



GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DO TRIGO SOB DOSES DE FÓSFORO ASSOCIADAS À CONTAMINAÇÃO POR CROMO

Janine Mesquita GONÇALVES ¹
Lara Bernardes da Silva FERREIRA ²

¹ Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí
<https://orcid.org/0000-0003-1367-4488>

e-mail: janine.goncalves@ifgoiano.edu.br

² Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí
<https://orcid.org/0000-0002-2924-2850>

e-mail: lara.ferreira@ifgoiano.edu.br

RESUMO - O ser humano gera resíduos/lixo a todo momento e este em sua grande maioria contém metais, e ao serem descartados no meio, poluem o ambiente em seu processo de decomposição. Os metais pesados ao adentrarem a cadeia alimentar causam uma série de doenças nos animais e nos seres humanos. A utilização de plantas com potencial fitoremediador é uma solução a baixo custo para a remoção dos metais pesados do ambiente. O objetivo com o presente estudo foi avaliar a germinação e o crescimento inicial de plântulas de trigo submetidas à combinação de doses de P com doses de Cr em solução nutritiva. Para tanto, o experimento foi conduzido em delineamento em blocos completos casualizados em esquema fatorial contendo três doses de P (0,1; 1,0 e 1,9 mmol L⁻¹) combinadas a quatro doses de Cr (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mmol L⁻¹), em quatro repetições. As variáveis analisadas foram: altura de plântulas, percentual de germinação, massa fresca da parte aérea e das raízes. Não foram encontradas diferenças significativas para a interação. A ausência de P no meio de cultivo aumentou a emissão de raízes pelas plantas, expresso pelo aumento da massa fresca de raízes nesta condição. O Cr reduz o crescimento das plântulas de trigo, com redução na altura, no percentual de germinação, na massa fresca da parte aérea e das raízes. Há necessidade de estudos mais aprofundados para avaliar a interação entre o P e o Cr no crescimento de plantas tropicais.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*. Metal pesado. Nutrição mineral. Estresse abiótico.

ABSTRACT - Human beings generate waste/garbage all the time and the vast majority of it contains metals, and when discarded into the environment, they pollute the environment in their decomposition process. When heavy metals enter the food chain, they cause a series of diseases in animals and humans. The use of plants with phytoremediation potential is a low-cost solution for removing heavy metals from the environment. The objective of the present study was to evaluate the germination and initial growth of wheat seedlings subjected to the combination of P doses with Cr doses in nutrient solution. To this end, the experiment was conducted in a randomized complete block design in a factorial scheme containing three doses of P (0.1; 1.0 and 1.9 mmol L⁻¹) combined with four doses of Cr (0.0; 0.5; 1.0 and 1.5 mmol L⁻¹), in four repetitions. The variables analyzed were: seedling height, germination percentage, fresh mass



of shoots and roots. No significant differences were found for the interaction. The absence of P in the cultivation medium increased root emission by plants, expressed by the increase in fresh root mass in this condition. Cr reduces the growth of wheat seedlings, with a reduction in height, germination percentage, and fresh mass of shoots and roots. There is a need for more in-depth studies to evaluate the interaction between P and Cr in the growth of tropical plants.

Keywords: *Triticum aestivum*. Heavy metal. Mineral nutrition. Abiotic stress.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial surgiram problemas com a deposição de resíduos em solos causando contaminação ambiental. Nem sempre a estabilização de resíduos em depósitos é uma opção viável em longo prazo (WANI, NAEEM e AFTAB, 2022; MUGDAL et al., 2023). A busca por alternativas de reciclagem de contaminantes tem demonstrado que a relação solo-planta-atmosfera pode ser uma forma energeticamente mais sustentável de conversão de um contaminante em um produto de reuso (MUGDAL et al., 2023).

A poluição da água e do solo por cromo (Cr) tem se tornado um problema para a saúde humana (DING et al., 2019). O Cr é um metal pesado, que encontra-se no ambiente em vários estados de oxidação, sendo as formas mais encontradas o Cr(III) e o Cr(VI), sendo a última a forma mais móvel e tóxica (WANI, NAEEM e AFTAB, 2022; SHARMA et al., 2023). O Cr pode estar presente no ambiente devido à decomposição das rochas, está presente nos fertilizantes e em alguns resíduos químicos de produção, como o lodo de curtume (BASHIR et al., 2020). Sendo este metal acumulativo e tóxico aos organismos vivos, encontrar alternativas sustentáveis de remoção do ambiente torna-se uma necessidade (MUGDAL et al., 2023).

As plantas possuem capacidade de incorporar metais pesados em suas estruturas, estabilizando-os e reduzindo sua presença no ambiente (SINHA, PAKSHIRAJAN e CHATURVEDI, 2018). A fitoextração do Cr já foi estudada em algumas espécies, tais como milho, trigo, aveia, girassol, plantas forrageiras de clima temperado, samambaia (SHEWRY e PETERSON, 1974; DE LA ROSA et al., 2014; DE OLIVEIRA et al., 2016; LÓPEZ-BUCIO, RAVELO-ORTEGA e LÓPEZ-BUCIO, 2022; SHARMA et al., 2023), sempre com foco na necessidade de encontrar plantas capazes de absorver e transportar o metal para a parte aérea.

Contudo, apesar da capacidade das plantas em absorver o Cr, quando o metal se encontra em excesso no meio de cultivo, este causa alterações fisiológicas, morfológicas e nutricionais (MUGDAL et al., 2023; DE OLIVEIRA et al., 2015; LÓPEZ-BUCIO, RAVELO-ORTEGA e LÓPEZ-BUCIO, 2022; GONÇALVES e MONTEIRO, 2023; SHARMA et al., 2023). O uso de nutrientes como o S e o P pode reduzir o potencial de dano aos tecidos vegetais provocados pelo excesso de Cr, por ativar mecanismos de detoxificação do estresse causado pelo metal, resultando em maiores produções de massa seca (DE OLIVEIRA et al., 2015; GONÇALVES e MONTEIRO, 2023; SHARMA et al., 2023).

A cultura do trigo apresenta susceptibilidade ao Cr, com o metal afetando negativamente a produção de massa e de grãos (MUGDAL et al., 2023). Estudos anteriores demonstraram que o fornecimento de P pode auxiliar na modulação dos processos energéticos e geração de compostos que visam combater a toxidez gerada pela presença do Cr no metabolismo vegetal resultando em crescimento do vegetal (DE OLIVEIRA et al., 2015). Há ainda poucos estudos



que avaliam germinação de espécies de plantas em condições de contaminação por Cr, bem como os estudos com fornecimento de nutrientes proporcionando maior crescimento e transporte do metal para a parte aérea das plantas (DE OLIVEIRA et al., 2015; GONÇALVES e MONTEIRO, 2023).

Não foram encontrados estudos que envolvam a germinação de espécies em condições tropicais sob fornecimento de P associada à contaminação do meio com Cr. Com isso, objetivou-se avaliar a germinação e o crescimento de plantas de trigo (*Triticum aestivum* L., 1753) cultivadas com doses de P combinadas com doses de Cr.

MATERIAIS E MÉTODO

Local da pesquisa

O estudo foi conduzido no Laboratório de Fertilidade e Nutrição de Plantas do IF Goiano – Campus Urutaí, no período de 29 de novembro a 07 de dezembro de 2017, localizado nas coordenadas 17°29'10" S de latitude e 48°12'38" O de longitude a 697m de altitude. Na condução do experimento utilizou-se delineamento em blocos completos casualizados em esquema fatorial com a combinação de três doses de P (0,1; 1,0 e 1,9 mmol L⁻¹) e quatro doses de Cr (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mmol L⁻¹), em quatro repetições.

Procedimentos metodológicos

Utilizou-se areia lavada em água corrente e com período de descanso de 30 minutos em água desionizada para retirar possíveis partículas e contaminantes. Em seguida, a areia foi seca em estufa à 100 °C e pesada para padronização das parcelas experimentais. Utilizaram-se 400 gramas de areia em cada parcela. As parcelas consistiram em bandejas de isopor quadrada com dimensão lateral de 14,6 mm. As bandejas com a areia foram distribuídas sobre a bancada do laboratório e submetidas às condições ambientais (temperatura média do ar de 27°C e umidade relativa do ar média de 37%).

Antes da montagem do experimento, foi realizado o teste de retenção de água da areia e determinou-se a aplicação de 84 mL solução contendo a combinação P x Cr por parcela. A temperatura média do ambiente em que foram mantidas as sementes foi de 27°C. O conteúdo de água das parcelas foi mantido por pesagem das parcelas e reposição da evapotranspiração com água desionizada, utilizando uma pipeta automática (marca Kasvi com volume variável máximo de 5 mL) para medição do volume de água tendo em vista a equivalência da quantidade de água e da massa perdida.

Aos oito dias após a semeadura que é o período máximo de contagem para germinação do trigo de acordo com as regras para análises de sementes (BRASIL, 2009), foram realizadas medições de altura das plantas, contagem da quantidade de sementes germinadas, pesadas a massa fresca da parte aérea e das raízes. As plântulas foram coletadas cortando-as na região do colo para separação de parte aérea e raízes. Em seguida, as raízes foram lavadas em água corrente e passadas em água destilada.

A massa fresca da parte aérea e das raízes foram determinadas por pesagem em balança de semi-precisão (SHIMADZU BL 320H) e os resultados foram expressos em gramas. Com os



resultados de germinação, calculou-se o percentual de plântulas que sobreviveram às condições de contaminação.

Análise dos dados

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância e com a significância de 5% para os parâmetros analisados definiu-se o teste de Tukey para doses de P e análise de regressão para as doses de Cr (PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002). As análises foram processadas no programa Sisvar (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram encontradas diferenças significativas para o fornecimento das doses de P na germinação e crescimento inicial das plântulas de trigo, observando-se que a maior influência do nutriente ocorre no crescimento das raízes e expresso pela sua massa fresca (Tabela 1). Observou-se que as plântulas que germinaram no meio de cultivo contendo 0,1 mmol L⁻¹ de P, possuíram maior crescimento radicular (Figura 1E). Esse fenômeno de maior crescimento radicular em meios com reduzida concentração de P ocorre pelos sensores radiculares estarem direcionando o crescimento para buscar absorver a maior quantidade possível do nutriente no meio (LÓPEZ-BUCIO, RAVELO-ORTEGA e LÓPEZ-BUCIO, 2022).

Tabela 1. Análise de variância para as variáveis altura de plântulas, germinação, massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca de raízes (MFR) do trigo submetido à germinação em solução contendo combinações de P e Cr

Fonte de variação	Altura	Germinação	MFPA	MFR
	cm	%		g
Dose P	0,34 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,89 ^{ns}	6,40 ^{**}
Dose Cr	10,28 ^{**}	3,42 ^{**}	118,48 ^{**}	50,86 ^{**}
Dose P x Dose Cr	0,60 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,42 ^{ns}
CV (%)	23,08	6,33	10,65	10,91

As doses de Cr diminuíram significativamente (Tabela 1) o crescimento das plântulas de trigo, expresso pela menor altura (Figura 1A), percentual de germinação (Figura 1B), massa fresca da parte aérea (Figura 1C) e das raízes (Figura 1D). A presença do Cr do meio de cultivo reduz o desenvolvimento das plântulas de trigo como acontece nas plantas de cevada, capim tanzânia, samambaia, milho e girassol (DE LA ROSA et al., 2014; DE OLIVEIRA et al., 2016; GONÇALVES e MONTEIRO, 2023; BASHIR et al., 2020).

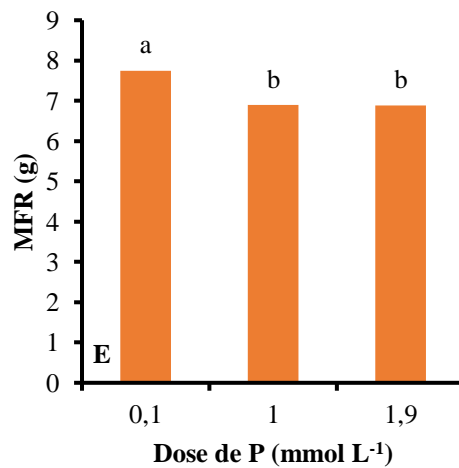
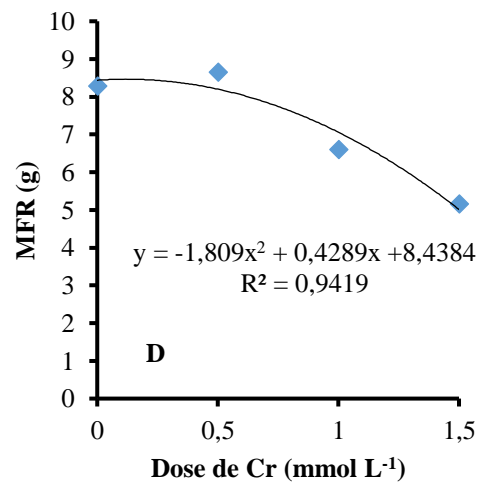
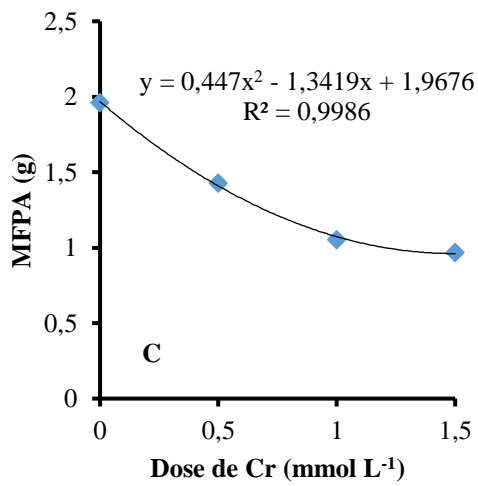
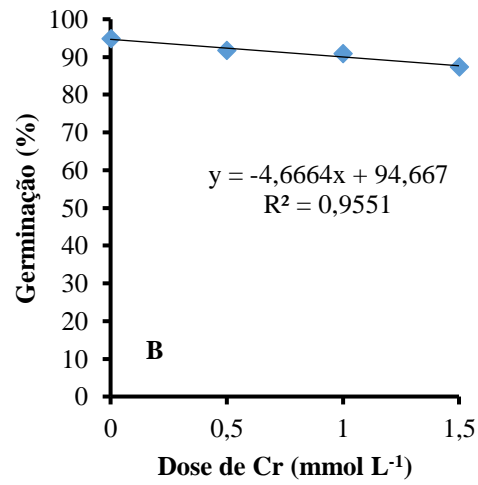
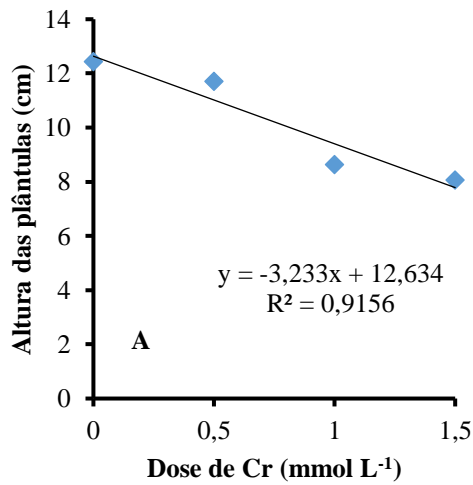




Figura 1. Altura de plântulas (A), germinação (B), massa fresca da parte aérea (MFPA) – (C) e massa fresca de raízes (MFR) – (D) do trigo submetido à germinação em solução contendo combinações de P e Cr

Observou-se no presente experimento que a germinação e o crescimento inicial do trigo foram afetados pela presença das doses de Cr no meio de cultivo, sendo que as doses de P não interagiram com o metal pesado para reduzir seu potencial tóxico (Tabela 1). O contrário aconteceu na interação do Cr com S no meio de cultivo do *Panicum maximum* (Syn. *Megathyrus maximus*) cv. Tanzânia, em que as plantas reduziram a absorção do metal pesado na presença do nutriente (GONÇALVES e MONTEIRO, 2023). Isso pode ter sido diferente por conta do capim ser submetido à contaminação somente após o seu crescimento e não durante o período germinativo das plantas.

A redução dos efeitos tóxicos causados por Cr no metabolismo das plantas segue duas estratégias principais: resistência à toxidez em que as plantas absorvem, mas utilizam mecanismos de exclusão celular e ainda evitando a absorção por utilizar mecanismos de seletividade radicular (SHARMA et al., 2023; LÓPEZ-BUCIO, RAVELO-ORTEGA e LÓPEZ-BUCIO, 2022). Por possuir similaridade iônica com alguns nutrientes, o Cr é usualmente absorvido pelas plantas pelos mesmos transportadores radiculares (SINHA et al., 2018; BASHIR et al., 2020). É conhecida a toxidez causada por Cr em plantas, resultando em seu reduzido crescimento e desenvolvimento, incluindo uma mudança no processo de germinação bem como no crescimento, reduzindo a massa seca total e o rendimento das plantas (MUGDAL et al., 2023). Plantas jovens tendem a ser mais resistentes ao Cr do que plantas mais velhas à presença do metal no meio de cultivo (DE LA ROSA et al., 2014).

Contudo, apesar da tolerância das plantas jovens, o Cr induz estresse oxidativo o que resulta em morte das células das raízes por toxidez quando estas não são capazes de converter o Cr (VI) em Cr (III), reduzindo assim a produção de massa e o comprimento das raízes (DING et al., 2019). Observou-se esse efeito pela redução no crescimento em altura, na germinação, na produção de massa fresca da parte aérea e das raízes das plântulas de trigo (Figura 1).

Enfim, não houve interação entre as doses de P e as doses de Cr na germinação e crescimento inicial da cultura do trigo. Quando a concentração fornecida de P foi menor no meio de cultivo, observou-se a tendência de expansão das raízes para aumentar a eficiência de absorção do nutriente. A presença do Cr no meio de crescimento causou toxidez às plântulas de trigo, expresso pela redução no percentual de germinação, no crescimento em altura e na produção de massa fresca da parte aérea e das raízes.

CONCLUSÕES

O trigo é tolerante à toxidez por Cr germinando em ambiente que apresente concentração de até 1,5 mmol L⁻¹. O fornecimento de P não tem correlação com o processo germinativo do trigo em condições de contaminação por Cr. Há necessidade de estudos mais aprofundados para avaliar a interação entre o P e o Cr no crescimento de plantas tropicais.



CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que o trabalho não possui conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- BASHIR, M. A.; NAVEED, M.; AHMAD, Z.; GAO, B.; MUSTAFA, A.; NÚÑEZ-DELGADO, A. Combined application of biochar and sulfur regulated growth, physiological, antioxidante responses and Cr removal capacity of maize (*Zea mays* L.) in tannery polluted soils. **Journal of Environmental Management**, 259, 110051, 2020.
- DE LA ROSA, G.; CASTILLO-MICHEL, H.; CRUZ-JIMENEZ, G.; BERNAL-ALVARADO, J.; CORDOVA-FRAGA, T.; LOPEZ-MORENO, L.; COTTE, M. (2014). Cr localization and speciation in roots of chromate fed *Helianthus annuus* L. seedlings using synchrotron techniques. **International Journal of Phytoremediation**, 16, 1073-1086, 2014.
- DE OLIVEIRA, L. M.; LESSL, J. T.; GRESS, J.; TISARUM, R.; GUILHERME, L. R. G.; MA, L. Q. Chromate and phosphate inhibited each other's uptake and translocation in arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. **Environmental Pollution**, 197, 240-246, 2015.
- DE OLIVEIRA, L. M.; GRESS, J.; DE, J.; RATHINASABAPATHI, B.; MARCHI, G.; CHEN, Y. S.; MA, L. N. Q. Sulfate and chromate increased each other's uptake and translocation in As-hyperaccumulator *Pteris vittata*. **Chemosphere**, 147, 36-43, 2016.
- DING, G.; JIN, Z.; HAN, Y.; SUN, P.; LI, G.; LI, W. Mitigation of chromium toxicity in *Arabidopsis thaliana* by sulfur supplementation. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 182, 109379, 2019.
- GONÇALVES, J. M.; MONTEIRO, F. A. Biomass production and uptake of sulfur, chromium and micronutrients by Tanzania guinea grass grown with sulfur and chromium. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 45, n. 1, p. 53-65, 2023.
- MUGDAL, V.; RANINGA, M.; PATEL, D.; ANKOLIYA, D.; MUGDAL, A. A review on Phytoremediation: sustainable method for removal of heavy metals. **Materials Today: Proceedings**, v. 77, 201-208, 2023.
- LÓPEZ-BUCIO, J. S.; RAVELO-ORTEGA, G.; LÓPEZ-BUCIO, J. Chromium in plant growth and development: Toxicity, tolerance and hormesis. **Environmental Pollution**, v. 312, 120084, 2022.



PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada à experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002.

BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

SHARMA, P.; SINGH, S. P.; TRIPATHI, R. D.; TONG, Y. W. Chromium toxicity and tolerance mechanisms in plants through cross-talk of secondary messengers: An overview of pathways and mechanisms. **Environmental Pollution**, v. 320, 121049, 2023.

SHEWRY, P. R.; PETERSON, P. J. The uptake and transport of chromium by barley seedlings (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Experimental Botany**, 25, 4, 785-797, 1974.

SINHA, V.; PAKSHIRAJAN, K.; CHATURVEDI, R. Chromium tolerance, bioaccumulation and localization in plants: an overview. **Journal of Environmental Management**, 206, 715-730, 2018.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. **Brazilian Journal of Biometrics**, 37, 4, 529–535, 2019.

WANI, K. I.; NAEEM, M.; AFTAB, T. Chromium in plant-soil nexus: Speciation, uptake, transport and sustainable remediation techniques. **Environmental Pollution**, v. 315, 120350, 2022.