o milho consorciado com *U. ruziziensis* foi 20% superior (46 mg dm^{-3}) ao das parcelas de soja após o milho solteiro. Isso ocorreu em função da menor produtividade de grãos e menor exportação obtida na entressafra pelo consórcio. A ciclagem e acúmulo de K pela *U. ruziziensis*, com a sua posterior liberação ao solo, possivelmente influenciou nesses valores.

O balanço de K foi mais negativo na dose zero de KCl quando a cobertura de entressafra foi o milho consorciado com *U. ruziziensis*. Esse efeito foi proporcionado pela maior produtividade da soja em plantio sequencial e, conseqüentemente, pela maior exportação do nutriente pelos grãos da soja.

Quando se avaliou as doses de KCl em função dos tipos de cobertura de entressafra e também em relação as formas de correção do solo, observou-se que o balanço foi negativo para todas as doses de KCl, independente da cobertura ou forma de correção utilizada.

CONCLUSÃO

A produtividade do milho de entressafra é reduzida no consórcio de milho com *U. ruziziensis*, provavelmente devido à competição por água. O rendimento da soja cultivada sobre os restos culturais do consórcio de milho e *U. ruziziensis* é beneficiado pela ciclagem de K deste sistema, não respondendo às doses de KCl aplicadas ao solo, mas apresentando maior rendimento na dose zero de KCl. Por outro lado, a produção de soja sobre os restos culturais de milho solteiro apresenta resposta linear às doses aplicadas de KCl, por não haver essa ciclagem proporcionada pela forrageira. O balanço de K no sistema foi negativo, independente da cobertura e forma de correção do solo, porém foi menos negativo com o aumento das doses de KCl aplicadas.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Rio Verde e Universidade Federal de Goiás pelo apoio a pesquisa. Ao International Potash Institute (IPI), por meio do Projeto Aduba Brasil (convênio IPI/Embrapa/Funarbe), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg) e à Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (COMIGO) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALIGAR, V.C.; BENNETT, O.L. NPK-fertilizer efficiency - a situation analysis for the tropics. **Fertilizer research**, v.10, p.147-164, 1986.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 412p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230p.

MASSA DE FORRAGEM ANUAL DE CAPIM-MARANDU (*BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MARANDU) SOB CALAGEM E DOSES E FONTES DE POTÁSSIO.

Jéssica Daniella Coldebello, Valdo Rodrigues Herling, Cesar Oliveira Rocha, Gabriela Strozzi, João Marcelo D. Sanchez, Vanessa Cristina Piotto, Celso E. Bonafé Perez, Jessica AngelaBet, César G. Lima, Minoru Yasuda

Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Avenida Duque de Caxias Norte, 225, 13635-900, Pirassununga, SP. jessica_coldebello@hotmail.com, vrherling@usp.br, cesarzootecnia@yahoo.com.br; gabistrozzi@usp.br, joaomdsanchez@hotmail.com, vcpiotto@usp.br, bonaperes@yahoo.com.br, jessicabet@usp.br; cegdlima@usp.br, minoru.yasuda@yoorin.com.br

INTRODUÇÃO

A exploração animal em pastejo é uma atividade considerada natural e de baixo custo na obtenção de alimento, especialmente pelos ruminantes, porém requer cuidados de manutenção das pastagens para evitar sua degradação e obter eficiência de utilização. A fertilização possibilita a correção e manutenção do solo, a fim de aumentar a produtividade do pasto, refletindo assim no desempenho animal.

O potássio é o primeiro macronutriente em teor nas plantas, atua no metabolismo vegetal, tem participação nos processos bioquímicos para transformação de energia luminosa em energia química, bem como é um ativador de enzimas. Como melhora a lignificação dos colmos, aumenta a resistência ao acamamento e diminui a senescência prematura das plantas (Pereira, 2001).

O Brasil depende do potássio importado, uma vez que produz uma quantidade equivalente a 471 mil toneladas de K_2O , o que representa apenas 11% da sua demanda pelo fertilizante potássico (Martins et al., 2008). O fertilizante mais utilizado é o Cloreto de Potássio que contém aproximadamente 58% de óxido de potássio em sua composição (Cortes, 2009).

A fim de diminuir a dependência da importação do cloreto de potássio, este trabalho estudou a viabilidade do uso do Fonolito em áreas de pastagem. Trata-se de um produto de origem brasileira, como fonte alternativa de potássio em área de pastagem. O Fonolito é um silicato natural proveniente de rocha vulcânica do Planalto de Poços de Caldas – MG, de acordo com Franco et al. (2013) e contém em sua composição aproximadamente 8,4% de potássio (Cortes, 2009). O potássio encontra-se fixo em sua estrutura cristalina, por isso é uma fonte de liberação lenta de nutrientes, o que diminui as perdas por lixiviação e volatilização, tornando-o um fertilizante com ação de longo prazo. Apesar do menor teor de Potássio, esse efeito residual pode ser vantajoso graças à liberação gradual dos nutrientes para plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, no Campus Administrativo de Pirassununga, de maio de 2012 a junho de 2013 em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico. A pastagem utilizada era formada por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O delineamento experimental foi em blocos completos e casualizados, com 5 repetições, e o experimento em fatorial $3 \times 2 + 1$, sendo 3 doses de K_2O (0, 45, 90 e 135 kg ha^{-1}) provenientes de 2 fontes (cloreto de potássio e Fonolito), mais o controle, em parcelas subdivididas (presença ou ausência de calagem).

As 35 parcelas com área total de 8 m^2 cada uma (área útil de $2,25 \text{ m}^2$) foram subdivididas e calcariadas ou não com calcário dolomítico (90% PRNT). Durante o inverno foram realizados dois cortes com intervalo de 100 dias, e durante o verão os quatro cortes foram realizados com intervalos de 30 dias. Após cada corte de verão, as parcelas foram adubadas com nitrogênio (50 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio). O corte da área útil e da bordadura de cada subparcela foi cortado a 15 cm de altura do solo. O material coletado foi pesado e subamostrado. As subamostras foram acondicionadas em sacos de papel, pesadas e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ por

72 horas para determinação do teor de matéria seca (MS). A partir dos valores de MS estimou-se a de massa seca de forragem por hectare. Foi estudada a massa de forragem de todo o período experimental, ou seja, somando-se todos os cortes, expressa em kg MS/ha/ano. Os resultados foram submetidos à análise da variância com os procedimentos MIXED e GLM do programa estatístico SAS (SAS, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise da variância observou-se diferença significativa ($P < 0,0374$) apenas para as fontes de potássio, sendo as massas médias de forragem por unidade de área por ano da ordem de 12.020 kg de MS/ha/ano e 11.201 kg de MS/ha/ano para o KCl e Fonolito, respectivamente. Pela menor solubilidade do Fonolito era esperada menor produção de forragem, e apesar de ser constatada, a fonte solúvel proporcionou apenas 819 kg MS/ha/ano a mais que o Fonolito, ou seja, 7,31%. Acredita-se que o Fonolito ainda tenha efeito residual como fonte de potássio, o que para culturas perenes como pastagens tropicais pode tratar-se de boa alternativa de uso. Franco et al. (2013), estudando a aplicação de Fonolito em laranjeiras, concluíram pelo potencial de seu uso e acrescentaram, ainda, que o Fonolito apresenta a mesma mobilidade no solo que o K proveniente de formulação comercial de fertilizante. Para Crusciol et al. (2013), o Fonolito pode ser utilizado com efeito semelhante ao KCl para as culturas de arroz, feijão, milho e soja.

CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos em um ano de avaliação, conclui-se que, para o capim-marandu, o Fonolito representa fonte alternativa viável de potássio, independente da dose e da calagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORTES, G. P. **Fonolito como substituto do cloreto de potássio e/ou outras fontes de potássio na agricultura e pecuária no Brasil**. In: **Anais CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM**, 2009, Poços de Caldas. ANAIS...Poços de Caldas, 2009, p. 75-83
- CRUSCIOL, C. A. C., SORATTO, R. P., **Eficiência de rocha fonolito moída como fonte de potássio para as culturas do arroz, feijão, milho e soja**. In: **Anais CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM**, 2013, Poços de Caldas. ANAIS...Poços de Caldas, 2013, p. 55.
- FRANCO, D., YASUDA, M., FERREIRA, R. C., FUKUDA L. A. e FERRACINI, R. T. (2013). **Avaliação do desempenho do fonolito via mineral em laranjeiras adultas**. In: **Anais CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM**, 2013, Poços de Caldas. ANAIS...Poços de Caldas, 2013, p. 52.
- MARTINS, E.S., OLIVEIRA, C.G., RESENDE, A.V. e MATOS, M.S.F. (2008). **Agrominerais – Rochas Silicáticas como Fontes Mineraias Alternativas de Potássio para a Agricultura**. In: Adão B. Luz e Fernando Lins (eds.), **Rochas e Mineraias Industriais – Usos e Especificações**, Rio de Janeiro: CETEM, p. 205-221
- PEREIRA, Walcylene Lacerda Matos, **Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para capim-mombaça**. 2001, Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- SAS Institute, **INC. SAS/ATAT User's Guide**. Version 6, Fourth Edition, Volume 2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999. 846p.

As informações neste documento são tidas como corretas, porém a Comissão Organizadora não se responsabiliza por nenhum erro que possa conter.

As opiniões contidas neste documento são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem necessariamente a opinião da Comissão Organizadora.

Quaisquer possíveis erros ou omissões são de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).