

Produtividade do milho em diferentes manejos de adubação com água residuária de suinocultura

Allan Rodrigo Simão de Lima¹, Fernando Rodrigues Cabral Filho¹, Christiano Lima Lobo de Andrade¹, Marconi Batista Teixeira² & Daniely Karen Matias Alves²

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

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

Correspondência: Allan Rodrigo Simão de Lima, Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil. E-mail: allanrodrigo809@gmail.com

Recebido: Dezembro 08, 2022

Aceito: Dezembro 19, 2022

Publicado: Janeiro 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i1.245

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i1.245>

Resumo

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal de grande importância mundial. A cultura de *Z. mays* requer nutrientes, principalmente Nitrogênio. Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de matéria seca e grãos pela fertirrigação com água residuária de suínos em diferentes diluições. O teste foi realizado na área experimental do IF Goiano, Rio Verde - GO, Brasil, com altitude média de 720 m ao nível do mar. Os experimentos receberam os seguintes tratamentos, diluição em cinco proporções de água de abastecimento, sendo água residuária (0, 25, 50, 75 e 100%) de seu volume e duas fontes de N₂ (Uréia e Uréia Policote). Todos os tratamentos receberam aplicação de Standak[®]Top (200 mL 100 kg⁻¹) + Policote Seeds Titanium Verde (3 mL kg⁻¹) na época da semeadura. Efluentes suínos fornecem o maior tamanho de grão, massa seca e rendimento de grãos. A água residuária da suinocultura tem grande potencial para suprir a demanda nutricional da cultura do milho, podendo substituir parcialmente a adubação mineral. Com relação ao aspecto nutricional da planta, a água residuária da suinocultura é uma boa opção para adubação do milho.

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

Corn productivity in different fertilization managements with swine wastewater

Abstract

Corn (*Zea mays* L.) is a cereal of great importance in the world. Culture of *Z. mays*, requires nutrients mainly Nitrogen. This study aimed to evaluate the production of dry matter and grains by fertigation with swine wastewater at different dilutions. The test was carried out in the experimental area of the IF Goiano, Rio Verde - GO, Brazil, with an average altitude of 720 m at sea level. The experiments received the following treatments, dilution in five proportions of water supply, being wastewater (0, 25, 50, 75 and 100%) of its volume and two sources of N₂ (Urea and Urea Policote). All treatments received the application of Standak[®]Top (200 mL 100 kg⁻¹) + Policote Seeds Titanium Verde (3 mL kg⁻¹) at sowing time. Swine wastewater provides the highest grain size, dry mass, and grain yield. Wastewater from swine farming has great potential to supply the nutritional demand of the corn crop, where it can partially replace mineral fertilization. Regarding the nutritional aspect of the plant, swine wastewater is a good option for fertilization of corn.

Key words: *Zea mays*, fertirrigation, swine wastewater, nutrient cycling.

1. Introdução

Quanto à origem do milho (*Zea mays* L.) existem diversas teorias, a mais aceita é que, este cereal tenha sido originado do teosinto no México, há mais de 8.000 anos. Por sua vez é distribuído e cultivado em diversas partes do mundo como: Estados Unidos da América, República Popular da China, Índia, Brasil, França, Indonésia, África do Sul, etc (Barros; Calado, 2014), e no Brasil, esse grão pode ser cultivado em qualquer região, inclusive no semiárido, embora sofrendo instabilidade de cultivo devido a condicionante climática e hídrica (Lopes et al., 2019). O milho é uma gramínea pertencente a família Poaceae que possui valor nutricional elevado, devido às

reservas acumuladas nos grãos como amido e óleo fixo, este cereal é considerado uma das principais fontes de energia para alimentação humana e animal, além de possuir grande importância na produção de matéria prima para as indústrias principalmente alimentícia (Rafael, 2021; Silva et al., 2022).

A cultura do milho possui cadeia produtiva de grande importância socioeconômica no cenário brasileiro (Abreu, 2019). No agronegócio do Brasil, a cultura do milho vem influenciando cada vez mais na economia nacional e internacional, onde seu rendimento na produção de grãos, vem representando uma grande relevância positiva para o mercado brasileiro (Pereira et al., 2016), com isso, o Brasil se destaca por ser um grande produtor de milho quando se fala em quantidade de grãos colhidos e em área plantada, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China (Usda, 2021).

O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking de maior produtor mundial de milho, com produção total de 115.223,1 mil toneladas e área plantada de 21.661,2 mil hectares, resultando em uma produtividade média de 5.319 kg ha⁻¹ (Conab, 2022). A produção de milho na safra 2021/22, apresentou aumento de 32,3% em relação à safra anterior, enquanto que em área plantada obteve um aumento de 8,6% (Conab, 2022).

O cultivo do milho se apresenta como uma das principais culturas do segmento econômico do agronegócio brasileiro, em âmbito nacional, o grão obteve a posição de segundo lugar entre os grãos mais exportados no mundo (Souza et al., 2018). Em âmbito nacional o milho tem sido cultivado em diferentes condições ambientais, desde as regiões mais quentes até as mais frias, com baixas altitudes e latitudes, proporcionando diferentes potências de produtividade. Um diferencial comparado a outros países, o cultivo brasileiro onde se divide em primeira e segunda safra, em relação à produção do grão, com isso, o milho ocupa a segunda posição nacional, ficando atrás da cultura de soja (Artuzo et al., 2022).

No Brasil o milho está presente em todos os Estados da federação, apresentando grande potencial regional, além de diversificado nível tecnológico bem distinto, o Estado de Goiás é o quarto maior produtor da cultura do milho no Brasil, onde participa com quase 10% de toda produção nacional (Neto, 2019). Na safra 2021/22 o milho ocupou no país cerca de 30,3% da área total cultivada no período de verão, onde o Estado do Rio Grande do Sul foi responsável por 4,3% dessa área, com 2,7% do total da produção brasileira (Conab, 2022).

O município de Rio Verde no sudoeste goiano, representa um dos seis principais municípios produtores de milho de Goiás, este município, obteve produção de 1.328,100 mil toneladas, onde correspondeu a 14% da produção total do estado (Ibge, 2018), dessa forma tem forte tendência de crescimento na demanda e produtividade da cultura.

Para ter produtividade do milho elevada, deve conter boa disponibilidade de nutrientes por parte do solo para a cultura, os nutrientes são de extrema importância para suprir a necessidade do crescimento das plantas, o seu fornecimento é através da adubação (Oliveira, 2021).

O solo é a principal fonte de N₂ (Nitrogênio) para as plantas, onde a matéria orgânica é a fração do solo mais rica nesse nutriente. Para que se atenda as exigências nutricionais da cultura do milho e com intuito de repor o N₂ exportado por meio da colheita dos grãos, tem-se a necessidade de repor N₂ nos sistemas produtivos (Oliveira Neto et al., 2016), onde acontece na maioria das vezes por meio de fertilizantes minerais nitrogenados.

A adubação por meio de fertilizantes químicos na cultura do milho, tem sido uma ferramenta muito eficiente e indispensável para que se tenha aumento expressivo da produtividade da cultura (Galvão et al., 2014). Em razão de aumento do número de grãos por espiga e nos teores de proteína, nutrientes minerais, produtividade e qualidade do milho são positivamente influenciadas pela adubação nitrogenada Cantarella (2007) e Silva et al (2015). O N₂ é o mineral que as plantas requerem em maiores quantidades, esse elemento está presente em aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, etc. O N₂ é constituinte do primeiro grupo elemental essencial, que o torna o mais limitante à produção quando suprido de forma adequada durante os estádios iniciais de desenvolvimento da plântula (Biesdorf et al., 2016; Taiz; Zeiger, 2017).

Quando se procura acréscimo de produtividade, por consequência tem o aumento da procura nutricional, cujo N₂ é o nutriente mais absorvido e extraído pela cultura do milho (Moreira et al., 2019). Afinal, existe insegurança sobre a disponibilidade de fertilizantes para futuras safras do Brasil, uma Versão Final Homologada 03/08/2022 12:05 visto que o seu maior fornecedor é a Rússia. No ano de 2021, o Brasil importou 85% dos fertilizantes que foram utilizados em suas lavouras, com representatividade de 43 milhões de toneladas, e destes 73%, foram destinados para as culturas de soja, milho e de cana de açúcar. Quanto aos principais macronutrientes, a demanda de importação para o N₂ é de 75%, P (Fósforo) 55% e de K (Potássio) com 94% (Almeida; Carranço, 2022).

A água residuária de suinocultura surge como uma fonte alternativa de adubação nitrogenada para grandes culturas. É um produto produzido constantemente nas granjas de criação de porcos a partir da defecação desses animais. A água residuária ainda apresenta nutrientes de grande importância para a cultura do milho, principalmente o N₂ e K,

em sua composição, a água residuária tem o objetivo de reduzir as doses de fertilizantes minerais necessárias para a cultura (Abreu, 2019).

Os nutrientes necessários para o desenvolvimento de grandes culturas são encontrados em níveis consideráveis nas águas residuárias (Alves et al., 2018) de origem animal, em especial de suinocultura. As fontes de água residuária de suinocultura, sobretudo, fornecem os nutrientes ao solo, tais como o N₂, K, P, Magnésio (Mg) e Cálcio (Ca), entre outros, que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento de diversas culturas.

Sendo assim, a aplicação de água residuária como fonte de adubação N₂ é um dos caminhos para a redução do consumo de fertilizantes minerais pelo milho entre outras culturas (Silva, 2017). Neste sentido, este estudo teve por objetivo avaliar o uso de água residuária de suinocultura como fertirrigação na cultura do milho em diferentes manejos.

2. Material e Métodos

2.1 Local experimental e dados climáticos

O ensaio foi conduzido na área experimental do IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil, pela empresa Pulveriza Soluções Agrícolas, 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 distroférico (LVdf), fase Cerrado de textura argilosa (Santos et al., 2018) (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho Distroférico, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Prof.	pH	M.O. g.dm ⁻³	P mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg --- mmolc.dm ⁻³ ---	Al	H+Al	T	V -%-
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 N₂ em cobertura na cultura do milho, utilizando ureia e água residuária de suinocultura via fertirrigação. As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas de 6 metros de comprimento (13,5 m²), totalizando uma área ocupada pelo experimento de 540 m² (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos experimentais em campo, localizado no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Tratamento	Dose de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Manejo	Data de Aplicação	
Ureia	120	100% da dose de nitrogênio aplicado via Ureia no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.	28/03/2022	13/04/2022
ARS	120	100% da dose de nitrogênio aplicado via Água Residuária de Suinocultura no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.	28/03/2022	13/04/2022
50%Ureia + 50% ARS	120	50% da dose de nitrogênio aplicado via Ureia e 50% via ARS no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.	28/03/2022	13/04/2022
25%Ureia + 75% ARS	120	25% da dose de nitrogênio aplicado via Ureia e 75% via ARS no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.	28/03/2022	13/04/2022
75%Ureia + 25% ARS	120	75% da dose de nitrogênio aplicado via Ureia e 25% via ARS no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho.	28/03/2022	13/04/2022

Nota: ARS = Água residuária de suinocultura. 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, e milho água residuária de suinocultura em experimento no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasi, 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
1ª	Inseticida/Herbicida	V1	10/03/2022	Galil + Atrazina - 2,5 kg/ ha-1
2ª	Herbicida	V3	19/03/2022	Glifosato - 2 kg/ ha-1 + Atrazina - 3 kg/ ha-1
3ª	Inseticida/Fungicida/Nutrição	V5	26/03/2022	Talisman - 700 mL/ ha-1 + ScoreFlex - 300 mL/ ha-1 + Sherife - 0,15 L/ ha-1
4ª	Herbicida	V6	29/03/2022	Glifosato - 2 L/ ha-1 + Atrazina - 3 kg/ ha-1
5ª	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
6ª	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 o número de fileiras de grãos e número de grãos por planta apresentou resultado significativo para Ureia e ARS de N₂ aplicado, para demais análises e tratamentos acompanhados durante o experimento, os resultados não obtiveram interação entre si, tais como, os tratamentos 50% Ureia + 50% ARS, 25% Ureia + 75% ARS e 75% Ureia + 25% ARS, número de espigas por planta e número de grãos por fileira. Número de fileiras de grãos e número de grãos por planta apresentou interação significativa quando aplicado ARS 100% da dose de N. O

Número de fileiras de grãos e número de grãos por planta não apresentam iteração para as demais doses de nitrogênio analisada.

O efeito da água residuária de suinocultura como adubação nitrogenada na nutrição e produtividade da cultura do milho, onde pode-se verificar que a disponibilidade de N via fertirrigação proporcionou incremento em fileiras de grãos e número de grãos por planta na cultura do milho.

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 (NGP), submetido a aplicação de nitrogênio via ureia e água residuária de suinocultura, Rio Verde, GO, safra 2022.

Tratamento	NEP	NFG	NGF	NGP
Ureia	1,10 a	12,20 b	36,40 a	444,15 b
ARS	1,15 a	12,60 b	35,80 a	451,55 b
50% Ureia + 50% ARS	1,02 a	17,20 a	37,30 a	641,40 a
25% Ureia + 75% ARS	1,05 a	16,60 a	37,10 a	615,00 a
75% Ureia + 25% ARS	1,05 a	17,00 a	36,10 a	613,50 a

Nota: Letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade; Ureia = 100% da dose de N₂ aplicado no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho. ARS = 100% da dose de N₂ aplicado via água residuária de suinocultura no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; 50% Ureia + 50% ARS = 50% da dose de N₂ aplicado via Ureia e 50% via ARS no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; 25% Ureia + 75% ARS = 25% da dose de N₂ aplicado via Ureia e 75% via ARS no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; 75% Ureia + 25% ARS = 75% da dose de N₂ aplicado via Ureia e 25% via ARS no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho. Fonte: Autores, 2022.

Na Tabela 6, é possível observar que a massa de grãos por planta em água residuária de suinocultura como fonte de nitrogênio para a cultura do milho foi de 107,32 (g planta⁻¹) onde pode-se ver o aumento da massa de material seca e apresentou resultado significativo, em comparação com a Ureia que foi de 98,29 (g planta⁻¹) onde o ganho de material seca obteve ganhos significativos menores.

Os altos níveis de N₂ e P no ARS promovem crescimento vegetal e fornecem as melhores condições para aumentar a massa de matéria seca (Spsito, 2018). De acordo com Medeiros (2018) o N₂ é responsável pela produção de novas células e tecidos nas plantas, aumentando o crescimento e atividade dos impactos favoráveis na absorção de macro e micronutrientes principalmente na cultura de milho.

Dutra (2016) constatou em estudo, que ARS é capaz de absorver maior nível de N₂, sobre a quantidade de matéria seca que se acumula no caule e folhas, é proporcional à quantidade de N₂ aplicado na planta de milho. Simão et al. (2017) afirmam que níveis mais altos de N₂ levado a plantas de milho resultam em indivíduos mais fortes e de maior produção de biomassa seca.

O rendimento de grãos utilizando as fontes de ARS é inferior ao encontrado por Costa et al. (2014) e Cabral Filho (2019), com relação a produtividade de milho irrigado e o seu rendimento máximo de grãos utilizando as fontes de água residuária de suinocultura é baixa. Embora nossos resultados tenham sido inferiores aos dos estudos citados, ainda é possível observar o aumento da produção à medida que a disponibilidade de N₂ é fornecida para a cultura do milho, o potencial da água residuária de suinocultura como fonte para fornecer N em adição para um aumento da produção, além de outros nutrientes.

Muitos efeitos positivos se tem quando a ARS é utilizada via fertirrigação, isto por que essa água residuária é um fertilizante rico em N₂. A água residuária de suinocultura tem a capacidade de reduzir os custos da produção e garante alta produtividade na cultura do milho (Locatelli et al., 2019).

Malafaia et al. (2016), observaram aumento nos teores de macronutrientes nas plantas de milho, demonstrando que a disponibilidade desses nutrientes em qualquer fonte de água residual, pode aumentar a absorção desses nutrientes pelas plantas de milho, ocorrendo diferença significativa entre outras fontes residuárias, cuja fonte ARS, proporcionou acúmulos de N₂ maior do que outras fontes biológicas ou sintéticas.

Segundo Oliveira et al. (2019), existe correlação entre a quantidade de N, P e K nos grãos e a produtividade do cultivo do milho. Como resultado, as quantidades desses nutrientes o uso da água residuária de suinocultura aumentou literalmente com melhora na produtividade, relacionado com descobertas do estudo atual (Simão et al. 2017).

Souza (2017) reforça que a disponibilidade de N influencia o acúmulo de potássio, que é influenciado tanto pelo K quanto pelo N nos tecidos vegetais. Silva (2016a), que relatou que cerca de 50 % do N total acumulado pela planta via ARS foi exportado para os grãos no final do ciclo do milho.

As altas concentrações de nutrientes incluídas a ARS pode estar relacionada ao bom desenvolvimento da cultura do milho para produção de silagem. Além de fornecer nutrientes, o ARS também fornece água para a planta, o que ajuda no seu crescimento. Esses achados são corroborados pela pesquisa realizada por Rosa et al. (2017) e Almeida et al. (2018), que constataram que doses crescentes de dejetos de suínos melhoraram a fertilidade do solo e o estado nutricional do cultivo do milho, levando a maiores rendimentos.

Dessa forma, com o uso adequado, o ARS tem potencial para eventualmente substituir o uso de fertilizantes minerais, estabelecendo uma ligação entre diversos setores produtivos graças ao ciclo (Sartor et al., 2012).

Quando se utiliza aplicação de fertilizante orgânico através do uso de ARS proporciona, no caso da injeção de água de suinocultura em superfície, proporciona produtividade de grãos bem significativa e a aplicação de ARS em superfície proporciona rendimento de grãos equivalentes ao uso de NPK em sua forma mineral (Damin et al., 2018).

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 nitrogênio via ureia e água residuária de suinocultura, município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Tratamento	DE (mm)	CE (cm)	MGPlanta (g planta ⁻¹)	PROD (kg ha ⁻¹)	SCHA
Ureia	49,08 a	17,50 a	98,29 b	5105,20 a	85,09 a
ARS	49,89 a	16,90 a	107,32 b	5727,11 a	95,45 a
50%Ureia + 50% ARS	51,14 a	17,30 a	128,41 a	5593,57 a	93,23 a
25%Ureia + 75% ARS	49,39 a	16,90 a	125,66 a	5435,97 a	90,60 a
75%Ureia + 25% ARS	49,74 a	16,80 a	126,39 a	5465,30 a	91,09 a

Nota: Letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade; Ureia = 100% da dose de nitrogênio aplicado via Ureia no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; ARS = 100% da dose de nitrogênio aplicado via água residuária de suinocultura no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; 50% Ureia + 50% ARS = 50% da dose de nitrogênio aplicado via Ureia e 50% via ARS no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; 25% Ureia + 75% ARS = 25% da dose de nitrogênio aplicado via ureia e 75% via ARS no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho; 75% Ureia + 25% ARS = 75% da dose de nitrogênio aplicado via Ureia e 25% via ARS no estágio fenológico de V4 e V8 na cultura do milho. Fonte: Autores, 2022.

4. Conclusões

O aumento da quantidade de nitrogênio aplicado via fertirrigação e a utilização da fonte água de suinocultura na cultura do milho, não influencia no diâmetro de espiga, comprimento de espiga, produtividade de grãos e número de sacas de grãos na cultura de *Z. mays*. O aumento da quantidade de nitrogênio aplicado via fertirrigação promove aumento na massa de grãos por planta. A água residuária de suinocultura produz maior produtividade em massa de grãos por planta ha⁻¹ em comparação com o uso de Ureia.

5. Referências

Abreu, P. A. S. (2019). *Irrigação por sulcos com efluente de fossa séptica biodigestor como fonte de nitrogênio na cultura do milho*. Dissertação (Agronomia: Irrigação e drenagem) – Unesp, Botucatu, 2019

- Almeida, A. C. S., Santos, H. O., Bortolo, D. P., Lourente, E. R. P., Cortez, J. W., & Oliveira, F. C. (2018). Soil physical properties and yield of soybean and corn grown with wastewater. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(12), 843-848. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n12p843-848>
- Almeida, P. (2022). Embrapa prepara caravana para economia de US\$ 1 bilhão em fertilizantes. CNN Brasil, Rio de Janeiro. Disponível em <https://www.cnnbrasil.com.br/business/embrapa-prepara-caravana-para-economia-de-us1-bilhaoemfertilizantes/#:~:text=O%20pa%C3%ADs%20%C3%A9%20o%20quarto,e%20cana%2Dde%2Da%C3%A7%C3%BAcar.Acesso em 5 mar. 2022.>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Alves, P. F. S., Santos, S. R. D., Kondo, M. K., Araújo, E. D., & Oliveira, P. M. D. (2018). Fertilização do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 23(5), 833-839. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018136152>
- Artuzo, F. P., Foguesatto, C. R., Machado, J. A. D., Oliveira, L., Souza, Â. R. L. (2022). O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12, 515-540. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p515-540>
- Barros, J. F. C.; Calado, J. G. C. (2014). A Cultura do Milho. Escola de Ciências e Tecnologia. Departamento de Fitotecnia. Évora: Universidade de Évora. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta%20milho.pdf> Acesso em 5 mar. 2022.
- Biesdorf, E. M., Biesdorf, E. M., Teixeira, M. F. F., Dietrich, O. H., Pimentel, L. D., & Araujo, C. (2016). Métodos de aplicação de nitrogênio na cultura de milho em solo de Cerrado. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3(1), 44-50. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i1.805>
- Cabral Filho, F. R. *Desempenho agrônomo e balanço nutricional na planta de milho fertilizado com vinhaça concentrada e cloreto de potássio*. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia). Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2019.
- Cantarella, H. (2007). *Nitrogênio*. In: Novais, R. F., Alvarez V, V. H., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, SBCS, 375-470
- Carrança, T. (2022). Guerra na Ucrânia: por que o Brasil depende tanto dos fertilizantes da Rússia?. BBC News, São Paulo. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil60596334#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20o%20quarto,pa%C3%ADs%2C%2085%25%20foram%20importados.Acesso em: 5 mar. 2022.>
- Conab (2022). Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da Safra Brasileira - Grãos. Safra 2021/2022. Quinto levantamento*. Brasília. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 03 mar, 2022.
- Conab (2022). A produtividade do milho: análise e perspectivas. Brasília, DF, jun. 2022. (Compendio de estudos Conab, 9(9)). Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/42837_526b4c0d6f83ae8e34bb846683666d92#:~:text=A%20%C3%A9%20planta%2C%20na%20atual,1%2C7%20milh%C3%A3o%20de%20hectares.Acesso em: 02 ago. 2022
- Costa, Z. V. B. D., Gurgel, M. T., Costa, L. R., Alves, S. M. C., Ferreira Neto, M., & Batista, R. O. (2014). Efeito da aplicação de esgoto doméstico primário na produção de milho no assentamento Milagres (Apodi-RN). *Revista Ambiente & Água*, 9, 737-751. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1417>
- Damian, J. M., Muraro, D. S., Basso, C. J., Silva, A. N. D., Pinto, M. A., & Santi, A. L. (2018). Strategies for fertilization with pig and cattle slurry in wheat crop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(4), 261-266. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p261-266>
- Dutra, A. D. (2016). *Adubação nitrogenada via fertilização em arroz irrigado por aspersão*. Tese (Manejo e Conservação do solo). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Embrapa (2022). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Busca de projetos. Fertilizantes. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/busca/fertilizantes?>. Acesso em: 2 mar. 2022.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Galvão, J. C. C., Miranda, G. V., Trogello, E., & Fritsche-Neto, R. (2014). Sete décadas de evolução do sistema

- produtivo da cultura do milho. *Revista Ceres*, 61, 819-828. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000007>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2018). Produção Agrícola – Lavoura Temporária. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/rioverde/pesquisa/14/0?localidade1=52>. Acesso em: 27 de novembro de 2019.
- Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-Map 150cmx200cm.
- Locatelli, J. L., Bratti, F., Ribeiro, R. H., Besen, M. R., Turcatel, D., & Piva, J. T. (2019). Uso de dejetos líquidos de suínos permite reduzir a adubação mineral na cultura do milho?. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(3), 628-637. <https://doi.org/10.19084/rca.17538>
- Lopes, J. R. F., Dantas, M. P., & Ferreira, F. E. (2019). Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no seimário brasileiro através da análise multivariada. *Nativa*, 7(1), 77-83. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i1.6243>
- Malafaia, G., Araújo, F. G. D., Leandro, W. M., & Rodrigues, A. S. D. L. (2016). Teor de nutrientes em folhas de milho fertilizado com vermicomposto de lodo de curtume e irrigado com água residuária doméstica. *Revista Ambiente & Água*, 11(4), 799-809. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1680>
- Medeiros, L. C. (2018). *Dinâmica do nitrogênio e potássio nos resíduos culturais de milho submetido à adubação mineral*. Dissertação (Ciência do Solo). Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB.
- Moreira, R. C., de Assis Valadão, F. C., & Júnior, D. D. V. (2019). Desempenho agrônomico do milho em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 62.
- Oliveira, J. L. S. (2021). *Efeito da nutrição na cultura do milho e os diagnósticos visuais do seu estado nutricional*. 2021. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Centro Universitário UniAGES, Paripiranga.
- Oliveira Neto, T. I., Costa, M. C. G., & de Oliveira, V. P. V. (2016). Acúmulo de nitrogênio em plantas de milho crioulo em resposta à adubação orgânica. *Revista Equador*, 5(4), 207-220. <https://doi.org/10.26694/equador.v5i4.5208>
- Oliveira, T. F., Oliveira, V. J. B., Clemente, J. M., de Aquino, L. A., dos Reis, M. R., & Fernandes, F. L. (2019). Extração e exportação de macronutrientes em lavouras de milho de alta produtividade. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12(3), 837-854. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n3p837-854>
- Pereira, O. A. P. (2016). *Doenças do milho*. In: Amorim, L., Rezende, J. A. M., Bergamin Filho, A., Camargo, L. E. A. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. fifth ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, São Paulo.
- Rafael, J. A. (2021). *Coberturas vegetais e seus efeitos nas características agrônomicas do milho (Zea mays L.)*. 2021. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.
- Rosa, D. M., Sampaio, S. C., Pereira, P. A., Reis, R. R. D., & Sbizzaro, M. (2017). Corn fertilization using swine wastewater and soil-water environmental quality. *Engenharia Agrícola*, 37(4), 801-810. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n4p801-810/2017>
- Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. A. de, Lumberras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. de, Araujo Filho, J. C. de, Oliveira, J. B. de, Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp.
- Sartor, L. R., Assmann, A. L., Assmann, T. S., Bigolin, P. E., Miyazawa, M., & Carvalho, P. C. D. F. (2012). Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(2), 661-669. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000200035>
- Silva, A. D., de Menezes, C. C. E., Menezes, J. F. S., & Nascimento, W. P. (2017). Fontes e doses de magnésio na cultura do milho. *Global Science and Technology*, 9(3).
- Silva, J. R. M. (2017). *Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto em solo cultivado com Gramma esmeralda (Zoysia japonica)*. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Silva, V. P., de Moraes, A., Moletta, J. L., Pelissari, A., Dieckow, J., & de Oliveira, E. B. (2015). Produtividade do milho em um sistema silviagrícola nos campos gerais, PR. *Scientia Agraria*, 16(1), 27-32.

- Silva, L. M., Junior, R. L. S., Resende, C. L. P., Montes, R. M., Benett, K. S. S., & Benett, C. G. S. (2022). Planting fertilization and nitrogen doses in topdressing in second-crop corn. *Revista de Agricultura Neotropical*, 9(4), e6968. <https://doi.org/10.32404/rean.v9i4.6968>
- Simão, E. D. P.; Resende, A. V.; Gontijo Neto, M. M.; Borghi, E., Martins, D. C.; Vanin, A. (2017). Demanda de nutrientes pelo milho safrinha em função da época de semeadura e adubação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 16(3), 481-494. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n3p481-494>
- Souza, A. E., dos Reis, J. G. M., Raymundo, J. C., & Pinto, R. S. (2018). Estudo da produção do milho no Brasil. *South American Development Society Journal*, 4(11), 182.
- Souza, C. F. (2017). *Desempenho agrônomo e eficiência de utilização de nitrogênio por cultivares de milho*. Tese (Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró.
- Spósito, T. H. N. (2018). Matéria seca e acúmulo de nutrientes no aguapé utilizado para fitorremediação em águas residuárias de suinocultura. Tese (Agronomia). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2017). *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed.
- Usda (2021). United States Department of Agriculture. World Agricultural Production – Foreign Agricultural Service/USDA, march/2020. Disponível em: <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/5q47rn72z?locale=en>. Acesso em 29 set. 2021.

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/>).