

Produtividade do milho em diferentes manejos de adubação com vinhaça e cloreto de potássio

Juliana Pereira de Sousa¹, Fernando Rodrigues Cabral Filho^{1,2}, Christiano Lima Lobo de Andrade^{1,2}, Marconi Batista Teixeira², Daniely Karen Matias Alves² & Nelmício Furtado da Silva³

¹ Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil

² Instituto Federal Goiano, IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil

³ Universidade de Rio Verde, UniRV, Rio Verde, Goiás, Brasil

Correspondência: Juliana Pereira de Sousa, Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil, e-mail: julianasousa241@gmail.com

Recebido: Dezembro 10, 2022

Aceito: Janeiro 09, 2023

Publicado: Março 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i3.258

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i3.258>

Resumo

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais de grande importância no mundo. Esta cultura apresenta grande exigência em nutrientes, como o potássio (K). Esse nutriente pode ser obtido a partir de fontes alternativas como a vinhaça para a cultura do milho representando efeitos agrônômicos, econômicos e ambientais positivos. O presente trabalho teve como objetivo, avaliar o uso de vinhaça e cloreto de potássio na fertirrigação na cultura do milho cultivar híbrido AS1820 PRO3 em diferentes doses. O experimento foi realizado na área experimental do IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil, safra 2021/22. As variáveis estudadas foram: número de espigas por planta, número de grãos por fileira, número de grãos por planta, diâmetro e comprimento de espiga, massa de grãos por planta, produtividade e número de sacas por grãos. Verificamos que não houve diferença significativa (efeitos positivos) para os dados das variáveis analisadas nesse experimento. Conclui-se que, o híbrido de milho AS1820 PRO3 não apresentou efeito positivo sobre as variáveis analisadas com fertirrigação vinhaça e cloreto de potássio em nosso estudo, carecendo de novos experimentos complementares.

Palavras-chave: *Zea mays*, fertirrigação, ciclagem de nutrientes, potássio.

Corn productivity in different fertilization managements with vinasse and potassium chloride

Abstract

Corn (*Zea mays* L.) is one of the most important cereals in the world. This crop has a high requirement for nutrients, such as potassium (K). This nutrient can be obtained from alternative sources such as vinasse for the corn crop, representing positive agronomic, economic, and environmental effects. The objective of this work was to evaluate use of vinasse and potassium chloride, in fertirrigation in the hybrid AS1820 PRO3 maize crop at different doses. The experiment was carried out in the experimental area of the IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brazil, harvest 2021/22. The variables studied were number of ears per plant, number of grains per row, number of grains per plant, diameter and length of ears, mass of grains per plant, productivity, and number of bags per grain. We verified that there was no significant difference (positive effects) for the data of the variables analyzed in this experiment. It was concluded that the corn hybrid AS1820 PRO3 did not have a positive effect on the variables analyzed with vinasse and potassium chloride fertirrigation in our study, requiring new complementary experiments.

Key words: *Zea mays*, fertirrigation, nutrient cycling, potassium.

1. Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho (*Zea mays* L.) e o segundo maior exportador no mundo (Brasil, 2013). O milho é a segunda maior cultura agrícola, ficando atrás apenas da soja. O cultivo do milho no país

desencadeia enorme esforço na alimentação humana e animal, até a indústria de alta tecnologia, tornando-se de grande importância econômica (Pereira et al., 2018; Roraima em Foco, 2022).

Os grãos de milho podem ser encontrados em diferentes fenologias, do amarelo, branco, preto até vermelho, sua estrutura é formada pelo endosperma, gérmen, pericarpo e ponta, é composto principalmente de carboidratos (amido) e de lipídios. Cada planta de milho desenvolve entre 20 a 21 folhas totais, floresce por volta de 65 dias após a emergência e atinge sua maturidade fisiológica aproximadamente 125 dias após a emergência do grão. Com o aumento significativo de produção e produtividade, nestes últimos anos, a cultura do milho vem sofrendo mudanças tecnológicas relacionadas à melhoria na qualidade dos solos, inclusive no Brasil (Nascimento et al., 2014; Labegalini et al., 2016).

Essa melhoria está relacionada ao manejo adequado que inclui rotação de culturas, plantio direto e manejo de fertilidade, bem como, calagem, gessagem, adubação equilibrada com macro e micronutrientes, uso de fertilizantes químicos e/ou orgânicos (Silva et al., 2017). As plantas de milho apresentam alta exigência nutricional, principalmente de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) que aumenta linearmente com o aumento de produtividade. Diversos autores, discutem que os principais elementos nutricionais para a cultura do milho são referentes ao N e K, seguido de Ca, Mg e por último P (Coelho et al., 2010; Menezes et al., 2018; Filho; Ventura, 2021).

A irrigação na cultura do milho como segunda safra em algumas propriedades, está apresentando maior produtividade, além do incremento sobre a qualidade do produto, segundo o técnico agropecuário Nonato Rodrigues, do Later (Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural). O manejo irrigado do milho, confronta a estiagem, pois em regiões mais quentes e secas a necessidade de irrigação aumenta em relação às regiões úmidas além da forragem de culturas anteriores que fornecem maior teor de umidade (Pavinato et al., 2008; Valderrama et al., 2011).

Dessa forma, o milho irrigado promove continuidade ao plantio. E dentre alguns tipos de irrigação desenvolvidos para o cultivo de grãos, a vinhaça está se tornando uma ótima opção, pois o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar no mundo (Campos et al., 2008), onde a cada ano cerca de 230 milhões de m³ vinhaça são gerados, esse resíduo, tem a característica pastosa e de mal cheiro, contendo aproximadamente 93% de água, 7% de sólidos, incluindo níveis elevados de sais minerais e material orgânico, altas concentrações de K, Ca, Mg, enxofre (S) e N, é gerada a partir da destilação fracionada do caldo de cana-de-açúcar (garapa) fermentado, para a obtenção do etanol (álcool etílico), a cada um litro de álcool fabricado, 13 litros de vinhaça são deixados como resíduo (Oliveira et al., 2009; Martins et al., 2013; Pereira et al., 2019; Agrolink, 2020).

Apartir desse grande volume de resíduos gerados a partir do processamento do caldo de cana-de-açúcar na produção de álcool etílico e problemas relacionados à estiagem e à nutrição das plantas, a utilização da vinhaça como fonte de K mostra-se uma alternativa tecnicamente viável, e a sua utilização em nível de lavoura como forma de descarte desse resíduo rico em minerais de forma que, não cause impactos negativos e mesmo contamine o solo fertirrigado (Fialho et al., 2019).

O K é um dos nutrientes mais abundantes no tecido vegetal de praticamente todas as espécies vegetais e, por apresentar-se predominantemente na forma iônica K⁺, seu retorno ao solo é muito rápido, ocorrendo logo após a senescência das plantas (Pavinato et al., 2008; Silva et al., 2017). Esse macronutriente apresenta duas funções importantes na planta, sobre a ativação das enzimas para produção de proteínas e açúcares, e na atuação sobre o controle de água presente nas células (turgescência). Outras funções são atribuídas como na contribuição para elevar a qualidade do vegetal, relacionada principalmente sobre a massa individual dos grãos, e no número de grãos por espiga (Menezes et al., 2018; Lima et al., 2020). A maior parte do K que está na planta, é absorvida até o florescimento, a absorção mais intensa de K pelo milho, ocorre nos estádios iniciais de crescimento, estádios V5 a V14 (Gondim et al., 2016).

O maior teor de K está alocado na parte aérea, e após a colheita, a palhada volta novamente a disponibilizar esse mineral ao solo. Com relação à cultura do milho, quando o objetivo é a produção de grãos, a maior parte do K absorvido a partir do material único da colheita anterior, embora seja em alguns casos, a necessidade de suplementar doses de K a partir de fontes rochosas inorgânico e/ou de estrume bovino ou água residuária de suinocultura como fontes alternativas naturais orgânicas (Yamada; Robrts, 2005; Menezes et al., 2018; Oliveira et al., 2022).

Mesmo que os solos sejam ricos em K, com mais de centenas ou, até mesmo, milhares de quilos desse mineral por hectare, pouco desse nutriente está disponível para as plantas em todo seu período de desenvolvimento (forma lábil). Aproximadamente apenas 2% do K presente no solo, estão disponíveis para as plantas, porque boa parte de element essencial está presente em minerais e rochas ou capturado entre as camadas formadoras do solo

muito pouco solúveis (não lábil). Dessa forma, o único potássio disponível é aquele que está solúvel, seja no solo, seja em corpos hídricos (Guedes et al., 2021; Pereira; Gomes, 2021).

Este estudo teve por objetivo, avaliar a produção de milho em diferentes manejos com fertirrigação utilizando vinhaça como fonte de potássio e cloreto de potássio.

2. Material e Métodos

2.1 Local experimental e dados climáticos

O ensaio foi conduzido na área experimental do IF Goiano pela empresa Pulveriza Soluções Agrícolas, na cidade de Rio Verde, Goiás, Brasil, localizada na região sudoeste do estado, nas coordenadas geográficas 17°48'29.3"S e 50° 53' 57.9"W; com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928) e Alvares et al. (2013), como A_w (tropical), com chuva entre os meses de Outubro a Maio e, com seca nos meses de Junho a Setembro.

A temperatura média anual possui pequena variação sazonal, apresentando média de 23,8 °C, concentrando os maiores valores no mês de Outubro, com 24,5 °C, e os menores valores no mês de Julho, com 20,8 °C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1.430 e 1.650 mm, concentrados de Outubro a Maio, ocasião em que são registradas mais de 80% do total das chuvas e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

2.2 Plantio e cultivar de milho

O milho foi semeado em 03/03/2022, utilizando uma semeadora de 5 linhas com sistema de distribuição de sementes por disco horizontal. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 m com 3 plantas por metro linear, numa representatividade de 66.666 plantas por hectare. Foi utilizado o híbrido AS1820 PRO3 de milho. O sistema de plantio utilizado foi o de plantio direto, tendo como cultura antecessora a cultura da soja na safra 2021/22.

2.3. Análises do solo de plantio

Antes da instalação do experimento, foram efetuadas coletas de solo deformado, para a caracterização físico-química, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), fase Cerrado de textura argilosa (Santos et al., 2018) (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho Distroférrico, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, na área experimental, região Sudoeste de Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Prof.	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V
		g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³			---	mmolc.dm ⁻³	---		-%-
0-20	5,2	41	9	4,3	19	10	0	52	85,3	39
20-40	5,2	33	7	3,4	16	8	0	52	79,4	35

Prof	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia
	-- % --			mg.dm ⁻³				-----	g.kg ⁻¹	-----
0-20	0	-	0,23	3,3	31	4,8	0,5	366	166	468
20-40	0	-	0,28	3,6	31	3,5	0,4	420	432	148

Nota: Prof. = profundidade. P (Fósforo) = Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco) = Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio) = KCl 1 mol.L⁻¹; S (Enxofre) = Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol.L⁻¹; M.O. = Método colorimétrico; B (Boro) = água quente. T = Capacidade de troca catiônica; V = saturação de bases; m = saturação de alumínio; M.O. = Matéria orgânica. Fonte: Autores, 2022.

2.4 Delineamento experimental e tratos culturais

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de experimento simples, com 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco manejos de

adubação de K em cobertura na cultura do milho, utilizando vinhaça e KCl via fertirrigação. As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas de 6 m de comprimento (13,5 m²), totalizando uma área ocupada pelo experimento de 540 m² (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos sobre fertirrigação em milho na área experimental localizada no Sudoeste do Estado de Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Tratamento	Dose K (kg ha ⁻¹)	Manejo
KCl	200	100% da dose de potássio aplicado via cloreto de potássio no estágio fenológico de V4 na cultura do milho.
Vinhaça	200	100% da dose de potássio aplicado via vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho.
Vinhaça + KCl	200	50% da dose de potássio aplicado via cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho.
Vinhaça 2x	200	100% da dose de potássio aplicado via vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.
Vinhaça 2x + KCl 2x	200	50% da dose de potássio aplicado via cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.

Nota: KCl= Cloreto de potássio. Fonte: Autores, 2022.

Os tratamentos de cobertura foram aplicados a lanço, aos 09 dias após a semeadura (12/03/2022), quando as plantas estavam no estágio fenológico de V1. No momento do plantio foi efetuado tratamento de sementes com; Standak® Top – 200 mL 100 kg⁻¹ + Policote Seeds Titanium Verde – 3 mL kg⁻¹, não teve adubação de base. Os demais manejos nutricionais seguem na (Tabela 3).

Tabela 3. Adubação de plantio e cobertura; milho vinhaça na área experimental no Sudoeste do Estado de Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Época	Data	Método	Adubo/Fonte	Qualidade	Garantias
Plantio	03/03/2022	Sulco	N/A	N/A	
V1	12/03/2022	Cobertura	04-14-08	108 kg ha ⁻¹	
V1	12/03/2022	Cobertura	Ureia	100 kg ha ⁻¹	45% N ₂

Fonte: Autores, 2022.

Conforme a necessidade, foi efetuada aplicações de produtos fitossanitários com a utilização de um pulverizador costal elétrico, para o controle de plantas daninhas, insetos-praga e doenças na cultura do milho (Tabela 4).

Tabela 4. Pulverizações de produtos fitossanitários na cultura do milho em experimento realizado no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Aplicação	Finalidade	Época	Data	Dose e Produto Comercial e Princípios Ativos
Pré-Emergente	Herbicida	V0	04/03/2022	Gramoxone - 2 L/ ha ⁻¹ + Kelps Terpon - 0,1 L/ ha ⁻¹
1 ^a	Inseticida/Herbicida	V1	10/03/2022	Galil + Atrazina - 2,5 kg/ ha ⁻¹
2 ^a	Herbicida	V3	19/03/2022	Glifosato - 2 kg/ ha ⁻¹ + Atrazina - 3 kg/ ha ⁻¹
3 ^a	Inseticida/Fungicida/Nutrição	V5	26/03/2022	Talisman - 700 mL/ ha ⁻¹ + ScoreFlex - 300 mL/ ha ⁻¹ + Sherife - 0,15 L/ ha ⁻¹
4 ^a	Herbicida	V6	29/03/2022	Glifosato - 2 L/ ha ⁻¹ + Atrazina - 3 kg/ ha ⁻¹
5 ^a	Inseticida/Fungicida	V6	09/04/2022	Mancozeb - 3,2 kg/ ha ⁻¹ + Sphere Max - 200 mL/ ha ⁻¹ + Abacus - 300 mL/ ha ⁻¹ + Talisman - 1,0 L/ ha ⁻¹ + Kelps Terpon - 0,1 L/ ha ⁻¹
6 ^a	Inseticida/Nutrição	V9	18/04/2022	Galil - 700 mL/ ha ⁻¹ + Expedition - 500 mL/ ha ⁻¹ + Ampligo - 200 mL/ ha ⁻¹ + Asgard Kupfer - 100 mL/ ha ⁻¹ + Asgard Zitherium - 100 mL/ ha ⁻¹

Fonte: Autores, 2022.

2.5 Análises do material in natura

Foi colhido por parcela a área útil de 3,6 m², sendo determinados através da medição de duas espigas, e nesta ocasião foram avaliados o número de espigas (contagem do número de grãos em duas espigas coletadas aleatoriamente, Comprimento de espiga (medição de duas espigas por tratamento utilizando uma fita métrica); Diâmetro de espiga (medição do diâmetro da espiga utilizando um paquímetro eletrônico); Número de fileiras de grãos (contagem manual de quantas fileiras de grãos por espiga); Número de grãos por fileira (contagem manual de quantos grãos tem em cada fileira por espiga); Número de grãos por planta (contagem de grão por planta, todo processo foi realizado de forma manual); Massa de grãos por planta (pesagem do grãos a partir da amostra de produtividade, com correção da umidade para 14%); A produtividade de grãos e a quantidade de sacas por hectare (colheita das plantas com debulha das espigas e pesagem dos grãos com correção da umidade para 14%).

2.6 Análise estatística

Os dados das variáveis obtidas, foram submetidos à análise da variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, foi realizada a análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis doses (D). Para o fator fontes (F), as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey com 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar[®] (Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 5 mediante análise foi possível constatar que os tratamentos empregados não proporcionaram efeitos significativos para nenhuma das variáveis analisadas sobre o cultivar de milho híbrido AS1820 PRO3. A ausência de efeito significativo em função dos tratamentos empregados pode ser interpretada como um resultado negativo ou até mesmo, pela existência de falhas experimentais, no entanto, pode se constatar a homogeneidade dos dados coletados tendo em vista os baixos valores dos coeficientes de variação empregados.

Tabela 5. Número de espigas por planta (NEP), número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos por fileira (NGF) e número de grãos por planta de milho (NGP), submetido a aplicação de potássio via cloreto de potássio e vinhaça concentrada, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil, safra 2022.

Tratamento	NEP	NFG	NGF	NGP
KCl	1,02 a	17,20 a	36,90 a	636,00 a
Vinhaça	1,00 a	18,20 a	37,30 a	682,40 a
Vinhaça+KCl	1,05 ab	17,00 a	37,40 a	636,30 a
Vinhaça 2x	1,13 a	17,40 a	38,34 a	666,57 a
Vinhaça 2x + KCl 2x	1,05 ab	17,60 a	36,00 a	634,70 a

Nota: Letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; KCl = 100% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio no estágio fenológico de V4 na cultura do milho; Vinhaça = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho; Vinhaça 2x = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; Vinhaça + KCl = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho; Vinhaça 2x + KCl 2x = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho. Fonte: Autores, 2022.

Na Tabela 6, mesmo não sendo detectadas diferenças significativas, ainda sim foi possível observar que as características avaliadas apresentaram comportamentos relevantes e dignos de atenção, apontando a necessidade de estudos complementares. Neste caso, quando se compara os tratamentos, nota-se que na presença de vinhaça + KCl notou-se o menor número de massa de grãos por planta, produtividade de grãos e número de sacas de grãos. É importante destacar que estas características são vitais para a manutenção dos componentes de produtividade da cultura do milho, portanto tratamentos que estimulem os incrementos destas características podem ter boa aceitação entre os produtores rurais. Por outro lado, somente os tratamentos com vinhaça observou-se incrementos numéricos para comprimento de espiga e massa de grãos por planta, o que permitiu manter a produtividade de grãos maior que os demais tratamentos.

Para os tratamentos com KCl mesmo apresentando menor comprimento de espiga e massa de grãos por planta, permitiram manter a produtividade de grãos semelhante aos demais tratamentos. Mediante a esta análise é possível concluir que o KCl, sem a utilização de vinhaça apresentou resultados semelhantes aos tratamentos com vinhaça + KCl e vinhaça 2x + KCl 2x. No entanto, é prudente destacar que todas as avaliações foram realizadas no estágio reprodutivo das plantas de milho, dessa forma, acredita-se que os efeitos do K e do KCl nos tratamentos não tenham sido suficientes para os incrementos dos componentes de produtividade.

É válido destacar que ambos os produtos empregados, possuem recomendações para a aplicação, e por isso, foram implementados tratamentos combinando com aplicações de vinhaça e KCl. Neste caso, quando se compara estes dois tratamentos, nota-se que a aplicação de vinhaça proporcionou resultados promissores para os componentes de produtividade de grãos e número de sacas de grãos. Dessa forma, o resultado que mais carece de estudos investigativos é a redução dos componentes de produtividade quando aplicado vinhaça + KCl. A princípio, este resultado pode ser atribuído às proporções dos traços de fitohormônios presentes em sua composição.

Resultados similares aos nossos, foram obtidos e descritos por Bebé et al. (2008) onde avaliaram a cultura de milho com aplicações de doses de vinhaça como fonte de K no Estado de Pernambuco onde a aplicação de 100% sobre a recomendação de K na fonte vinhaça, notaram que não foi suficiente para o máximo desenvolvimento de plantas de milho.

Embora nossos achados não tenham apresentado incrementos sobre o cultivar híbrido de milho avaliado, outros estudos divergem de nossos resultados para diferentes híbridos de milho onde a fonte de K veio do rejeito de usinas de produção de etanol. Silva et al. (2019) encontraram resultados positivos com a aplicação de vinhaça em plantas de milho cultivar híbrido Dekalb 290 PRO 3[®], com exceção apenas no diâmetro da planta na dose de 8759 L ha⁻¹. A massa de matéria fresca e seca da planta de milho, apresentou melhor desempenho na dose de 35 kg ha⁻¹ (8750 L ha⁻¹).

Basso et al. (2013) também descrevem bons resultados avaliando fonte de K a partir da fertirrigação com vinhaça em sucessão aveia preta/milho silage/milho safrinha, observaram diferença significativa para a altura de planta do

milho silagem e para as produtividades de matéria seca da parte aérea da aveia preta, milho silagem (forragem e produtividade de grãos de milho safrinha. Esses autores ainda complementam que não houve diferença significativa entre os teores totais foliares de K para as culturas de aveia preta e milho silage, bem como para a massa de mil sementes do milho safrinha. Esses autores ainda observaram que o fornecimento de K via adubação mineral com o tratamento onde somente foi aplicado N e P sem vinhaça, a adição de K incrementou em 26% a produtividade de grãos de milho safrinha. Na comparação entre produtividade de grãos de milho versus doses de vinhaça, Basso e colaboradores verificaram que a maior produtividade 5,15 Mg ha⁻¹ foi observada na aplicação de 100 m³ ha⁻¹ de vinhaça.

Tabela 6. Diâmetro de espiga (DE), comprimento de espiga (CE), massa de grãos por planta (MGPlanta), produtividade de grãos (PROD) e número de sacas de grãos (SCHA) de milho, submetido a aplicação de potássio via cloreto de potássio e vinhaça concentrada, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil, safra 2022.

Tratamento	DE (mm)	CE (cm)	MGPlanta (g planta ⁻¹)	PROD (kg ha ⁻¹)	SCHA
KCl	50,19 a	18,50 a	135,22 a	5218,63 a	86,98 a
Vinhaça	49,64 a	18,90 a	157,35 a	5855,62 a	97,59 a
Vinhaça + KCl	49,34 a	18,50 a	129,65 a	5125,41 a	85,42 a
Vinhaça 2x	48,76 a	18,50 a	164,08 a	5794,68 a	96,58 a
Vinhaça 2x + KCl 2x	49,42 a	18,70 a	144,41 a	5187,71 a	86,46 a

Nota: Letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; KCl = 100% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio no estágio fenológico de V4 na cultura do milho; Vinhaça = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho; Vinhaça 2x = 100% da dose de potássio aplicado via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; Vinhaça + KCl = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 na cultura do milho; Vinhaça 2x + KCl 2x = 50% da dose de potássio aplicado via Cloreto de potássio e 50% via Vinhaça concentrada no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho. Fonte: Autores, 2022.

4. Conclusões

O uso de vinhaça e cloreto de potássio associado à aplicação via fertirrigação, não proporcionou efeitos significativos aos componentes de produtividade da cultura do milho utilizando o cultivar híbrido AS1820 PRO3. Portanto são necessários estudos complementares para elucidar inúmeros pontos acerca desta tecnologia utilizando resíduo agroindustrial sobre esse e outros híbridos de milho.

5. Agradecimentos

Ao Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil; ao Instituto Federal Goiano, IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil; ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil.

6. Contribuições dos autores

Juliana Pereira de Sousa: desenvolvimento experimental de campo e laboratorial, escrita do estudo, correções gramaticais e científicas, e submissão do estudo ao periódico científico. *Fernando Rodrigues Cabral Filho*: orientador, análise estatística, correções gramaticais e científicas. *Christiano Lima Lobo de Andrade*: acompanhamento de campo e laboratorial, análise estatística, escrita e correção gramatical e científica. *Marconi Batista Teixeira*: revisor do estudo, análise de mercado e lucratividade, *Daniely Karen Matias Alves*: desenvolvimento experimental, coleta de água residuária de suinocultura, plantio, e cuidados culturais e *Nelmício Furtado da Silva*: desenvolvimento experimental, revisor do manuscrito, correções gramaticais.

7. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

8. Aprovação ética

Não aplicável.

9. Referências

- Andrade, F. P. (2012). *Uso da vinhaça na fertirrigação: revisão da literatura sobre a técnica e seus benefícios*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Escola de Engenharia de Lorena. Universidade Federal de São Paulo, Lorena.
- Basso, C. J., Santi, A. L., Lamego, F. P., Somavilla, L., & Brigo, T. J. (2013). Vinhaça como fonte de potássio: resposta da sucessão aveia-preta/milho silagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na região noroeste do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 43(4), 596-602. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000400006>
- Bebé, F. V., Silva, G. B., Barros, M. F. C., & Campos, M. C. C. (2008). Desenvolvimento do milho e alterações químicas em solo sob aplicação de vinhaça. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 8(20), 191-196. <http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/21desenvolvimento-518171008f6f3.pdf>
- Bonini, F.G. (2019). *Benefícios do potássio na adubação, revista cultivar*. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/noticias/beneficios-do-potassio-na-adubacao>>. Acesso em 18 de dezembro de 2022.
- Campos, C. M., Milan, M., & Siqueira, L. F. F. (2008). Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, 28(3), 554-564. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000300016>
- Coelho, A. M. *O potássio na cultura do milho*. In: Yamada, T.; Roberts, T. L. (Ed.). Simpósio sobre potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 610-658.
- Farinelli, R.; Mussi, L. E. & Mancini, R. T. (2017). Uso de resíduos agroindustriais de cana-de-açúcar na adubação da cultura do milho. *Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB*, 13(2), 65-73. <https://doi.org/10.4322/1980-0029.162017>
- Fernandes, M. S. (2006). *Nutrição Mineral de Plantas*. 1 ed. Viçosa: UFV, 432 p. (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo).
- Fialho, M. Ç., Carneiro, A. P. C., Reis, K. P., Campos, O. N., Franco, M. V. (2019). O impacto da vinhaça produzida pela cana-de-açúcar na produção de etanol – poluição ambiental. *Intr@ciência*, 17, 1-14. http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20190312105011.pdf
- Filho, A. C. M., & Ventura, H. C. (2021). Can sowing speed affect corn yield? *Revista de Agricultura Neotropical*, 8(3), e6486. <https://doi.org/10.32404/rean.v8i3.6486>
- Gondim, A. R. D. O., Prado, R. M., Fonseca, I. M., & Alves, A. U. (2016). Crescimento inicial do milho cultivar brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. *Ceres*, 63(5). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663050016>
- Guedes, E., Santos, R. F., Guedes, C. R., Souza, E. P., & Cardoso, A. I. I. (2021). Fontes de potássio para produção e qualidade de tomate cultivado em sistema orgânico em ambiente protegido. *Research, Society and Development*, 10(14), e484101422169. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22169>
- Hagvall, K., Persson, P., & Karlsson, T. (2015). Speciation of aluminum in soils and stream waters: The importance of organic matter. *Chemical Geology*, 417, 32-43. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2015.09.012>
- International Plant Nutrition Institute. (2013). *Nutri – Fatos. Informações agronômicas sobre nutrientes para plantas, Potássio*.
- Labegalini, N. S., Buchelt, A. C., Andrade, L., Oliveira, S. C., & Campos, L. M. (2016). Desenvolvimento da cultura do milho sob efeitos de diferentes profundidades de compactação do solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3(4), 7-11. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i4.1102>

- Lana, R. M. Q., Hamawaki, O. T., Lima, L. M. L., & Júnior, L. A. Z. (2002). Resposta da soja a doses e modos de aplicação de potássio em solos do cerrado. *Bioscience Journal*, 18(2), 17-23. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6415>
- Lázaro, R. L., Costa, A. C. T., Silva, K. F., Sarto, M. V. M., & Duarte Júnior, J. B. (2013). Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43, 10-17. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000100008>
- Lima, J. C., Nascimento, M. N., Jesus, R. S., Silva, A. L., Santos, A. R., & Oliveira, U. C. (2020). Crescimento inicial e diagnose nutricional de plantas de milho cultivadas com omissão de macronutrientes em argissolo. *Nativa*, 8(4), 567-571. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i4.9033>
- Maliszewski, E. (2020). *Vinhaça por irrigação aumenta rendimentos na cana*, Agrolink. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/vinhaca-por-irrigacao-aumenta-rendimentos-na-cana_435918.html. Acesso em 18 de dezembro de 2022.
- Martins, Y. A. M., Barbosa, K. P., Silva, P. C., Costa, R. A., & Costa, A. R. (2013). Aplicação de diferentes doses de vinhaça sob o desenvolvimento vegetativo de plantas de milho. *Enciclopédia Biosfera*, 9(16), 277-284. <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/APLICACAO%20DE%20DIFERENTES.pdf>
- Menezes, J. F. S., Berti, M. P. S., Júnior, V. D. V., Ribeiro, R. L., & Berti, C. L. F. (2018). Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(3), 55-59. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i3.1645>
- Nascimento, R. T., Pavan, B. E., Guerra, E. D., & Lima, F. N. (2014). Seleção massal em variedades de milho crioulo no sul do Piauí. *Nativa*, 2(2), 114-118. <https://doi.org/10.31413/nativa.v2i2.1500>
- Neves, L. S., Ernani, P. R., & Simonete, M. A. (2009). Mobilidade do potássio em solos decorrentes da adição de doses de cloreto de potássio. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 33(1), 25-32. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100003>
- Novais, S. A. (2022). *Potássio (K)*, Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/potassio.htm>. Acesso em 18 de dezembro de 2022.
- Oliveira, E. L., Andrade, L. A. B., Faria, M. A., Evangelista, A. W. P., & Morais, A. R. (2009). Uso de vinhaça de alambique e nitrogênio em cana-de-açúcar irrigada e não irrigada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(11), 1398-1403. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001100005>
- Oliveira, L. R., Filho, M. C. F., Montes, R. M., Benett, K. S. S., & Benett, C. G. S. (2022). Sources and doses of potassium on yield components of soybean and sorghum. *Revista de Agricultura Neotropical*, 9(4), e7016. <https://doi.org/10.32404/rean.v9i4.7016>
- Oliveira, S. M. (2021). *Como fazer adubação de potássio no milho para altas produtividades?* T.2 Ep.19, Santa Helena Sementes. Disponível em: <https://santahelenasementes.com.br/santadica/manejo-de-solo/adubacao-de-potassio-no-milho/>. Acesso em 18 de dezembro de 2022.
- Pavinato, P. S., Ceretta, C. A., Giroto, E., & Moreira, I. C. L. (2008). Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, 38(2), 358-364. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200010>
- Pereira, A. C., & Gomes, M. R. S. (2021). Biotita e flogopita como fonte alternativa de potássio para fertilizante: extração hidrometalúrgica. *Revista Geociências*, 40(3), 781-786. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v40i03.13764>
- Pereira, I. Z., Santos, I. F. S., Silva, H. L. C., & Barros, R. M. (2019). Uma breve revisão sobre a indústria sucroalcooleira no Brasil com enfoque no potencial de geração de energia. *Revista Brasileira de Energia*, 25(2), 111-130. <https://doi.org/10.47168/rbe.v25i2.477>
- Pereira, C. S., Geise, E., Fiorini, I. V. A., & Lange, A. (2018). Épocas de semeadura de milho na região norte de Mato Grosso. *Nativa*, 6(3), 241-245. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i3.5471>
- Roberts, T. L. (2005). World reserves and production of potash. In: Yamada, T., & Roberts, T. L. (Eds.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Instituto da Potassa e fosfato, 1-20. <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1098/1/09.%20MRI%20-%20P%20C%20B%20de%20Rochas.pdf>

- Rodrigues, M. A. C., Buzetti, S., Filho, M. C. M. T., Garcia, C. M. P., & Andreotti, M. (2014). Adubação com KCL revestido na cultura do milho no Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(2), 127-133. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000200001>
- Sales, M. (2022). *Agricultura Familiar: Milho Irrigado Reforça a Produtividade Roraimense, Roraima em Foco*. Disponível em: <https://roraimaemfoco.com/agricultura-familiar-milho-irrigado-reforca-a-produtividade-roraimense/>. Acesso em 18 dez. 2022.
- Silva, A., Ruiz, J. G. C. L., Viana, L. M., Viana, L. M. (2019). Resposta da cultura do milho à aplicação de vinhaça como fonte de potássio. *Campo Digit@l: Revista de Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias*, 14(1), 40-46. <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital>
- Silva, S. F., Garcia, G. O., Reis E. F., & Dalvi L. P. (2016). Uso agrícola da vinhaça para produção de forragem de milho durante três anos de cultivo. *Irriga & Inovagri*, 1(1), 59-69. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p59-69>
- Silva, S. F. (2017). Uso agrícola da vinhaça: efeitos no solo, nutrição e produtividade na cultura do milho. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/7610>. Acesso em: 28 ago. 2019.
- Silva, F. J., Oliveira, C. A. A., Almeida, L. S., Lima, L. P., & Guimarães, E. C. (2017a). Variabilidade especial da resistência do solo à penetração e produtividade do milho. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(3), 77-84. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i3.1625>
- Silva, L. M., Basílio, S. A., Júnior, R. L. S., Benett, K. S. S., & Benett, C. G. S. (2017b). Aplicação de nitrogênio, potássio e cálcio na cultura da cenoura. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(3), 69-76. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i3.1412>
- Soares, B. L. (2022). Adubo para milho: quais as recomendações e dicas sobre os principais nutrientes para maximizar a produtividade e rentabilidade da sua produção para grãos ou silagem. Disponível em: <https://sementesbiomatrix.com.br/blog/fertilidade/adubo-para-milho/>. Acesso em 18 de dezembro de 2022.
- Valderrama, M., Buzetti, S., Benett, C. G. S., Andreotti, M., & Filho, M. C. M. T. (2011). Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(2), 254-263. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i2.8390>
- Vieira, M. S., Oliveira, F. H. T., Santos, H. C., & Medeiros, J. S. (2016). Capacidade de suprimento de potássio em doze classes de solos em função de cultivos sucessivos de milho. *Revista de Ciências Agrárias*, 59(3), 219-227. <https://cepnor.ufra.edu.br/index.php/cepnor/article/view/1910>
- Zhao, J., Chena, S., Hua, R., & Li, Y. (2017). Aggregate stability and size distribution of red soils under different land uses integrally regulated by soil organic matter, and iron and aluminum oxides. *Soil & Tillage Research*, 167, 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.11.007>
- Ziech, A. R. D., Conceição, P. C., Heberle, C. T., Cassol, C., & Balim, N. M. (2016). Produtividade e componentes de rendimento de milho em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 15(2), 195-201. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n2p195-201>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).