

DOCUMENTOS

440

ISSN 2176-2937
Agosto/2021

XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja

Resumos expandidos



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 440

XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Resumos expandidos

*Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite
Kelly Catharin*
Editoras Técnicas

Embrapa Soja
Londrina, PR
2021

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86001-970
Caixa Postal 231
Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja**

Presidente
Alvadi Antonio Balbinot Junior

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Claudine Dinali Santos Seixas, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Liliane Márcia Mertz-Henning, Marco Antônio Nogueira, Mariangela Hungria da Cunha, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinato Dall' Agnol

Normalização bibliográfica
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Edição eletrônica e capa
Vanessa Fuzinato Dall' Agnol

1ª edição
PDF digitalizado (2021).

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (16. : 2021: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja / Regina Maria Villas Boas de Campos Leite, Kelly Catharin, editoras técnicas – Londrina: Embrapa Soja, 2021.

163 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 440).

1. Soja-Pesquisa. 2. Pesquisa agrícola. I. Série.

CDD: 630.2515 (21. ed.)

Otimização da etapa de extração para a determinação do potássio foliar pela técnica FAST-K

SILVESTRIM, S. R.¹; OFNER, J. M. M.²; GERMANO, M. G.³; SILVA, A. P. da⁴; CASTRO, C. de⁵; OLIVEIRA, F. A. de⁵; OLIVEIRA JUNIOR, A. de⁵

¹UEL, Bolsista FAPED, Londrina, PR, stefanyrsilvestrim@gmail.com; ²UTFPR, Bolsista CNPq; ³Analista, Embrapa Soja, Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal; ⁴Professora Colaboradora, Universidade Estadual de Londrina (UEL); ⁵Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

O potássio (K⁺) é o segundo macronutriente mais absorvido pelas plantas de soja e também o segundo mais exportado das lavouras através dos grãos produzidos, ficando atrás apenas do nitrogênio. Com o aumento das produtividades médias da soja, tem sido frequente a ocorrência de sintomas de deficiência visual de K com severas perdas de produtividade (Borkert et al., 1994; Firmano et al., 2021). A deficiência de potássio nas plantas normalmente ocorre em reboleiras, associada à menor disponibilidade do nutriente no solo, comprometendo o enchimento de grãos no terço superior da soja, principalmente, e resultando em menor produtividade. A extensão desta limitação nutricional, no entanto, alcança também áreas que não expressam sintomas visuais da carência de K (fome oculta), fenômeno que pode ocorrer em grande amplitude, em especial em regiões/áreas cujo balanço da adubação potássica seja consistentemente negativo (Oliveira Junior et al., 2014).

Esse cenário de ocorrência de sintomas de deficiência de K foi o principal motivador para o estudo e desenvolvimento de um método expedito para a determinação da concentração de K nas folhas de soja. A metodologia para determinação da concentração foliar de potássio (K) denominada FAST-K foi desenvolvida na Embrapa Soja e possibilita que a avaliação do estado nutricional seja realizada de forma imediata nas amostras das folhas da soja, permitindo que a tomada de decisão seja aplicada com maior rapidez que a diagnose nutricional padrão (análise laboratorial da concentração total de K).

O desenvolvimento dessa metodologia foi possível em função de três condições específicas: 1. O K não forma composto orgânico na planta e encontra-se na forma iônica (Taiz; Zeiger, 1991), podendo ser extraído do material vegetal em um extrato aquoso (hidrossolúvel) a partir de desintegração física do tecido vegetal, com o maceramento das amostras; 2. A existência de um equipamento medidor portátil de íons específicos (Horiba/Laquatwin®) que determina a concentração de K com adequada precisão/exatidão e; 3. A Embrapa Soja possui experimentos de longa duração (cerca de 25 anos) com doses de K que permitem a calibração da técnica com alta confiabilidade e em vários estádios de desenvolvimento da soja.

Entretanto, apesar da calibração e precisão do diagnóstico pela técnica do Fast-K, a etapa de maceração manual para a extração do K do tecido vegetal (extratos de folhas) pode ser aperfeiçoada, tornando o processo de preparação da amostra e extração do K mais ágil. Este trabalho avaliou a hipótese de que a otimização operacional e maior rapidez na extração de K hidrossolúvel (KH) das folhas de soja via ultraprocessador, não interfere na confiabilidade do diagnóstico, através da análise de correlação da produtividade da soja e do teor total de K com a concentração de K obtido por dois métodos de abertura das amostras para a extração do K, de modo a possibilitar a definição das faixas de interpretação em dois estádios de desenvolvimento.

Material e Métodos

Resultados experimentais utilizados

O estudo foi realizado com amostras de folhas coletadas em experimento de longa duração, conduzido desde 1984, na Fazenda Experimental da Embrapa soja, localizada na cidade de Londrina, PR (23°11'01"S, 51°10'36"O). Neste experimento, disposto em blocos casualizados (DBC) com 4 repetições, o único fator de tratamento é constituído de seis doses de K₂O (Tabela 1), na forma de KCl, com o objetivo de promover a variação na disponibilidade do nutriente no solo e às plantas, e caracterizar a resposta à limitação da produtividade da soja. O tratamento de sementes foi realizado com fungicidas, inseticidas, cobalto, molibdênio e inoculante (bactérias do gênero *Bradyrhizobium*).

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento de potássio.

Tratamento	K ₂ O		P ₂ O ₅	
	Semeadura	Cobertura	Total	Semeadura
	kg ha ⁻¹			
1	0	0	0	160
2	40	0	40	160
3	40	40	80	160
4	40	80	120	160
5	40	120	160	160
6	40	160	200	160

No decorrer da safra, foram realizadas duas aplicações do herbicida glifosato marca Roundup Transorb®, para o controle de plantas infestantes, e três aplicações de fungicidas, de acordo com as recomendações da Embrapa Soja (Seixas et al., 2020). Conforme descrito por Firmano et al. (2020), a condução do experimento foi realizada sob sistema de semeadura direta desde 1995, caracterizada por diferentes períodos de aplicação e fases de efeito residual, sendo cada fase acompanhada por cinco safras consecutivas. Na safra de 2008/2009 até a safra de 2014/2015, houve uma fase de interrupção da adubação potássica para análise do efeito residual, que foi finalizada a partir da safra seguinte (2015/2016), quando as doses de K voltaram a ser aplicadas na metade das parcelas, de forma que a outra metade parou de receber o fertilizante, sofrendo somente o efeito residual das doses de K.

Dessa forma, o delineamento foi modificado para de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (fatorial 6 x 2), sendo as parcelas compostas pelo residual das doses de K aplicadas até 2008 e as subparcelas correspondendo à reaplicação ou não de K. A área total das parcelas era de 40 m² (5 m x 8 m) e as subparcelas de 20 m² (2,5 m x 8 m). O experimento foi cultivado predominantemente com soja no verão, trigo, milho, girassol ou aveia preta no inverno. A semeadura foi realizada em 21/10/2020, com a cultivar de soja BRS1061IPRO, com espaçamento de 50 cm entre linhas e 17 sementes por metro linear. As amostragens de folhas para a determinação do K foram realizadas nos estádios R2 e R5.3.

Foi realizado o procedimento de amostragem foliar recomendado para a cultura da soja (Oliveira Junior et al., 2019), coletando-se na haste principal de 20 plantas, a partir do ápice, o terceiro trifólio completamente expandido, dos quais foram utilizados apenas os folíolos para a extração de K. Para melhor avaliar a predição e confiabilidade dos resultados foram utilizados os estádios R.2 e R 5.3, como padrão de diagnose foliar e para a otimização do método.

Métodos de extração de K

Extração de K por Análise Padrão (K total)

Foram separados seis trifólios (sem pecíolo) a partir de cada coleta (estádios R2 e R5.3), que foram posteriormente secos em estufa e moídos para a determinação do K através da análise padrão de tecido vegetal (Malavolta et al., 1997) via ICP-OES.

Maceração Manual por Pistilo/Almofariz (Fast-K Macerado)

– **Método Oficial** (Oliveira Junior et al., 2019).

Foram pesadas 3,0 gramas de folíolos e maceradas manualmente para determinação do teor de KH pela técnica Fast-K, por meio da leitura no medidor de íons Horiba Laqua twin®. Os folíolos foram pesados para obter a massa fresca da amostra, e macerados com água deionizada, utilizando um almofariz e pistilo. Em seguida, foi realizada a filtragem da amostra com água deionizada e papel de filtro qualitativo nº 104, sendo o extrato final recolhido em tubo Falcon e seu volume completado para 30 mL. Do extrato filtrado, utilizou-se aproximadamente quatro gotas para a determinação da concentração do íon K^+ expressa em $mg L^{-1}$, diretamente no equipamento Horiba Laqua twin®.

Extração via Ultraprocessador (Processador Ninja)

A partir da coleta de seis trifólios (sem pecíolo), estes foram destinados para processamento no equipamento Nutri Ninja Auto IQ®, que possibilita maior cominuição das folhas, e maior volume de alíquota, que permita a quantificação de KH através da leitura no medidor de íons Horiba Laqua twin®.

Os folíolos foram acondicionados no equipamento Nutri Ninja Auto IQ® com adição de 100 mL de água deionizada e processados por 25 segundos. Após filtradas o extrato foi recolhido em tubo Falcon com volume final de 50 mL. Seguindo os procedimentos da técnica do Fast-K, aproximadamente quatro gotas do extrato filtrado foram depositadas no sensor do Horiba Laqua twin® para determinação da concentração do íon K^+ , expressa em $mg L^{-1}$.

Resultados e Discussão

O método de extração por meio da maceração manual demanda esforço físico do operador, além de um tempo aproximado de 5 minutos para cada amostra, sendo um processo extenuante para a análise de grandes quantidades de amostras e difícil padronização. Em contrapartida, o método de extração de K via processador, reduz significativamente o tempo do processo, sendo realizada cada amostra em aproximadamente 25 segundos, além de evitar a fadiga do operador e manter a padronização (repetibilidade) da extração.

O teste proposto por Leite e Oliveira (2002), demonstrou que houve identidade estatística para a extração por Fast-K macerado e por meio do processador, com nível de significância de 5%, para o estágio fenológico R5.3. Apesar da identidade de modelos entre as variáveis não ser significativa no estágio R2, em ambos os estádios o valor do coeficiente de determinação (R^2) foi elevado, demonstrando que os métodos de extração apresentam equivalência e linearidade dentro da faixa de teores analisada (Figura 1).

Na Figura 2 são apresentadas as análises de regressões no estágio fenológico R2, correlacionando o valor do KH (g/kg) via extração Fast-K macerado e com processador, em relação ao teor padrão obtido em ICP-OES (K total), além de sua relação com a produtividade relativa (PR%). Esta, por sua vez, foi calculada por meio da razão obtida entre a produtividade máxima obtida no experimento, de $4935,9 kg ha^{-1}$, considerando somente as subparcelas com aplicação potássio e os respectivos valores de produtividade, sendo o valor relativo apresentado em porcentagem. Os modelos de regressão também foram aplicados para o estágio R5.3 de desenvolvimento da soja correlacionando as mesmas variáveis (Figura 3).

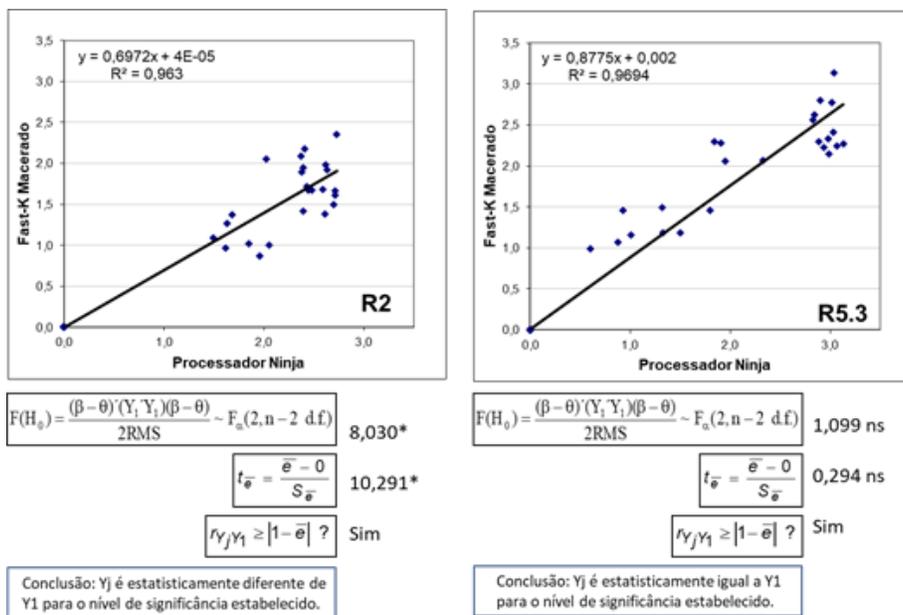


Figura 1. Modelos de regressão linear ajustados para as metodologias de extração de K hidrossolúvel, sendo o eixo y correspondente à extração via processador Ninja Auto IQ, e eixo x para extração por Fast-K macerado, para os estádios fenológicos R2 e R5.3 da cultura da soja.

Para ambos os estádios avaliados (R2 e R5.3), a produtividade relativa da soja se relacionou positivamente com o teor de KH, de modo a permitir a determinação do nível crítico. O nível crítico é ajustado de acordo com o teor do nutriente da folha, sendo esse associado à 90% da produção ou crescimento máximo da cultura, em resposta às doses de potássio, conforme Alvarez et al. (1988). Com a determinação do nível crítico é possível constatar a o intervalo correspondente à fome oculta, fenômeno em que plantas consideradas normais em áreas adjacentes àquelas que apresentam deficiência, também apresentam redução da produtividade, apesar de não expressarem visualmente os sintomas de deficiência (Oliveira Junior et al., 2014).

A partir da análise de regressão (Figuras 2 e 3), para ambos os estádios fenológicos da soja (R2 e R5.3) obteve-se maiores valores de correlação para a metodologia via processador, indicando que o modelo proposto é mais eficiente para explicar a variabilidade dos dados de resposta ao redor de

sua média, isto é, os dados dispersantes estão mais próximos à linha de tendência. A regressão apresentou maior significância para o estágio fenológico da soja R5.3, onde a faixa de fome oculta e níveis críticos ficaram muito próximos, tanto para o método Fast-K macerado quanto pela extração via Processador Ninja (valores entre 1,25 g/kg e 1,75 g/kg, respectivamente).



Figura 2. Modelos de regressão linear para o teor de KH obtido por maceração (Fast-K Macerado) e ultraprocessador (Processador Ninja), em função da produtividade relativa (PR%) e para o teor de K total obtido pela análise padrão (ICP-OES) para o estágio fenológico R2, além da regressão entre a PR% e o K total.

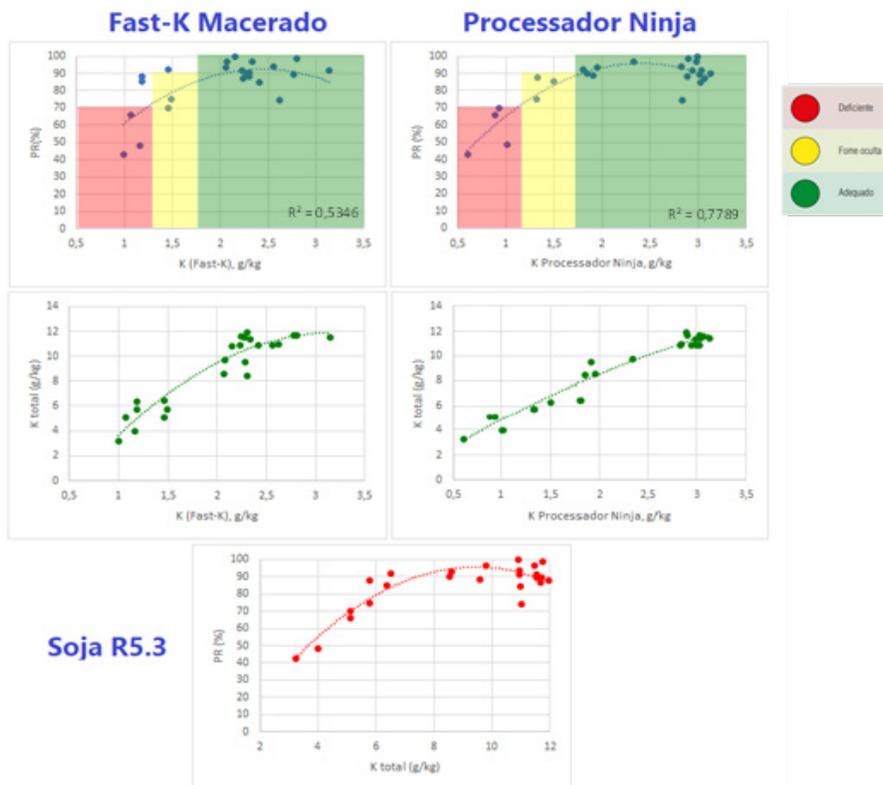


Figura 3. Modelos de regressão linear para o teor de KH obtido por maceração (Fast-K Macerado) e ultraprocessador (Processador Ninja), em função da produtividade relativa (PR%) e para o teor de K total obtido pela análise padrão (ICP-OES) para o estágio fenológico R 5.3, além da regressão entre a PR% e o K total.

Conclusão

A otimização da metodologia do Fast-K com a adoção do processador Ninja Auto IQ® apresentou resultados favoráveis, confirmando a hipótese de que essa forma de extração pode substituir a maceração manual, tornando a técnica menos laboriosa, mais ágil e preditiva para avaliar o estado nutricional da cultura.

Referências

- ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; BRAGA, J. M.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; RIBEIRO, A. C.; DEFELIPO, B. V. Avaliação da fertilidade do solo: metodologia. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV, 1., 1988. Viçosa. **Resumos...** 1988. p. 68-69.
- BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORREA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. F. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agrônômicas**, n. 66, p. 1-16, 1994.
- FIRMANO, R. F.; OLIVEIRA, A.; CASTRO, C. de; ALLEONI, L. R. F. Potassium rates on the cationic balance of an Oxisol and soybean nutritional status after 8 years of K deprivation. **Experimental Agriculture**, v. 56, n. 2, p. 293-311, 2020. DOI: 10.1017/ S0014479719000371.
- FIRMANO, R. F.; OLIVEIRA, A.; CASTRO, C. de; ALLEONI, L. R. F. Potassium management over 60 crops: a long-term study on an Oxisol under no-till. **Agronomy Journal**, v. 113, p. 478-489, 2021. DOI: 10.1002/agj2.20456.
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 7-8, p. 1105-1118, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; FOLONI, J. S. S. Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 34., 2014, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 133-136.
- OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, M. G. G. **FAST-K**: teste rápido para determinação da concentração foliar de potássio (K) em condições de campo na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2019. (Folder n. 01/2019).
- SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: The Benjamin: Cummings, 1991. 559 p.