

IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA NO DESENVOLVIMENTO DO MILHO DE PIPOCA SOB FONTES DE FÓSFORO

Lucas Vieira Branquinho¹, Patrícia Costa Silva², Ketelly Priscyla Marco Vieira³,
Adriana Rodolfo da Costa⁴

RESUMO: Avaliou-se o efeito de irrigação deficitária na variedade de milho de pipoca Poptop sob fontes de fósforo (superfosfato simples e monoamônio fosfato). O experimento foi conduzido em estufa, com delineamento em blocos casualizados usando um esquema fatorial 4x2, com três repetições, quatro níveis de irrigação: 25, 50, 75, 100% da evapotranspiração de cultura e duas fontes de fósforo totalizando 24 parcelas experimentais. Foram avaliadas plantas, diâmetro de colmo, número de folhas aos 25, 45 e 60 dias após o plantio. Os dados para o fator níveis de irrigação foram submetidos à análise de regressão e para a comparação das fontes de fósforo empregou o teste de Tukey a 5%. Verificou-se que todos parâmetros apresentaram variação significativa para as épocas avaliadas cujos maiores valores ocorreram aos 60 dias, já a altura de plantas foi influenciada pelos níveis de irrigação e épocas de avaliação assim como, pela interação entre ambos. Não foi possível observar diferenciação entre as fontes de fósforo utilizadas. Percebe-se que a cultura se adequou a irrigação deficitária.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* (L.), gotejamento, adubação fosfatada.

DEFICITARY IRRIGATION IN THE DEVELOPMENT OF POPCORN CORN UNDER PHOSPHORUS SOURCES

ABSTRACT: The effect of poor irrigation on the Poptop popcorn variety under phosphorus sources (single superphosphate and monoammonium phosphate) was evaluated. The experiment was conducted in a randomized block design using a 4x2 factorial scheme, with

¹ Engenheiro Agrícola pela UEG- Câmpus Santa Helena de Goiás, Santa Helena de Goiás – GO. E-mail: lucas.branquinho@hotmail.com

² Doutora em Irrigação/Drenagem, e docente do curso de Engenharia Agrícola da UEG- Câmpus Santa Helena de Goiás, Santa Helena de Goiás – GO. E-mail: patricia.costa@ ueg.br

³ Engenheira Agrícola pela UEG- Câmpus Santa Helena de Goiás, Santa Helena de Goiás – GO. E-mail: ketellypr@gmail.com

⁴ Doutora, docente do curso de Engenharia Agrícola da UEG- Câmpus Santa Helena de Goiás, Santa Helena de Goiás – GO. E-mail: adriana.costa@ueg.br

three replications, four irrigation levels: 25, 50, 75, 100% of crop evapotranspiration and two sources of phosphorus totaling 24 experimental plots. Plants, stalk diameter, number of leaves at 25, 45 and 60 days after planting were evaluated. The data for the factor irrigation levels were submitted to regression analysis and the Tukey test was used for the comparative deficit irrigation levels. It was verified that all parameters presented significant variation for the evaluated epochs whose highest values occurred at 60 days, since the height of plants was influenced by irrigation levels and epochs of evaluation as well as by the interaction between both. It was not possible to observe differentiation between the sources of phosphorus used. It can be noticed that the crop was adequate for deficit irrigation.

KEYWORDS: *Zea mays* (L.), dripping, phosphate fertilization.

INTRODUÇÃO

No Brasil são produzidos diferentes tipos de milho e dentre estes têm-se o milho pipoca que possui como características principais o seu pequeno tamanho, de grãos pequenos e duros com pericarpo espesso, e a capacidade dos grãos estourarem quando aquecidos à temperatura de 177 °C (CAVALIERI et al., 2011). O milho de pipoca é um alimento bastante consumido e apreciado no país, é uma cultura de alto valor econômico. Com o registro de novos híbridos nacionais a partir dos anos 2000 houve um aumento da produção nacional, (SAWAZAKI, 2010). Grande parte deste tipo de milho encontrado no mercado ainda é importado. Isso se deve, principalmente, à limitação de cultivares de alta qualidade e à tecnologia de produção inadequada (PEREIRA FILHO et al., 2018). Uma das alternativas para diminuir a importação e aumentar a produção é o uso da irrigação (ÁVILA, 2011).

A irrigação é um instrumento muito eficaz no aumento da rentabilidade, permitindo, por exemplo, a racionalização de insumos através da fertirrigação. Visando reduzir o consumo de água surgiu uma nova tecnologia que foi a irrigação deficitária a qual é adaptada para contribuir com a economia de água, pois, o fornecimento hídrico em abundância leva a um desperdício de água, aumento de custos e a uma gestão inapropriada dos recursos hídricos disponíveis (ZWIRTES et al., 2015).

Há estudos que indicam estratégias na aplicação de quantidades de água em função dos estádios de desenvolvimento da cultura, assim, aumentando a eficiência no uso da água na irrigação deficitária não afetando a quantidade e a qualidade do produto final (MARTIN et al., 2012). Geerts e Raes, (2009) e Du et al. (2010) citam que a irrigação deficitária pode ser utilizada na agricultura irrigada sem ocasionar perdas expressivas de produtividade, podendo

atingir patamares elevados na produtividade da água, que pode ser alcançada quando a cultura é submetida ao déficit hídrico, porém este déficit deve manter a viabilidade econômica da produção (PEREIRA et al., 2012).

Sabe-se que a cultura do milho é muito exigente em nutrientes e em especial no fósforo, porém os solos brasileiros são pobres quanto ao referido elemento além do mais, há o problema de fixação do mesmo em solos de cerrado. O fósforo (P) é um elemento essencial no metabolismo das plantas. Atuando nos processos de transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese assim como, na ativação muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos. Neste contexto algumas fontes podem ser empregadas para fornecer o P dentre elas têm-se o superfosfato simples e o monoamônio fosfato (MAP). A extração desse nutriente se dá por difusão, a absorção e o movimento no solo estão condicionados à quantidade de água, uma vez que a água atua no processo de transporte. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de irrigação deficitária em cultivar de milho de pipoca sob diferentes fontes de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa no Câmpus Universitário da UEG de Santa Helena de Goiás (18°03'S, 050°35'W e 572 m de altitude), em um solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico textura argilosa (EMBRAPA, 2013). O clima do município, de acordo com classificação climática de Köppen, é tropical temperado. Foi empregado o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, com 3 repetições, sendo quatro tratamentos os quais, corresponderam aos níveis de irrigação: 25, 50, 75, 100 % da evapotranspiração de cultura (ETc) e duas fontes de fósforo (superfosfato simples e fosfato monoamônico), totalizando 24 parcelas experimentais. As quais foram compostas por vasos com capacidade de sete litros cada, o espaçamento entre plantas foi de 0,20 metros, totalizando cinco vasos por metro linear e com espaçamentos entre linhas de 0,70 metros. Os parâmetros biométricos altura de plantas, diâmetro de colmo e o número de folhas foram avaliados aos 25, 45 e 60 dias após a semeadura. A variedade de milho de pipoca empregada foi a Poptop. Amostra composta de solo foi retirada na camada de 0-0,20 m para análise química e física em laboratório, O solo foi peneirado e corrigido depois adicionado nos vasos. Tanto a calagem quanto a adubação foram realizadas de acordo com a recomendação de adubação para o milho de pipoca conforme o Informe Agropecuário (1990), nas condições de fertilidade do solo em estudo buscando elevar a saturação por bases para

70% através do método de saturação por bases. Para a correção da acidez foram adicionados 3,065 t ha⁻¹ de calcário filler (PRNT 100%).

Os níveis de irrigação deficitária foram aplicados por meio de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com unidades gotejadoras espaçadas de 0,20 metros e 0,70 metros entre linhas, com uma linha de irrigação por fileira de plantas. A vazão nominal de cada unidade gotejadora foi de 1,6 L h⁻¹, submetida a uma carga de pressão de operação de 10 mca. Para a determinação da evapotranspiração de referência (ET₀) foi empregado um mini tanque instalado dentro da estufa, que foi calibrado com o tanque Classe A, onde foram efetuadas leituras diárias de evaporação do mesmo. Neste método para a estimativa da ET₀ foi utilizada a equação 1:

$$ET_0 = ECA \cdot Kt \quad (1)$$

Em que:

ET₀ = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹; ECA = evaporação em tanque Classe A, em mm d⁻¹; Kt = coeficiente de correção do tanque, adimensional.

A determinação da evapotranspiração da cultura ET_c, foi obtida pelo método padrão FAO (equação 2).

$$ET_c = ET_0 \cdot Kc \quad (2)$$

Em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm d⁻¹; ET₀ = evapotranspiração de referência, em mm d⁻¹; Kc = coeficiente da cultura, adimensional. Para a cultura do milho os valores de Kc são: 0,30 - 0,40 para as duas primeiras semanas, 0,60 – 1,00 para as sucessivas 4 semanas, 1,10 – 1,20 formação da espiga até a maturação láctea, 0,80 - 0,90 sucessivas fases de maturação, 0,60 – 0,30 até a colheita (BIOSEMENTES, 2014).

Foi adotado um turno de rega fixo de um (1) dia, aplicando a lâmina conforme a ECA dentro de seus respectivos tratamentos. A lâmina total de irrigação necessária (LTN) a ser aplicada foi obtida de acordo com a equação 3.

$$LTN = \frac{Etc \cdot TR}{Ea} \quad (3)$$

Em que:

LTN = lâmina total necessária por irrigação, mm; ETc = evapotranspiração da cultura, mm d⁻¹; Ea = eficiência da irrigação, adimensional.

Foi efetuado teste de uniformidade e os valores encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Aplicação (Ea) de um sistema de irrigação por gotejamento a classificação dos mesmos.

Sistema	CUC (%)	CUD (%)	Ea (%)	Classificação
Localizado por gotejamento	93,37	96,60	86,94	Excelente

O tempo de irrigação foi calculado de acordo com cada lâmina nos respectivos tratamentos a partir da equação 4.

$$T_i = \frac{L_i \cdot E_l \cdot E_g}{q} \quad (4)$$

Em que:

T_i = tempo de irrigação, min; L_i = lâmina irrigada; E_l = espaçamento entre linhas laterais, m; E_g = espaçamento entre os gotejadores, m; q = vazão dos gotejadores, L h⁻¹.

Os parâmetros biométricos altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC) e número de folhas (NF) foram avaliados aos 25, 45 e 60 dias após a semeadura. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância. Para a comparação dos níveis de irrigação deficitária utilizou-se a análise de regressão e para a comparação das fontes de fósforo empregou o teste de Tukey a 1 e 5%. O programa estatístico empregado foi o SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontram-se os níveis de irrigação utilizados de acordo com a porcentagem de evapotranspiração de cultura (ETc). Para efetuar os cálculos dos níveis de irrigação para o milho pipoca, foi usado o kc de 0,40 na fase inicial até os vinte dias após a semeadura, a partir do vigésimo primeiro dia foi usado o kc de 1,00 até cinquenta dias após a semeadura e até a retirada das plantas em sessenta dias foi usado o kc de 1,20. Nota-se pela mesma Figura, que os níveis de irrigação aplicados durante os 60 dias de ensaio foram respectivamente de 107,23 mm (25% da ETc), 214,46 mm (50% da ETc), 321,69 mm (75% da ETc) e 428,92 mm (100% da ETc).

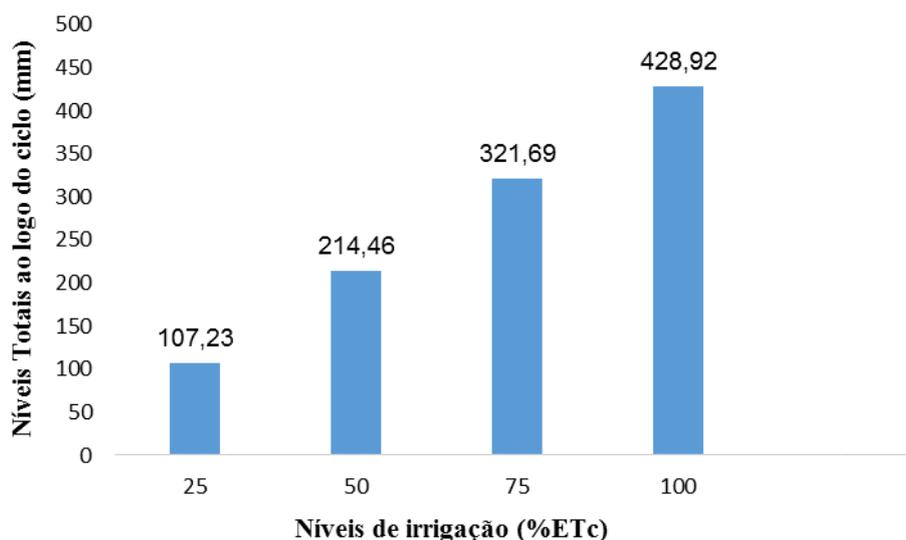


Figura 1. Níveis de irrigação aplicados para a cultivar de milho de pipoca sob fontes de fósforo durante os 60 dias.

Na Tabela 2 encontra-se o resumo da análise de variância e as interações entre os parâmetros agrônômicos altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (D) e número de folhas (NF) sob fontes de variações do nível de irrigação deficitária, fontes de fósforo, épocas de avaliações. Verificou-se que o parâmetro altura de plantas apresentou variação significativa a 1 % para o fator nível de irrigação deficitária, e as demais características não apresentaram variação significativa.

Para a análise estatística feita em relação às épocas de avaliações notou-se resultado significativo a 1% para todos os fatores avaliados (AP, D, NF). Na interação entre as épocas de avaliação e os níveis de irrigação deficitária é notável a variação significativa a 1% para a característica de AP. De acordo com as demais interações não foi possível obter nenhum resultado significativo em nenhuma das características avaliadas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os parâmetros de altura de planta (AP), diâmetro de colmo (D) e número de folhas (NF).

FV	GL	QM		
		AP	D	NF
Níveis	3	695,47*	25,63 ^{ns}	0,61 ^{ns}
Fósforo	1	18,71 ^{ns}	13,87 ^{ns}	2,00 ^{ns}
Níveis x Fósforo	3	313,53 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,26 ^{ns}
Bloco	2	135,44	30,22	1,17
Erro 1	9	223,25	10,35	0,81
Época	2	11.647,22*	609,61*	96,88*
Época x Nível	6	10,94*	7,36 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Época * Fósforo	2	32,32 ^{ns}	6,31 ^{ns}	0,88 ^{ns}
Época x Nível x Fósforo	6	54,76 ^{ns}	5,48 ^{ns}	0,69 ^{ns}

Erro 2	37	73,27	10,74	0,94
Total	71	-	-	-
CV1 (%)		30,8	25,5	13,37
CV2 (%)		17,65	25,42	14,41

FV: Fonte de variação; GL: Grau de Liberdade; QM: Quadrado médio; CV: Coeficiente de variação; ns: Não significativo; *: Significativo 1% de probabilidade e pela análise de variância associado ao teste F.

Na Figura 2 percebe-se que a característica AP obteve uma resposta quadrática de 99% na análise realizada aos 25 dias de semeadura, tendo assim sua maior altura de 29,09 cm no nível de irrigação deficitária de 82,30%. Aos 45 dias de semeadura foi possível obter uma resposta quadrática de 95,95%, com AP alcançando 57,33 cm no nível de irrigação deficitária de 77,75%. Na última coleta de dados realizada aos 60 dias de semeadura foi observado uma resposta quadrática de 97,56%, obtendo a maior altura de planta no valor de 74,15 cm no nível de irrigação deficitária de 90,95%.

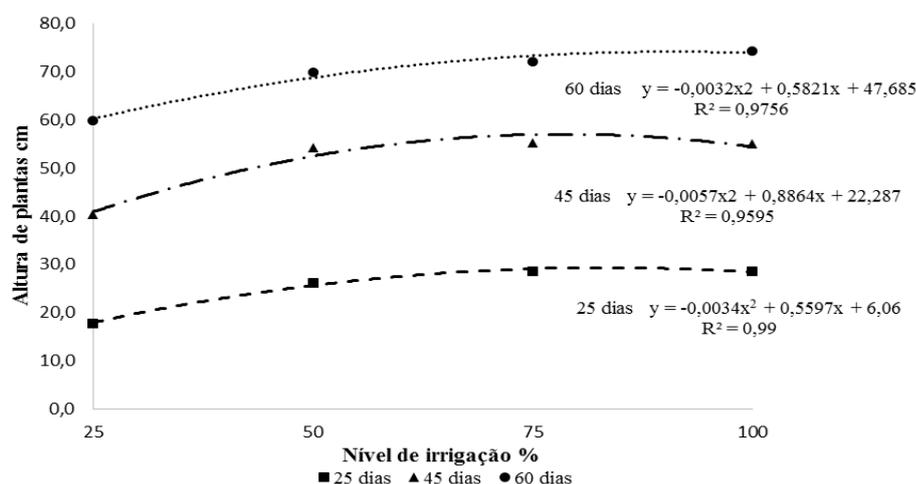


Figura 2. Altura de plantas de milho de pipoca em função das épocas de avaliação e níveis de irrigação.

Sendo assim possível identificar os maiores valores de AP aos 60 dias de semeadura em todos os níveis de irrigação (Tabela 3), obtendo assim respectivamente 59,85; 59,95; 72,18 e 74,28 cm nos níveis de irrigação de 25, 50, 75 e 100% da ETc.

Tabela 3. Altura de plantas de milho de pipoca (em cm) em função das épocas de avaliação e níveis de irrigação.

Épocas	Níveis de Irrigação (% da ETc)			
	25	50	75	100
25	17,75c	26,22c	28,50c	28,55c
45	40,35b	54,17b	55,28b	54,97b
60	59,85a	59,95a	72,18a	74,28a
DMS	12,07			

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de significância. DMS= diferença mínima significativa.

Na análise obtida na Tabela 4 é possível observar que houve uma variação significativa a 1% de acordo com o teste de Tukey, para a altura de plantas em relação as épocas em que foram realizadas as avaliações, independente das fontes de fósforo que foram utilizadas e dos níveis de irrigação deficitária aplicado. A variação ocorreu de forma crescente de acordo com o desenvolvimento da cultura, alcançando assim a maior altura de planta no valor de 69,07 cm aos 60 dias de semeadura.

Tabela 4. Altura de plantas de milho de pipoca (mm) em relação às épocas de avaliação independente de fontes de adubação fosfatada e níveis de irrigação.

	Épocas (dias)		
	25	45	60
Altura de Plantas (cm)	25,25c	51,19b	69,07a
DMS	6,04		

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de significância. DMS= diferença mínima significativa.

Na Tabela 5, nota-se que não houve resultado significativo para o diâmetro de colmo entre as épocas de avaliação de 45 e 60 dias de semeadura. Aos 25 dias de semeadura obteve-se um diâmetro de colmo de 7,11 mm, diferenciando-se assim do diâmetro de colmo de 15,28 mm que foi obtido aos 45 dias de semeadura. Para o número de folhas percebe-se pela mesma Tabela que aos 25 dias o número médio de folhas foi menor diferindo dos demais dias avaliados, ou seja, 4,46 folhas por planta diferenciando dos resultados obtidos aos 45 dias e 60 dias em que não foi obtido aumento significativo de número de folhas por planta.

Tabela5. Diâmetro de colmos e número de plantas de milho de pipoca em relação a épocas de avaliação independente de fontes de adubação fosfatada e níveis de irrigação.

	Épocas			DMS
	25	45	60	
Diâmetro	7,11b	15,28a	16,31a	2,31
Número de Folhas	4,46b	7,58a	8,20a	0,66

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de significância

CONCLUSÕES

Em função das épocas de avaliação associado as fontes de fósforo, notou se que ALT, D e NF apresentaram variação a 1 %. Verificou se que a maior altura de plantas foi obtida respectivamente aos 25 dias no nível de irrigação deficitária correspondente a 82,30% aos 45 dias no nível de irrigação deficitária de 77,75% e aos 60 dias no nível de irrigação deficitária

de 90,95%. Não foi possível observar diferenciação entre as fontes de fósforo utilizadas. Percebe-se que a cultura se adequou a irrigação deficitária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, M. R. et al.. Híbridos de milho pipoca cultivados sob diferentes lâminas de irrigação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 12, n. 4, p. 199-209, julho-dezembro, 2011.

BIOSEMENTES – Biosementes do Brasil Ltda. **Irrigação de milho por gotejamento– Produtividade maximizada**. 2014. Disponível em: <http://www.biosementes.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

CAVALIERI, S. D. et al. Seletividade do nicosulfuron em três estádios fenológicos de milho pipoca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 377-386, 2012.

DU, T. et al. An improved water use efficiency of cereals under temporal and spatial deficit irrigation in north China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 66–74, jan. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Mercado conta com 478 opções de cultivares de milho**. Embrapa milho e sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>. Acesso em: 9 abr. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 3º ed., p. 353. EMBRAPA. Brasília, Brasil, 2013.

GEERTS, S.; RAES, D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.96, n.9, p.1275–1284, sep. 2009.

MARTIN, J. D. et al. Irrigação deficitária para aumentar produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga**, Edição Especial, Botucatu, p. 192-205, 2012.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. **Milho pipoca**. AGEITEC - EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy9zxynl02wx5ok0pv04k359f3bo9.html>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 108, p. 39–51, 2012.

SAWAZAKI, E. **Milho pipoca**. Instituto Agrônômico de Campinas. São Paulo, Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br>. Acesso em: 9 abr. 2018.

ZWIRTES, A. L. et al. Desempenho produtivo e retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 676-688, julho-agosto, 2015.