

Cinética de absorção de K⁺ e morfologia radicular de genótipos de milho transgênicos e convencionais

Érika Andressa da Silva⁽¹⁾; Flávia Reis Sales⁽²⁾; Henrique José Guimarães Moreira Maluf⁽¹⁾; Taylor Lima de Souza⁽³⁾, Valdemar Faquin⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Estudante de Doutorado; Universidade Federal de Lavras

⁽²⁾ Estudante de Mestrado; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG; flaviasales.agro@hotmail.com

⁽³⁾ Estudante de Mestrado; Universidade Federal de Lavras

⁽⁴⁾ Professor Titular; Universidade Federal de Lavras

RESUMO: As informações sobre a importância dos parâmetros cinéticos de absorção na eficiência nutricional de híbridos de milho são escassas na literatura. Desta forma, o objetivo deste trabalho prévio foi avaliar a C_{mín} de K⁺ e a massa seca radicular em diferentes híbridos de milho com tecnologias genéticas distintas, para posteriormente, avaliar os demais parâmetros cinéticos e morfológicos das raízes. Foram conduzidos ensaios com as concentrações de 25 e 30 μM L⁻¹ de K⁺, sendo que os tratamentos foram definidos por esquema fatorial 2 x 2, sendo dois diferentes híbridos simples de milho, com alto potencial genético para a produção de grãos, e dois tipos de tecnologia genética, transgênica (*Bacillus thuringiensis* - Bt) e convencional, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Curvas de depleção foram desenvolvidas com os teores de K⁺ das alíquotas em função do tempo de coleta, para a observação do C_{mín}. Os dados de MSR foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste Tukey. O C_{mín} foi encontrado para os híbridos H1 (transgênicos e convencionais) na concentração de 30 μM L⁻¹. Nas concentrações de 25 μM L⁻¹ e 30 μM L⁻¹ de K⁺, o H3 apresentou maior MSR.

Termos de indexação: Híbridos; nutrição; *Zea Mays*

INTRODUÇÃO

Nos próximos anos a tendência da agricultura a nível mundial é a de se ter aumentos de produção baseados em ganhos de produtividade em vez de incorporação de novas áreas. Este processo deverá ser baseado no aumento da eficiência de utilização dos fatores de produção, em vez de aumentos progressivos de utilização de insumos. Nesse sentido, o uso de genótipos com maior eficiência nutricional pode ser uma estratégia para aumentar a eficiência do aproveitamento de

fertilizantes, possibilitando redução nas atuais doses recomendadas (Horn et al., 2006).

Particularmente, os solos brasileiros são pobres em K⁺ e a maior parte dos fertilizantes potássicos utilizados é importada, o que torna relevante as pesquisas que busquem o desenvolvimento de plantas mais eficientes na aquisição deste nutriente (Ministério da Fazenda, 2011).

A eficiência de aquisição de nutrientes do solo pela planta é controlada por mecanismos que dependem da área de exploração das raízes e de sua capacidade de excreção de substâncias solubilizadoras de formas não solúveis (Samal et al., 2010), bem como das condições de disponibilidade do nutriente no solo. Em solos com teores adequados de K⁺; a absorção do nutriente pelo plasmalema das células das raízes é um processo altamente eficiente, todavia, em condições de baixa disponibilidade, genótipos eficientes podem aumentar a aquisição por meio de alterações morfológicas e, ou, fisiológicas no sistema radicular (Marschner, 1995).

O modelo de Michaelis-Menten, que descreve a relação entre a velocidade de absorção e a concentração de nutriente na solução em contato com a superfície das raízes, tem sido amplamente utilizado em estudos de cinética de absorção para avaliar a eficiência de absorção de nutrientes por espécies e por genótipos de uma mesma espécie, a partir dos conceitos clássicos de K_m, C_{mín} e V_{máx} (Malavolta et al., 1989; Faquin et al., 1990; Horn et al., 2006; Sanes et al., 2013).

K_m é a concentração do íon em que ocorre metade de V_{máx}, é uma medida de afinidade do transportador para com o nutriente. C_{mín} é a concentração do íon na solução, onde o influxo é igual ao efluxo. A taxa máxima de absorção (V_{máx}) é a quantidade absorvida quando todas as moléculas do carregador estiverem "ocupadas" transportando íons (Faquin et al., 1990; Sanes et al., 2013).



Variações nos parâmetros cinéticos entre genótipos de milho foram reportadas por Anghinoni et al. (1989), evidenciando a importância da manipulação dos mesmos nos programas de obtenção de cultivares mais eficientes na absorção de nutrientes. É possível que a maior eficiência nutricional dos híbridos contemporâneos seja ocasionada pela capacidade diferencial destes genótipos em absorver nutrientes.

Horn et al. (2006), comparando genótipos de milho com variabilidade genética contrastante e diferentes potenciais produtivos, não confirmaram esta hipótese. Contudo, as informações sobre a importância dos parâmetros cinéticos de absorção na eficiência nutricional de híbridos de milho são escassas na literatura. Desta forma, O objetivo deste trabalho prévio foi avaliar a $C_{mín}$ de K^+ e a massa seca radicular em diferentes híbridos de milho com tecnologias genéticas distintas, para posteriormente, avaliar os demais parâmetros cinéticos e morfológicos das raízes.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos prévios para adequação da metodologia e obtenção da concentração mínima ($C_{mín}$) de K^+ na solução, que antecedem o experimento de determinação dos demais parâmetros cinéticos, foi conduzido em casa de vegetação do departamento de ciência do solo na Universidade Federal de Lavras.

Os tratamentos foram definidos por esquema fatorial 2×2 , sendo dois diferentes híbridos simples de milho, com alto potencial genético para a produção de grãos, e dois tipos de tecnologia genética, transgênica (*Bacillus thuringiensis* - Bt) e convencional, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Os híbridos utilizados foram o DKB390 (H1) e o DKB240 (H3), ambos referentes à empresa Monsanto, utilizando cada genótipo com e sem transgenia Bt. Com germinação em vermiculita, as plântulas de milho foram selecionadas aos sete dias da semeadura, quanto ao tamanho do sistema radicular, a fim de padronização, e transferidas para vasos de polietileno contendo 1,75 L de solução nutritiva. Cada vaso foi composto por uma planta, fixada em lâmina de isopor, que foi ajustado na parte superior de cada vaso, com o objetivo de sustentar a planta e manter, apenas, as raízes em contato com a solução nutritiva.

As plantas foram cultivadas em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), com as seguintes concentrações dos nutrientes, em $mg L^{-1}$, N- $NO_3 = 126$; N- $NH_4 = 14$; Ca = 200; K = 234; Mg = 48; S = 64; P = 31; Fe = 5; Mn = 0,5; B = 0,5; Zn =

0,05; Mo = 0,01; Cu = 0,02. A solução foi formulada a partir das seguintes fontes: $NH_4H_2PO_4$; KNO_3 ; $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$; $MgSO_4$; $MnCl_2 \cdot 4H_2O$; H_3BO_3 ; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$; H_2MoO_4 . O Fe foi adicionado na forma de Fe-EDTA, utilizando o $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ como fonte.

Na primeira semana após a transferência das plântulas, a solução nutritiva foi fornecida com a metade da concentração ($\frac{1}{2}$ força), descrita acima. Após os primeiros quatro dias essa foi substituída, fornecendo a solução nutritiva com concentrações originais dos nutrientes (força inteira), essa era trocada a cada quatro dias, para manter a concentração dos nutrientes em níveis satisfatórios para boa nutrição das plantas. Diariamente, entre os períodos de troca da solução, a água perdida por evaporação era repostada com água deionizada, sempre que necessário, a fim de manter as raízes hidratadas e exercer suas funções, verificando, também, o sistema de aeração contínua da solução.

Os experimentos foram conduzidos pelo princípio descrito por Claassen & Barber (1974), que consiste em quantificar a diminuição da concentração de um nutriente da solução em função da absorção do mesmo pela planta, para determinação dos parâmetros cinéticos, no caso dos ensaios prévios, a determinação do $C_{mín}$.

Para tal, foram realizados dois experimentos prévios, com concentrações conhecidas de K^+ . No primeiro foi utilizado as concentrações de 35 e 30 $\mu mol L^{-1}$, não obtendo o parâmetro e observando possíveis interferências do método de condução das plantas, foi realizado o segundo experimento, reduzindo as concentrações para 30 e 25 $\mu mol L^{-1}$, a repetição da concentração de 30 $\mu mol L^{-1}$, nos dois experimentos, foi devido às mudanças na condução das plantas de milho, e à tendência de estabilização da absorção de K^+ pelo milho no primeiro ensaio. Essas concentrações foram estimadas para, aproximadamente, 10 h de absorção, a partir de estudos desenvolvidos por Horn et al. (2006) em que determinou a quantidade de K^+ absorvido pelo milho num período de 24 h.

O $C_{mín}$ foi avaliado aos 16 dias após transplante. No dia anterior, a solução nutritiva foi substituída por água deionizada, para potencializar a absorção de K^+ pelas plantas no dia da avaliação, sendo repostada novamente no dia subsequente com solução nutritiva, porém essa com ausência de K^+ , trocando a fonte KNO_3 por NH_4NO_3 . O K^+ foi adicionado individualmente em cada vaso em quantidade que aproximasse ao teor testado, a fim de encontrar a concentração a baixo do qual a planta de milho não consiga mais absorver, estabilizando, num período de 8 a 12 h ($C_{mín}$).

Para isso foram coletadas alíquotas de 20 mL da solução nutritiva de cada vaso, inicialmente a



cada 0,5 h durante as primeiras 5 h de avaliação e posteriormente a cada 1 h, até 14 h de avaliação. Ao final das coletas as alíquotas eram armazenadas em câmara fria até o dia definido para a determinação do K^+ em fotometria de emissão de chama.

Após o tempo de coleta as plantas de milho, de cada tratamento, foram separadas em parte aérea e radicular, onde a parte radicular foi colocada em sacos de papel, previamente pesados, e secados em estufa de circulação forçada de ar, a 60 °C por 72 h, para determinação da massa seca radicular (MSR).

Curvas de depleção foram desenvolvidas com os teores de K^+ das alíquotas em função do tempo de coleta, para a observação do $C_{mín}$. Os dados de MSR foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5 %, por meio do programa computacional SISVAR 5.3 (Ferreira, 2010).

Tabela 1 - Valores médios para massa seca radicular (MSR) determinada para os híbridos cultivados em solução com 25 $\mu\text{M L}^{-1}$ e 30 $\mu\text{M L}^{-1}$ de K^+ .

Tratamento	MSR	
	25 $\mu\text{M L}^{-1}$	30 $\mu\text{M L}^{-1}$
H1	1,30 b	1,38 b
H3	1,75 a	1,74 a

CONCLUSÕES

O $C_{mín}$ foi encontrado para os híbridos H1 (transgênicos e convencionais) na concentração de 30 $\mu\text{M L}^{-1}$. Para encontrar os valores de $C_{mín}$ para o híbrido H3 ((transgênicos e convencionais), serão realizados outros testes prévios.

A partir da determinação do $C_{mín}$ para o H3, posteriormente, serão avaliados os demais parâmetros cinéticos e morfológicos das raízes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, FAPEMIG, CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I.; VOLKART, C.R.; FATTORE, N. & ERNANI, P.R. Morfologia de raízes e cinética da absorção de nutrientes em diversas espécies e cultivares de plantas. R. Bras. Ci. Solo, 13:355-361, 1989.

CLAASSEN, N. & BARBER, S.A. A method for characterizing the relation between nutrient concentration and flux into roots of intact plants. Plant Physiol. 54:564-568, 1974.

FAQUIN, V.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Cinética da absorção de fosfato em soja sob influência de micorriza vesículo-arbuscular. R. Bras. Ci. Solo, 14:41-48, 1990.

FERREIRA, D.F. SISVAR Versão 5.3. Sistema de análises estatísticas. Departamento de Ciências Exatas. UFLA, Lavras, MG, 2010.

HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method of growing plants without soil. Berkeley, CA: California Agriculture Experimental Station, University of California, 1950. 32p (Circular 347).

HORN, D.; ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; CASSOL, P.C. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. R. Bras. Ci. Solo, v. 30, n. 1, p. 77-85, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London, Academic Press, 1995. 889p.

MINISTÉRIO DA FAZENDA Secretaria de Acompanhamento Econômico – SEAE - Panorama do mercado de fertilizantes, p.8-33, Maio/2011.

SAMAL, D.; KOVAR, J.L.; STEINGROBE, B.; SADANA, U.S.; BHADORIA, P.S. & CLAASSEN, N. Potassium uptake efficiency and dynamics in the rhizosphere of maize (*Zea mays* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) evaluated with mechanistic model. Plant Soil, 332:105-121, 2010.

SANES, F.S. M.; CASTILHOS, R. M. V.; SCIVITTARO, W. B.; VAHL, L. C.; MORAIS, J. R. Morfologia de raízes e cinética de absorção de potássio em genótipos de arroz irrigado. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v.37 n.3, 2013.

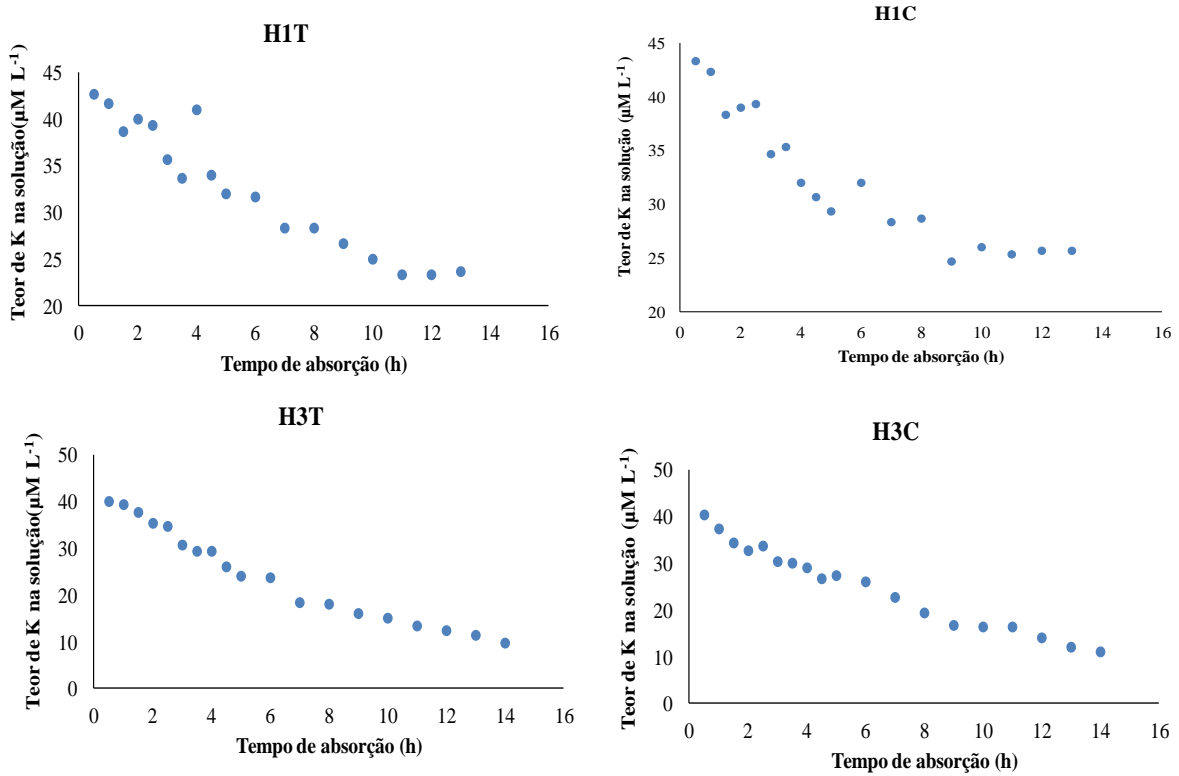


Figura 1. Absorção de K na solução com o passar do tempo a uma concentração inicial de $30\mu\text{M L}^{-1}$ de K.

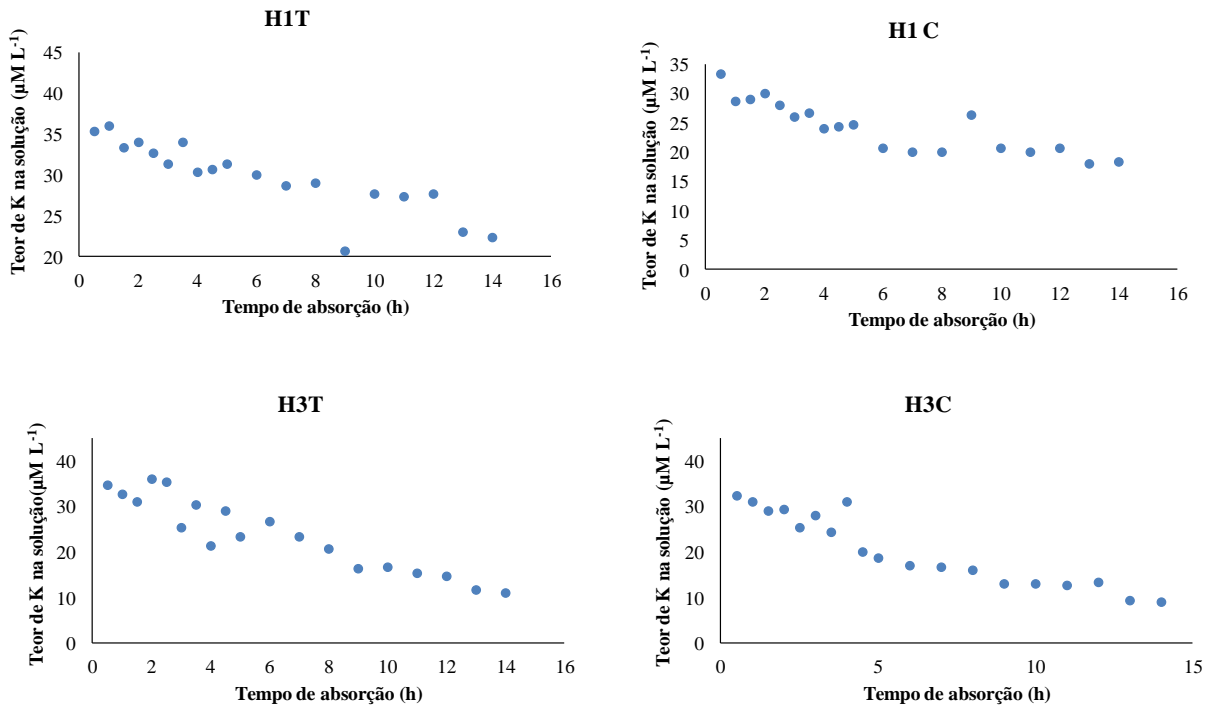


Figura 2. Absorção de K na solução com o passar do tempo a uma concentração inicial de $25\mu\text{M L}^{-1}$ de K^+

