

FERTIRRIGAÇÃO COM SILÍCIO ATENUA A TOXICIDADE DE FÓSFORO EM CAPIM ZURI E AUMENTA SUA PRODUÇÃO NO CULTIVO SEM ESTRESSE EM DOIS SOLOS

CÍNTIA CÁRMEN DE FARIA MELO¹, DANILO SILVA AMARAL², ANDERSON DE MOURA ZANINE³, RENATO DE MELLO PRADO⁴

¹ Eng. Agrônoma, Doutoranda em Agronomia (Ciência do Solo) UNESP, Jaboticabal-SP. cintia.cf.melo@unesp.br

² Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo) UNESP, Jaboticabal-SP.

³ Pós-Doutor em Zootecnia, Professor Associado UFMA, Chapadinha-MA.

⁴ Pós-Doutor em Nutrição de Plantas, Professor Associado UNESP, Jaboticabal-SP.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A deficiência de fósforo (P) já é conhecida nos cultivos de gramíneas forrageiras, no entanto, as adubações excessivas em pastos sob intensificação têm aumentado a ocorrência de excesso de P nos solos. Para avaliar o impacto desses desequilíbrios de P no capim Zuri, e a ação do Si como mitigador desses estresses, foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, sendo um em Latossolo e outro em Neossolo, ambos em esquema fatorial 3x2, com três estados nutricionais de P (deficiência, suficiência e excesso), combinados com ausência (-Si) e presença de Si (+Si, 1,5 mmol L⁻¹), na forma de nanosílica. As médias da relação folha:colmo, percentual de material morto na biomassa, número de perfilhos e produção de matéria seca da planta forrageira, quando diferentes entre si (teste F) foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. A fertirrigação com Si diminuiu o material morto, e aumentou a relação folha:colmo e a produção de biomassa sob excesso de P em Neossolo, mitigando a toxicidade de P, e ainda maximizou a produção da planta sob suficiência do nutriente em ambos solos ao melhorar o perfilhamento.

PALAVRAS-CHAVE: desequilíbrios de fósforo, nanosílica, toxicidade de fósforo em gramíneas

FERTIRRIGATION WITH SILICON ATENDS PHOSPHORUS TOXICITY IN ZURI GRASS AND INCREASES PLANT PRODUCTION WITHOUT STRESS IN TWO SOILS

ABSTRACT: Phosphorus (P) deficiency is already known in forage grasses, however, excessive fertilization in pastures under intensification has increased the occurrence of excess P in soils. Two experiments were carried in a greenhouse to evaluate the impact of these P imbalances on Zuri guineagrass, and the action of Si as a mitigator of these stresses. One experiment was carried in an Oxisol and another in a Entisol, both in a 3x2 factorial scheme, with three nutritional states of P (deficiency, sufficiency and excess), combined with absence (-Si) and presence of Si (+Si, 1.5 mmol L⁻¹), with the nanosilica source. The averages of the leaf:stem ratio, percentage of dead material in the biomass, number of tillers and dry matter production of the forage plant, when different from each other (F test) were compared using the Tukey test at 5% probability. Fertirrigation with Si decreased dead material, and increased leaf:stem ratio and biomass production under P excess in Neosol, mitigating P toxicity, and even maximized plant production under nutrient sufficiency in both soils by improving the profiling.

KEYWORDS: phosphorus imbalances, nanosilica, phosphorus toxicity in grasses

INTRODUÇÃO: A limitação por fósforo (P) ocorre em ecossistemas pastoris em todo o mundo, seja por sua deficiência, ou pelo excesso de P no solo causado por altas frequências e doses de adubos com P, convencionais ou orgânicos (REID et al., 2019), causando desbalanços nutricionais nas plantas. Esses desequilíbrios de P comprometem a fotossíntese (TAKAGI et al., 2020), mas não se sabe isso se reflete nos parâmetros produtivos em gramínea forrageira, principalmente quanto ao excesso de P, e como isso ocorre em solos de diferentes texturas. Tão importante quanto conhecer os danos causados pelos estresses, é buscar formas de mitiga-los, e nisso, o uso do silício (Si), tem se mostrado promissor, atenuando estresses nutricionais em cultivo hidropônico sem solo (SILVA e PRADO, 2021), com fontes inovadoras como a nanosílica. No entanto, não se conhece sua ação na atenuação de desbalanços de P em gramíneas cultivadas em solos. Por isso, este estudo testou as seguintes hipóteses: (i) a deficiência e o excesso de P prejudicam variáveis produtivas do capim Zuri em solo argiloso e arenoso (ii) a fertilização com nanosílica pode atenuar os prejuízos da deficiência e do excesso de P na produção e na composição da biomassa da forrageira em solo argiloso e arenoso. Os resultados poderão apontar uma prática para atenuar estresses de P nesse grupo de plantas contribuindo para seu cultivo sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS: foram conduzidos dois experimentos com o capim *Megathyrus maximus* cv. Zuri, sendo um com cultivo em Latossolo Vermelho distroférico e outro em Neossolo Quartzarênico, em casa de vegetação na UNESP, (Jaboticabal, SP), de outubro de 2021 a abril de 2022, com temperatura do ar média máxima de 47 ± 5 °C, média mínima de 22 ± 5 °C, e a umidade relativa do ar média de $50 \pm 10\%$. Em ambos experimentos se utilizou um esquema fatorial 3x2 com três estados nutricionais de fósforo (deficiente, sem aplicação de P), suficiente (200 mg dm^{-3} de P) (MALAVOLTA, 1981), e excessivo (600 mg dm^{-3} de P), combinados com ausência de Si (sem aplicação) ou presença ($1,5 \text{ mM}$ de Si), em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. A parcela foi um vaso plástico de 7 L com amostras dos respectivos solos, e após análise química dos solos fez-se a calagem elevando a saturação por bases a 70%. Quarenta dias após a calagem, foi incorporado aos solos superfosfato simples nas doses de P: 0, 200 e 600 mg dm^{-3} de P, estabelecendo os tratamentos, e os demais nutrientes fornecidos em níveis adequados. Foram conduzidas duas plantas por vaso, sob irrigação mantendo umidade em 70% da capacidade de retenção de água dos solos, fazendo a pesagem dos vasos. A irrigação nos tratamentos com Si foi feita com uma solução de $1,5 \text{ mmol L}^{-1}$ de Si utilizando a fonte nanosílica (partículas de SiO_2 entre 8,5 e 9,7 nm), e nos tratamentos sem Si utilizou-se água deionizada. Os cortes foram feitos quando as plantas em suficiência de P atingiam 70 cm de altura, deixando um resíduo de 30 cm. Antes de cada corte fez-se a contagem do número de perfilhos vivos por vaso, e no momento da coleta, a biomassa foi separada em seus componentes morfológicos: lâmina foliar, colmo e material morto, obtendo seu peso fresco. Os materiais acondicionados em sacos de papel foram secos em estufa (65 ± 5 °C) até peso constante. Com a média dos seis cortes determinou-se a produção de matéria seca (MS, g por vaso), e calculou-se o número de perfilhos por vaso, a relação folha:colmo, e o percentual de material morto na biomassa. As médias que apresentaram diferença entre si pelo teste F ($p < 0,05$) foram comparadas pelo Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o software estatístico SPEED Stat versão 2.8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os estados de P e o fornecimento de Si para todas as variáveis, exceto a relação folha:colmo e produção em Latossolo. A deficiência de P em relação à suficiência, diminuiu a relação folha:colmo nas plantas cultivadas em Latossolo (Fig 1 a, b), bem como o número de perfilhos em ambos solos (Fig 1 e, f), com queda de 38,5 e 20,3% na produção de MS em Latossolo e Neossolo, respectivamente (Fig 1 g, h). O excesso de P diminuiu a relação folha:colmo da forrageira em

Neossolo, e aumentou o percentual de material morto em 45 e 71% na biomassa em Latossolo e Neossolo, respectivamente. O excesso de P aumentou o número de perfilhos em ambos solos, mas ainda assim, causou redução na produção de MS das plantas em Neossolo (13,7%), demonstrando a toxicidade de P para a planta, prejuízo que não ocorreu no Latossolo.

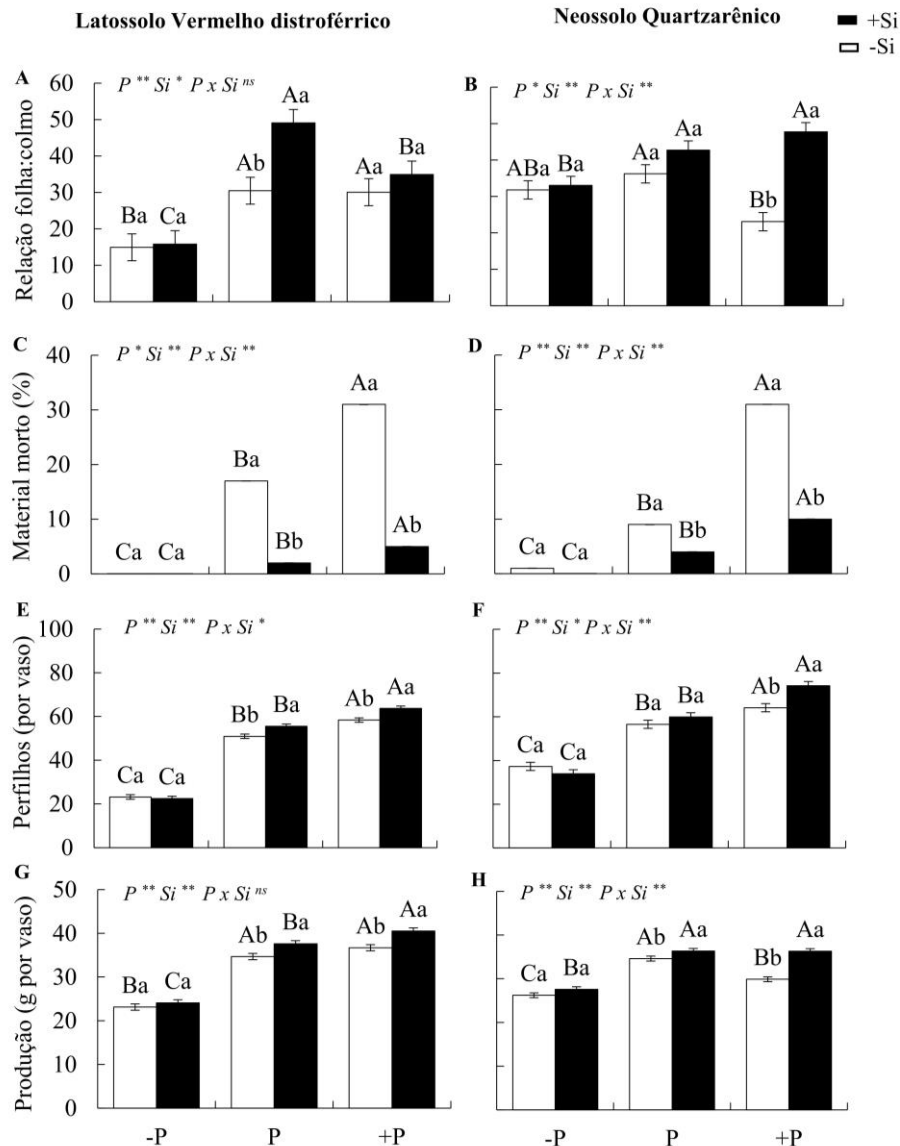


FIGURA 1. Relação folha:colmo, percentual de material morto na biomassa, número de perfilhos por vaso, e produção de matéria seca do capim Zuri cultivado sob deficiência (-P), suficiência (P) e excesso de fósforo (+P) em Latossolo (a, c, e, g) e Neossolo (b, d, f, h) na ausência (-Si) ou presença de Si no solo (+Si).

A diminuição do perfilhamento sob deficiência de P com redução da produção, são prejuízos comuns da deficiência de P em gramíneas, pois, a limitação do nutriente compromete a divisão celular e diminuiu a taxa de fotossíntese líquida das plantas (TAKAGI et al., 2020). O excesso de P, embora não tenha prejudicado o perfilhamento, diminuiu a produção da forrageira em Neossolo, evidenciando que o efeito tóxico do excesso de P pode ser mais grave em solo arenoso. A toxicidade diminuiu também a relação folha:colmo, devido ao menor percentual de lâmina foliar viva na planta. De fato, observou-se uma senescência foliar

acelerada, com clorose e pontuações necróticas nas folhas, aumentando o material morto na forragem. Esses efeitos resultam de distúrbios bioquímicos causados pelo excesso de P nos tecidos, como inibição da fotossíntese e maior peroxidação lipídica, causando redução da produtividade e do valor nutricional do pasto (TAKAGI et al., 2020). A fertirrigação com Si permitiu aumento na relação folha:colmo do capim cultivado em Neossolo, e diminuição no percentual de material morto em ambos solos, bem como maior perfilhamento da planta sob excesso de P em ambos solos, aumentando a produção de MS em 9,5 e 17,7% em Latossolo e Neossolo, respectivamente, atenuando assim, os prejuízos da toxicidade de P no capim cultivado em Neossolo. HU et al. (2018) observaram no arroz, que o Si pode regular a absorção de P quando em excesso no meio de cultivo. Não houve efeito da aplicação de Si nas plantas sob deficiência de P, mas diminuiu o material morto e aumentou a relação folha:colmo nas plantas sob suficiência de P em ambos solos, melhorando também seu perfilhamento no Latossolo. Isso fez aumentar a produção de MS das plantas em suficiência de P em Latossolo (7,8%) e Neossolo (4,8%) na presença de Si, mas são necessários mais estudos sobre a ação benéfica do Si em gramíneas cultivadas sem estresse. Assim as hipóteses foram parcialmente aceitas, visto que diferente da deficiência de P, o excesso de P afetou a produção apenas no Neossolo, e a fertirrigação com Si atenuou o estresse por toxicidade de P em capim Zuri em Neossolo, mas não atenuou a deficiência do nutriente.

CONCLUSÕES: Os desequilíbrios de P afetam a produção e a composição da forragem de *M. maximus* cv. Zuri, sendo que o excesso de P é mais grave em solo arenoso. A fertirrigação com nanosilica atenua os prejuízos da toxicidade de P no capim cultivado em solo arenoso, e aumenta a produção de biomassa no capim adequadamente nutrido em ambos solos, podendo contribuindo para a produção de forragem.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa à primeira autora, e ao Genplant (Grupo de estudos em Nutrição de Plantas – UNESP) pelo incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS:

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**, 3ªed. São Paulo, 1981.

HU, A. Y., CHE, J.; SHAO, J. F.; YOKOSHO, K.; ZHAO, X. Q.; SHEN, R. F.; MA, J. F. Silicon accumulated in the shoots results in down-regulation of phosphorus transporter gene expression and decrease of phosphorus uptake in rice. **Plant and Soil**, v.423, p. 317-325, 2018.

REID, K.; SCHNEIDER, K.; JOOSSE, P. Addressing imbalances in phosphorus accumulation in Canadian agricultural soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 48, n. 5, p.1156-1166, 2019.

SILVA, J. L. F., PRADO, R. M. Elucidating the action mechanisms of silicon in the mitigation of phosphorus deficiency and enhancement of its response in sorghum plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 17, p. 2572-2582, 2021.

TAKAGI, D.; MIYAGI, A.; TAZOE, Y.; SUGANAMI, M.; KAWAI-YAMADA, M.; UEDA, A.; MAKINO, A. Phosphorus toxicity disrupts Rubisco activation and reactive oxygen species defence systems by phytic acid accumulation in leaves. **Plant, Cell & Environment**, v. 43, n. 9, p. 2033-2053, 2020.