

Efeito do sódio na produção de biomassa e eficiência de uso de potássio em cultivares de arroz irrigado

R.M.V. CASTILHOS⁽¹⁾; W.B. SCIVITTARO⁽²⁾; F.S.M. SANES⁽³⁾; L.C. VAHL⁽⁴⁾; I. ZENZEN⁽⁵⁾

RESUMO - O uso de cultivares eficientes na utilização de nutrientes é uma estratégia importante para diminuir o custo da produção agrícola pela redução no uso do fertilizante. O sódio (Na) apesar de não ser um elemento essencial pode substituir parcialmente o potássio (K) na planta, especialmente quando o seu suprimento for baixo, favorecendo o crescimento da mesma e, possivelmente, a sua eficiência no uso do K. A intensidade deste efeito depende dos potenciais para absorção de Na e K e para produção de biomassa, os quais diferem entre cultivares. Com o objetivo avaliar o efeito de sódio e níveis de potássio na produção de biomassa e na eficiência de utilização de potássio em seis cultivares de arroz irrigado, foi realizado um experimento em vasos, com solução nutritiva completa, na UFPel, no segundo semestre de 2006. Foram avaliadas as combinações de seis cultivares de arroz irrigado com os seguintes tratamentos: K1 = teor adequado ($1,0 \text{ mmol L}^{-1}$ de K); K2 = teor limitante ($0,1 \text{ mmol L}^{-1}$ de K) e K3 = K:Na ($0,1 \text{ mmol L}^{-1}$ de K + $0,9 \text{ mmol L}^{-1}$ de Na), arranjados em blocos ao acaso, com 3 repetições. Nas plantas foram quantificados: matéria seca da parte aérea e das raízes e teores de K e Na no tecido vegetal. Foram calculadas as quantidades desses nutrientes acumuladas e a eficiência de utilização de potássio pela parte aérea. O efeito do tratamento K1 para produção de matéria seca e para K acumulado foi superior ao dos demais, tanto na parte aérea como nas raízes. Mesmo sob teor limitante de K, a adição de Na (K3) não afetou a produção de biomassa e o K acumulado nas cultivares Tiba, Avaxi, Irga 418, BRS Ligeirinho, BRS Querência e BRS Pelota, apesar de a concentração e o acúmulo de Na terem sido maiores neste tratamento, em comparação ao K2. Entre as cultivares, os híbridos Avaxi e Tiba apresentaram maior produção de matéria seca de raízes e maior absorção e translocação de sódio que as variedades. A eficiência de utilização de K não sofreu efeito de cultivares, somente de tratamentos e aumentou na seqüência K1 < K3 < K2.

Introdução

O potássio é um nutriente essencial para todas as plantas, atuando em importantes processos fisiológicos como ativação enzimática, relações hídricas, relações energéticas, fotossíntese e translocação de fotossintatos [1]. Por outro lado, o sódio (Na), apesar de não ser um elemento essencial, pode ser benéfico às plantas auxiliando na manutenção do turgor celular e economia de água, podendo substituir o potássio em algumas de suas funções [2].

O nível de substituição do K pelo Na depende do potencial da planta para absorção e translocação de Na, o qual difere entre espécies e até entre cultivares. Para as espécies halófitas, tem sido observado, além do potencial para substituição de K por Na, um efeito adicional deste íon no crescimento das plantas, explicado por um ajuste osmótico mais eficiente dessas espécies, à custa do Na estocado nos vacúolos e, também, pela existência de isoenzimas, as quais teriam maior atividade, na presença simultânea de K e Na [3]. Segundo Marschner [4], em funções não específicas, como regulador da pressão osmótica dentro dos vacúolos ou manutenção do balanço cátions/ânions ou na função de transporte a longa distância, o Na pode perfeitamente substituir o K. Entretanto a atividade enzimática do Na comparada com a do K é bem menor.

Os efeitos benéficos do Na no crescimento das plantas são mais pronunciados quando o suprimento de K é baixo [5], o que poderia ser explicado pela substituição do K pelo Na dentro do vacúolo, deixando o K disponível para outras funções mais específicas dentro da célula, bem como para sua translocação dentro da planta.

Em arroz, alguns estudos evidenciaram a substituição do K^+ pelo Na^+ com incremento na matéria seca e produtividade de grãos [5,6,7,8]. Meurer & Castilhos [8] observaram uma maior produção de matéria seca e maior acúmulo de Na em relação ao K, na parte aérea de arroz cultivado na condição de solo alagado do que na capacidade de campo e sugeriram que a substituição parcial do potássio pelo sódio estaria entre as hipóteses aceitáveis para explicar os maiores rendimentos de matéria seca verificados.

⁽¹⁾ Professor Associado do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas. Campus universitário s/n, Pelotas, RS, CEP 96010-900. E-mail: rosamvc@ufpel.edu.br

⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Clima Temperado. Caixa Postal 403. Pelotas, RS, CEP 96001-970. E-mail: wbscivit@cpact.embrapa.br

⁽³⁾ Mestranda do PPG Agronomia, área de concentração Solos, Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas. Campus universitário s/n, Pelotas, RS, CEP 96010-900. E-mail: fernandasanes@yahoo.com.br (apresentador do trabalho)

⁽⁴⁾ Professor Titular Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas. Campus universitário s/n, Pelotas, RS, CEP 96010-900.

⁽⁵⁾ Aluno de graduação, bolsista de Iniciação Científica FAPERGS, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário s/n, Pelotas, RS, CEP 96010-900.

Os solos de várzea, cultivados com arroz irrigado por inundação, especialmente os da região sul do RS, possuem elevado teores de Na trocável, além de significativas quantidades de Na presente nas águas utilizadas para irrigação da cultura [9]. Logo, é possível que a substituição parcial do K pelo Na ocorra, contribuindo para justificar a baixa resposta do arroz irrigado à adubação potássica observada. Quanto a este aspecto, podem ocorrer diferenças marcantes entre cultivares, conforme constatado por Ferreira *et al.* [10].

O uso de cultivares eficientes na utilização de nutrientes é uma estratégia importante para reduzir o custo da produção agrícola pela redução no uso do fertilizante. A eficiência de utilização interna de potássio (EUK), definida pela produção de biomassa e/ou de grãos por unidade de K absorvido pela cultura, pode variar entre cultivares de arroz [11,12]. De acordo com Yang *et al* [12], plântulas com alta EUK para produção de biomassa no estágio inicial de desenvolvimento apresentaram também, no campo, alta EUK para produção de biomassa, no perfilhamento e para produção de grãos, no estágio de maturação fisiológica. Portanto, a exigência de K, que é o inverso da EUK, ou seja, a quantidade de K absorvida pela cultura por unidade de produção de grãos, usada como argumento para a recomendação de adubação potássica, pode também ser diferente entre cultivares e sofrer alteração com os níveis de K e de Na.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de sódio e de níveis de potássio na produção de biomassa e na eficiência de utilização de potássio, em seis cultivares de arroz irrigado.

Palavras-Chave: sódio, arroz irrigado, utilização de potássio.

Material e métodos

A. Local e descrição do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição e Adubação de Plantas da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, no período de julho a setembro de 2006.

O cultivo foi desenvolvido em bancada de laboratório, com luz artificial, sobre a qual se dispuseram vasos contendo solução nutritiva completa, com a seguinte composição, em $\mu\text{moles L}^{-1}$: 1000 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 322 $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$; 660 MgSO_4 ; 250 CaCl_2 ; 350 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 15 H_3BO_3 ; 0,8 CuSO_4 ; 38 $\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{N}_2\text{Fe}_2\text{O}_8$; 1,2 MnCl_2 ; 0,51 ZnSO_4 ; 0,012 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$.

Como causas de variação, avaliaram-se as combinações de três tratamentos com aplicação de potássio [K1 = teor adequado ($1,0 \text{ mmol L}^{-1}$ de K); K = teor limitante ($0,1 \text{ mmol L}^{-1}$ de K) e K3 = combinação K e Na ($0,1 \text{ mmol L}^{-1}$ de K + $0,9 \text{ mmol L}^{-1}$ de Na)] e seis cultivares de arroz irrigado recomendadas pela

SOSBAI [13] para a região Sul do Brasil (BRS Pelota, BRS Querência, Avaxi, Tiba, IRGA 418, BRS Ligeirinho).

Os tratamentos foram arrançados em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 3×6 , com 3 repetições. As unidades experimentais foram vasos plásticos com capacidade para 3,8 litros de solução, nos quais foram cultivadas três plantas. Como fontes de K e Na, utilizaram-se cloreto de potássio e de sódio, respectivamente.

As sementes foram pré-germinadas sobre esponja umedecida, levando aproximadamente 10 dias para obtenção das plântulas. Após, foram transferidas para os vasos contendo os tratamentos de solução nutritiva. Durante o experimento, realizaram-se trocas semanais de solução, sendo o pH delas ajustado para 5,0 – 5,5 a cada três dias com solução de HCl ou CaOH diluído. Diariamente, o volume utilizado de solução foi repostado com água destilada. As plantas foram colhidas, aos 40 dias após o transplantio (estádio V7-V8), separando-se a parte aérea das raízes.

B. Avaliações

As variáveis avaliadas foram: matéria seca da parte aérea e das raízes, teores de K e Na no tecido vegetal, conforme descrito em Tedesco *et al.*, [14]. Com base nos dados de matéria seca e de concentração de K e Na no tecido, calcularam-se as quantidades desses nutrientes acumuladas na parte aérea e nas raízes e a eficiência de utilização de potássio ($\text{EUK} = \text{g matéria seca da parte aérea} / \text{g de K acumulado na parte aérea}$). Os dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias dos fatores tratamento potássico e cultivares pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Resultados e Discussão

A interação entre os níveis de K e cultivares de arroz foi significativa apenas para as variáveis concentração de K e de Na no tecido vegetal e Na acumulado, na parte aérea e nas raízes das plantas. Para matéria seca e K acumulado, na parte aérea e nas raízes, o efeito restringiu-se ao fator tratamento potássico. A matéria seca das raízes sofreu efeito de ambos os fatores, individualmente. A eficiência de utilização de potássio foi influenciada exclusivamente pelo tratamento potássico.

O efeito do tratamento em K1 foi superior ao dos demais, que não diferiram entre si, para as variáveis matéria seca e potássio acumulado, na parte aérea e nas raízes das plantas de arroz (Tabela 1). A redução no crescimento e acumulação de matéria seca proporcionada pelo tratamento K2, com nível limitante de potássio, era de certa forma esperada, porém, um crescimento adicional destes parâmetros, decorrente da possível substituição de potássio pelo sódio, no tratamento K3, não se confirmou para as cultivares testadas, pois ambos os tratamentos proporcionaram efeito semelhante para as variáveis citadas. Comportamento diverso foi determinado para as cultivares de arroz BRS Bojuru e BR Irga 409, para as quais foi verificada substituição parcial de potássio por sódio, a qual favoreceu o crescimento do arroz [10].

Os híbridos Avaxi e Tiba apresentaram maior biomassa seca das raízes que as variedades testadas (Fig. 1). O maior potencial de desenvolvimento de raízes destes híbridos, poderá se refletir em maior potencial de absorção de nutrientes.

Para todas as cultivares, a maior concentração de potássio na parte aérea ocorreu no tratamento K1, refletindo a maior disponibilidade do nutriente (Tabela 2). As diferenças nos teores de K no tecido entre cultivares podem ser explicadas pelo efeito de diluição, uma vez que não se refletiram em variações na acumulação do nutriente, na parte aérea da planta. Os teores de K na parte aérea do tratamento K1 situaram-se dentro da faixa considerada adequada, assim como os dos tratamentos K2 e K3 situaram-se no limite inferior desta e/ou na faixa crítica [15]. Como os valores da referência citada são para plantas aos 75 dias de idade, pode-se admitir para as deste trabalho, (40 dias) concentrações mais elevadas, refletindo assim as condições de suficiência e limitação de K impostas pelos tratamentos.

Em todas as cultivares testadas, a concentração de potássio nas raízes foi maior para o tratamento K1, relativamente aos tratamentos K2 e K3. Apenas neste tratamento, as cultivares diferiram quanto ao teor de K nas raízes, sendo os maiores valores encontrados nas cultivares Tiba, Avaxi e Irga 418 (Tabela 2). Estas diferenças, entretanto, não influenciaram a acumulação de potássio nas raízes.

Independentemente da cultivar, o tratamento com adição de sódio à solução nutritiva (K3), aumentou o teor deste elemento na parte aérea e raízes, relativamente aos demais, o que também se refletiu, na maior acumulação de sódio (Tabela 3). As cultivares diferiram quanto ao teor de Na apenas no tratamento K3, destacando-se os híbridos Tiba e Avaxi que apresentaram maiores concentrações e acúmulo deste elemento na parte aérea e raízes, do que as variedades testadas. Este resultado evidencia que estas cultivares apresentam maior potencial de absorção e translocação de sódio que as demais, sendo um possível indicativo de mecanismo de tolerância a este elemento, conforme reportado por Marshener [2].

De forma geral, os dados de acumulação de sódio nas raízes refletem os teores do nutriente no tecido. O maior acúmulo de Na ocorreu no tratamento K3, exceção feita para as cultivares BRS Ligeirinho, BRS Querência, BRS Pelota e Irga 418, que não diferiram de K1.

A eficiência de utilização de potássio (EUK) não foi influenciada pelas cultivares, contrariando dados obtidos por outros pesquisadores para arroz [11,12]. Somente os tratamentos potássicos afetaram a EUK, que foi 3 vezes maior no K2 (K baixo) do que K1 (K alto) (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Yang *et al* [11]. O valor da EUK no tratamento K3 situou-se entre os dois. A presença do Na reduziu a EUK, comparativamente ao K2.

Conclusão

Mesmo sob teor limitante de potássio, a adição de Na não afetou a produção de biomassa nas cultivares Tiba, Avaxi, Irga 418, BRS Ligeirinho, BRS Querência e BRS Pelota, que apresentaram maior concentração e acúmulo de Na neste tratamento. Os híbridos Avaxi e Tiba apresentaram maior biomassa seca de raízes e maior absorção e translocação de sódio do que as variedades. A eficiência de utilização de potássio não foi influenciada pelas cultivares e foi maior nos tratamentos com teor limitante de K na solução nutritiva do que no tratamento com teor adequado.

Agradecimentos

Ao CNPq e à FAPERGS pelas bolsas de mestrado e iniciação científica, respectivamente.

Referências

- [1] MENGEL, K & KIRKBY, E.A. 1987. Potassium. In: *Principles of Plant Nutrition* International Potash Institute, Bern, 687p.
- [2] MARSHNER, H. Beneficial mineral elements. In: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press, 1995. 889p.
- [3] MARSHNER, H.; KUPPER, P.J.C. & KYLIN, A. 1981. Genotypic differences in the response of sugar beet plants to replacement of potassium by sodium. *Physiology Plant*. 51: 239-244.
- [4] MARSHNER, H. 1971. Why can sodium replace potassium in plants? In: *Potassium in Biochemistry and Physiology*. Proceedings of the 8th Colloquium of the International Potash Institute, Bern, p.50-63.
- [5] YOSHIDA, S., CASTANEDA, L. Partial replacement of potassium by sodium in the rice plant under weakly saline conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*, v.15. 4:183-186, 1965
- [6] CASTILHOS, R.M.V. 1999. *Suprimento de potássio em solos cultivados com arroz irrigado e sua relação com mineralogia, formas e cinética de absorção*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- [7] FERREIRA, L.H.G. 2003. *Substituição parcial de potássio por sódio em arroz (Oryza sativa L)*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós - Graduação em Agronomia – Solos, UFPEL. Pelotas, RS
- [8] MEURER, E.M. & CASTILHOS, R.M.V. 2000 *Disponibilidade de potássio em solos do RS, cultivados com arroz irrigado, em duas condições de umidade*. In: FERTBIO 2000Anais. Santa Maria: Depto. Solos da UFSM, (CD ROOM)
- [9] DIEL, M.; CASTILHOS, R.M.V.C.; SOUSA, R.O.; VAHL, L.C. & SILVA, J.B. 2007. Nutrientes na água para irrigação de arroz na região Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural* v.37 n.1:102-109.
- [10] FERREIRA, L.H.G.; CASTILHOS, R.M.V.; GOMES, A.S. & SOUSA, R.O. 2003. *Substituição de potássio pelo sódio em cultivares de arroz irrigado com diferentes graus de tolerância à salinidade*. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 3 e Reunião da cultura do Arroz Irrigado, 25.... Anais. Itajaí: Epagri, 2003, pg 285-287.
- [11] YANG, X.E.; LIU, J.X.; WANG, W.M.; LI, H.; LUO, A.C.; YE, Z.Q. & YANG, Y. Genotypic differences and some associated plant traits in potassium internal use efficiency of lowland rice (*Oryza sativa L.*) *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 67: 237-282.
- [12] FAGÉRIA, N.K. 2000. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 10: 2115-2120
- [13] SOSBAI (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí, SC: SOSBAI, 2003.126p.
- [14] TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H.; GIANELLO, C. & BISSANI, C.A. 1995. Análise de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Departamento de Solos, FA/UFGRS (Boletim Técnico, 5) 2 ed, 215 p.
- [15] FAGÉRIA, N. K. 1999. Nutrição Mineral. In: VIEIRA, N.R. A. *A cultura do arroz no Brasil*. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão. p.172-196.

Tabela 1. Matéria seca e potássio acumulado na parte aérea e raízes de plantas de arroz, em função dos tratamentos com aplicação de potássio. Média de seis cultivares

Tratamento ¹	Matéria seca (g/vaso)		K acumulado (mg/vaso)		EUK (g/g)
	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
K1	2,62 A	0,69 A	115,4 A	26,60 A	23,1 C
K2	2,02 B	0,51 B	29,4 B	4,18 B	69,4 A
K3	2,12 B	0,52 B	35,6 B	3,64 B	59,4 B

¹K1 = teor adequado (1,0 mmol L⁻¹ de K); K2 = teor limitante (0,1 mmol L⁻¹ de K) e K3 = (0,1 mmol L⁻¹ de K + 0,9 mmol L⁻¹ de Na). Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.

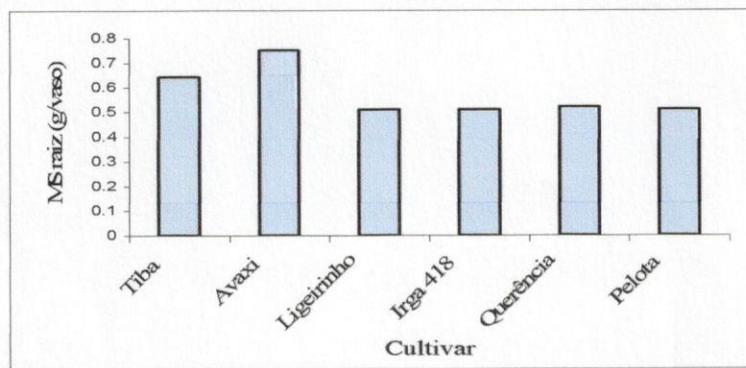


Figura 1. Matéria seca de raízes de seis cultivares de arroz independentemente dos tratamentos com aplicação de K.

Tabela 2. Concentração de potássio no tecido vegetal da parte aérea e das raízes de seis cultivares de arroz, em função dos tratamentos com aplicação de potássio. Média de 3 repetições.

Tratamento ¹	Cultivares					
	Tiba	Avaxi	Ligeirinho	Iriga 418	Querência	Pelota
K tecido vegetal (g kg ⁻¹)						
Parte Aérea						
K1	49,2 aA	44,6 abA	40,9 bA	44,2 abA	39,7 bA	40,1 bA
K2	18,2 aB	14,0 aB	13,1 aC	15,5 aC	13,1 aC	15,6 aB
K3	15,0 bcB	13,2 cB	18,7 abB	20,9 aB	20,5 aB	19,2 abB
Raízes						
K1	41,8 aA	40,1 aA	34,1 bcA	39,1 aA	32,0 cA	35,4bA
K2	7,6 aB	8,7 aB	8,3 aB	8,0 aB	8,5 aB	8,2 aB
K3	7,2 aB	7,8 aB	6,9 aB	6,8 aB	6,6 aB	6,5 aB

¹K1 = teor adequado (1,0 mmol L⁻¹ de K); K2 = teor limitante (0,1 mmol L⁻¹ de K) e K3 = (0,1 mmol L⁻¹ de K + 0,9 mmol L⁻¹ de Na). Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.

Tabela 3. Concentração de sódio (Na) no tecido vegetal e Na acumulado na parte aérea e nas raízes de seis cultivares de arroz, em função dos tratamentos com aplicação de potássio. Média de três repetições.

Tratamentos	Cultivares					
	Tiba	Avaxi	Ligeirinho	Irga 418	Querência	Pelota
----- Na tecido vegetal (g.kg ⁻¹) -----						
Parte aérea						
K1	0,30 aB	0,29 aB	0,32 aB	0,29 aB	0,33 aB	0,31 aB
K2	0,41 aB	0,43 aB	0,30 aB	0,30 aB	0,32 aB	0,29 aB
K3	13,18 aA	11,04 bA	4,02 cA	3,76 cA	3,41 cA	3,75 cA
Raízes						
K1	1,98 aB	2,00 aB	2,11 aB	2,17 aB	2,06 aB	2,09 aB
K2	1,42 aB	1,16 aC	0,90 aC	1,09 aC	1,25 aB	1,13 aC
K3	8,32 Aa	8,48 aA	5,02 bcA	5,33 bcA	5,76 bA	4,52 cA
----- Na acumulado (mg vaso ⁻¹) -----						
Parte aérea						
K1	0,95 aB	1,01 aB	0,79 aB	0,80 aB	0,70 aB	0,80 aB
K2	0,80 aB	1,07 aB	0,66 aB	0,58 aB	0,68 aB	0,60 aB
K3	35,81 aA	31,15 aA	8,91 bA	7,25 bA	6,55 bA	7,74 bA
Raízes						
K1	1,56 aB	1,83 aB	1,31 aAB	1,49 aAB	1,26 aAB	1,36 aAB
K2	0,69 aB	0,77 aB	0,45 aB	0,53 aB	0,72 aB	0,53 aB
K3	5,55 aA	5,94 aA	2,26 bA	2,28 bA	2,30 bA	2,14 bA

K1=teor adequado (1,0 mmol L⁻¹ de K); K2=teor limitante (0,1 mmol L⁻¹ de K) e K3=(0,1 mmol L⁻¹ de K + 0,9 mmol L⁻¹ de Na). Médias seguidas de letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.