

Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat

Myrne Jamilly Lima de Souza^{1*}, Anselmo Eloy Silveira Viana¹, Sylvana Naomi Matsumoto¹, Ramon Correia de Vasconcelos¹, Tocio Sedyama² e Otoniel Magalhães Morais¹

¹Departamento de Fitotecnia, Escola de Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, Km 4, 45083-900, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. ²Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: mjmyrne@yahoo.com.br

RESUMO. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, Estado da Bahia, no período de novembro de 2005 a maio de 2007, com o objetivo de avaliar o manejo da irrigação, épocas de colheita e efeito do cloreto de mepiquat sobre características agronômicas da mandioca. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com três repetições e 16 tratamentos em parcelas subdivididas, formados pelas combinações entre manejo da irrigação (ausência de irrigação, irrigação durante todo o ciclo, irrigação de novembro a abril e irrigação de novembro a abril, com retomada de novembro a abril do ano seguinte), épocas de colheita (aos nove e aos 18 meses) e cloreto de mepiquat (com e sem aplicação). A colheita aos 18 meses proporcionou incremento do peso da parte aérea e da produtividade de raízes tuberosas, de 16,89 para 36,73 t ha⁻¹, e maior índice de colheita. Plantas irrigadas por todo o ciclo apresentaram maior produtividade de raízes tuberosas do que aquelas mantidas na ausência de irrigação. Quando irrigadas, as plantas produziram raízes tuberosas com maior porcentagem de massa seca e de amido. O cloreto de mepiquat aumentou a produtividade de amido e farinha de plantas irrigadas por todo o ciclo.

Palavras-chave: amido em raízes, produtividade de raízes tuberosas, regulador de crescimento, rendimento de farinha.

ABSTRACT. *Cassava agronomical characteristics related to interaction among irrigation, harvest time and mepiquat chloride.* The experiment was performed at the campus of Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, in Vitória da Conquista, Bahia State, Brazil, from November 2005 to May 2007, aiming to evaluate irrigation management, harvest time and the mepiquat chloride effect on cassava agronomical characteristics. The study used randomized blocks delineation with three replications and sixteen treatments in subdivided lots, using the following combinations: irrigation management (lack and with irrigation during the whole cycle, irrigation from November to April, performed again from November to April of the following year), harvest time (nine, eighteen months) mepiquat chloride (with and without application). The harvest at 18 provided an increase on aerial part weight and on root productivity, showed an increase from 16.89 to 36.73 t ha⁻¹, as well as a high harvest index. Irrigated plants during the whole cycle presented higher tuberous root productivity than the ones kept without irrigation. When irrigated, the plants produced tuberous roots with a higher percentage of dry matter and starch. The use of mepiquat chloride increased both the starch and the flour production of the irrigated plants during the whole cycle.

Key words: root starch, productivity of tuberous roots, growth regulator, flour yield.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), euforbiácea originária da América Tropical, e um dos cultivos mais importantes para os trópicos (COCK, 1989), é a principal fonte de calorias para, aproximadamente, 600 milhões de pessoas que habitam países em desenvolvimento (ROCA et al., 1991). No Brasil, cultiva-se em quase todas as regiões, a qual é utilizada principalmente sob forma de farinha e outros produtos industrializados

(MENDONÇA et al., 2003), além da alimentação animal (CARDOSO; GAMEIRO, 2006).

Quanto à época de colheita, segundo Benesi et al. (2008) e Henry e Hersey (2002), ainda não é conhecida a época ideal para se colher mandioca, uma vez que a cultura não apresenta um período de maturação definido. No entanto, saber o período mais favorável para a colheita é de extrema importância, pois quando as raízes são colhidas muito cedo, ocorre à redução na produtividade,

enquanto que, se colhidas tardiamente, há perda na qualidade das raízes, com desenvolvimento de raízes fibrosas e redução do teor de amido.

A planta de mandioca é considerada tolerante às condições de seca e de baixa fertilidade do solo. Em condições de restrição hídrica, a mandioca apresenta aumento de produtividade quando irrigada (KERALA AGRICULTURAL UNIVERSITY, 2002; OLIVEIRA et al., 2006), embora a elevada disponibilidade hídrica associada a altas concentrações de nitrogênio no solo, normalmente, resultem em excessivo desenvolvimento da parte aérea e baixa produção de raízes (HOWELER, 1982). Nesta situação, o uso de reguladores de crescimento pode ser benéfico. Apesar de a base de conhecimento sobre o efeito de retardadores de crescimento ser ampla, a aplicação em estudos relacionados à produção de raízes tuberosas ainda é bastante incipiente. Os principais inibidores de giberelinas utilizados em práticas agrícolas são os compostos triazólicos (paclobutrazol, flurprimidol, uniconazol, ancimidol e tetciclakis) e os compostos quaternários de amônia (cloreto de mepiquat, cloreto de chlormequat e AMO-1618).

Estudos relacionados à aplicação desses reguladores em culturas como algodoeiro demonstram elevação da qualidade e da produtividade (ZHAO; OOSTERHUIS, 2000), controle do crescimento e aumento da produtividade (STEWART et al., 2001), redução do crescimento das plantas proporcionando arquitetura favorável à colheita mecanizada (FERRARI et al., 2008; PETTIGREW; JOHNSON, 2005; MONDINO; PETERLIN, 2002; BILES; COTHREN, 2001; COOK; KENNEDY, 2000; ZHAO; OOSTERHUIS, 2000; REDDY et al., 1990); aumento da produção e maturidade (O'BERRY et al., 2009; IQBAL et al., 2004; NICHOLS et al., 2003) e em cana-de-açúcar favorece aumento no perfilhamento e produção final de colmos (WIEDENFELD, 2003), entretanto há muitas lacunas relativas à constância de comportamento quando a interação com o ambiente é considerada. Para a cultura da mandioca, embora poucos sejam os registros sobre os efeitos desses retardadores, tem sido verificada elevação da produção de raízes tuberosas, do peso de massa seca e fresca, dos teores de amido e do metabolismo dos carboidratos nas raízes (GOMANTHINAYAGAM et al., 2007).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de épocas de colheita, do manejo da

irrigação e do regulador de crescimento cloreto de mepiquat sobre as características agronômicas da mandioca.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2005 a maio de 2007, no *Campus* da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Vitória da Conquista, Estado da Bahia, município situado na Região Sudoeste do Estado, a 14°51' S e 40°50' W, com altitude média de 928 m. Este município apresenta clima tropical de altitude (Cwb), segundo classificação de Köppen. As médias de temperatura máxima e mínima são, respectivamente, 25,3 e 16,1°C. A precipitação média anual é de 733,9 mm, concentrada nos meses de novembro a março. Nas Figuras 1 e 2 foram apresentados os valores de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperatura máxima e mínima, obtidos durante o período experimental. O solo foi classificado como Cambissolo Háplico Tb, distrófico, com textura média, topografia suavemente ondulada e plana e boa drenagem, apresentando os seguintes resultados de acordo com a análise química de amostras, realizada no Laboratório de Solos da UESB: pH em H₂O (1:2,5) = 5,90; P (mg dm⁻³) = 5,00; K⁺ (cmol_c dm⁻³) = 0,61; Al³⁺ (cmol_c dm⁻³) = 0,00; Ca²⁺ (cmol_c dm⁻³) = 3,80; Mg²⁺ (cmol_c dm⁻³) = 1,80; H+ Al³⁺ (cmol_c dm⁻³) = 2,50; S.B. (cmol_c dm⁻³) = 6,20; m (%) = 0,00; V (%) = 71,00; CTC efetiva (cmol_c dm⁻³) = 6,20; CTC a pH 7,0 (cmol_c dm⁻³) = 8,70; MO = 2,9 (g dm⁻³). No plantio, utilizaram-se 400 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples, 66,6 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio e 25 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco, distribuídos no sulco, de modo a evitar contato com as manivas. Foram utilizados 88,85 kg ha⁻¹ de uréia, em duas adubações de cobertura, aplicados aos 60 e aos 90 dias após o plantio. Não houve necessidade de calagem. O solo foi arado e gradeado e, em seguida, os sulcos, espaçados de um metro, foram abertos com sulcador. Utilizou-se a cultivar Coqueiro, considerada mandioca de mesa e uma das preferidas dos agricultores da região, pela boa qualidade culinária de suas raízes. As manivas, com 0,20 m de comprimento e média de oito gemas, foram obtidas do terço médio de plantas sadias com idade aproximada de 12 meses e plantadas logo após a coleta, distribuídas a cada 0,60 m dentro do sulco. No preparo das manivas, utilizou-se o corte reto, feito com facão.

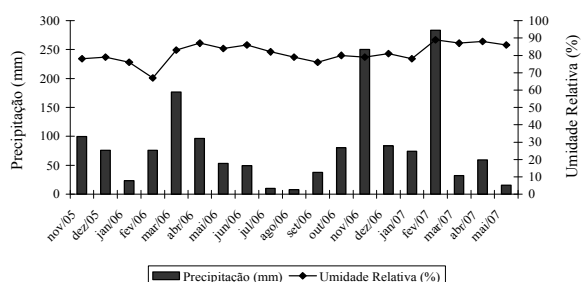


Figura 1. Valores mensais de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar no período de novembro de 2005 a maio de 2007. Vitória da Conquista, Estado do Bahia, 2007.

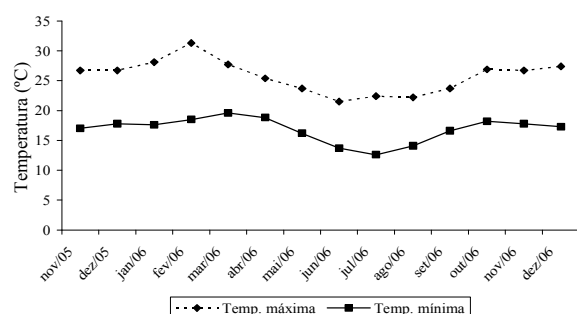


Figura 2. Valores mensais de temperatura máxima e mínima do ar no período de novembro de 2005 a dezembro de 2006. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Utilizou-se irrigação por gotejamento, com mangueiras espaçadas de 1 m, emissores a cada 0,5 m, pressão de 20 mca e vazão nominal de 2,2 L h⁻¹. O gotejamento foi escolhido por permitir melhor controle da quantidade de água, aspecto considerado essencial no experimento, evitando problemas com deriva, comuns quando se usa a aspersão. Para o controle da irrigação foi empregado o método do tanque classe A.

O cloreto de mepiquat foi aplicado com pulverizador costal, em maio de 2006, quando as plantas de mandioca apresentavam seis meses de idade, na dosagem de 0,5 L ha⁻¹. Cada parcela, com 96 m², foi formada por 160 plantas, das quais 64 consideradas úteis. O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados, com três repetições e 16 tratamentos constituídos pelas combinações de manejo irrigação (sem irrigação, irrigação durante todo o ciclo, irrigação de novembro a abril e irrigação de novembro a abril, com retomada de agosto a abril do próximo ano), épocas de colheita (aos nove e aos 18 meses) e cloreto de mepiquat (sem e com aplicação). Para a definição dos períodos de irrigação, foram considerados os estágios de ciclo da cultura mais susceptíveis à disponibilidade hídrica (período de implantação de cultivo, sendo mantida até abril para garantir o vigor inicial da cultura – novembro a abril

– e fase da retomada do desenvolvimento vegetativo, promovida pela elevação da temperatura – agosto a abril).

A análise estatística foi feita segundo o esquema de parcelas subsubdivididas (CAMPOS, 1984), com o manejo de irrigação nas parcelas, as épocas de colheita nas subparcelas e o regulador de crescimento nas subsubparcelas. Utilizou-se o programa ESTAT – Sistema para Análises Estatísticas, versão 2.0. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foram avaliadas as seguintes características: produção de parte aérea, obtida pela pesagem do material vegetal, cortado a 10 cm do solo, logo após a colheita, em cada subsubparcela; produtividade de raízes tuberosas, determinada pela pesagem das raízes tuberosas, em cada subsubparcela; índice de colheita, determinado pela relação entre o peso de raízes tuberosas e o peso total da planta; porcentagem de massa seca e de amido, determinada pelo método da balança hidrostática (GROSSMANN; FREITAS, 1950); rendimento de farinha, de acordo com metodologia proposta por Fukuda e Caldas (1987); produtividade de amido, obtida pela relação entre a produtividade de raízes tuberosas e a porcentagem de amido em raízes tuberosas – Produtividade de amido = produtividade de raízes tuberosas x porcentagem de amido; produtividade de farinha, obtida pela relação entre a produtividade de raízes tuberosas e o rendimento de farinha.

Resultados e discussão

Por meio da análise de variância, observou-se efeito de irrigação para porcentagem de massa seca, porcentagem de amido, rendimento de farinha, produtividade de amido e produtividade de farinha (Tabela 1). Produção da parte aérea, produtividade de raízes tuberosas, índice de colheita, produtividade de amido e produtividade de farinha também foram afetados pelas épocas de colheita. Efetuando-se o desdobramento das interações foi verificado o efeito de irrigação x épocas de colheita sobre produtividade de amido e de épocas de colheita x cloreto de mepiquat sobre produtividade de amido e produtividade de farinha (Tabela 1). Houve interação épocas de colheita x cloreto de mepiquat para porcentagem de massa seca, porcentagem de amido e rendimento de farinha, e a interação tripla irrigação x épocas de colheita x cloreto de mepiquat foi verificada para produtividade de amido e produtividade de farinha. Esta última interação não foi desdobrada, por não apresentar interesse prático (BANZATTO; KRONKA, 1989).

Tabela 1. Resumo de análise de variância para as características produção da parte aérea (PPA), produtividade de raízes tuberosas (PRT), índice de colheita (IC), porcentagem de massa seca (MS), porcentagem de amido (AM), rendimento de farinha (RFA), produtividade de amido (PAM) e produtividade de farinha (PFAR). Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

F.V.	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		PPA	PRT	IC	MS	AM	RFA	PAM	PFAR
I	3	132,28	265,96	0,0085	6,8918**	6,9121**	10,8217**	46,05**	29,05**
Bloco	2	10,85	133,71	0,0028	3,3165	3,3111	4,9210	1,65	9,40
Resíduo (a)	6	154,13	56,67	0,0150	0,2828	0,2869	0,7748	1,23	1,16
EC	1	2.619,45**	4.727,67**	0,0817**	9,2313	9,2050	18,4264	356,59**	277,58**
I x EC	3	32,63	57,35	0,0015	3,5311	3,5304	6,3850	24,45**	13,13
Resíduo (b)	8	33,56	50,78	0,0044	3,9876	3,9806	6,7928	2,01	4,36
CM	1	51,64	91,65	0,0004	4,6563	4,6750	9,4696	2,36	3,67
I x CM	3	3,51	32,77	0,0016	0,8860	0,8938	2,0910	8,17**	7,15*
EC x CM	1	24,89	94,78	0,0019	7,4498*	7,4261*	11,8803*	2,87	4,18
I x EC x CM	3	4,36	61,08	0,0025	1,0118	1,0038	1,3479	11,75**	10,04**
Resíduo (c)	16	23,34	47,76	0,0024	1,4681	1,4699	2,4299	0,7122	1,50

I: Irrigação; EC: Épocas de Colheita; CM: Cloro de Mepiquat; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Verificou-se que a produção da parte aérea e o índice de colheita não foram influenciados pela irrigação (Tabela 2). Segundo Santos e Carlesso (1998), o suprimento de água para uma cultura resulta de interações estabelecidas ao longo do sistema solo-planta-atmosfera. Entretanto, a produtividade de raízes tuberosas de plantas de mandioca submetidas à irrigação foi superior, durante todo o ciclo, àquela obtida em plantas mantidas sem irrigação, com incremento de 54,98%. Em disponibilidade hídrica favorável, a condutância estomática é otimizada, propiciando maior eficiência de uso da água (maiores taxas de transpiração das plantas, assimilação de C e absorção de água pelas raízes), resultando em elevação da produção (ALVES; SETTER, 2000).

Tabela 2. Produção da parte aérea ($t\ ha^{-1}$), produtividade de raízes tuberosas ($t\ ha^{-1}$) e índice de colheita em função do manejo da irrigação. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Características	Irrigação			
	ausência	nov.-abr.	nov.-abr./ago.-abr.	todo o ciclo
Produção da parte aérea	32,91 a	33,04 a	36,44 a	39,91a
Produtividade de raízes	21,01 b	26,22 ab	27,55 ab	32,46a
Índice de colheita	0,37 a	0,43 a	0,41 a	0,43a

Plantas colhidas aos 18 meses apresentaram maior produção da parte aérea, maior produtividade de raízes e maior índice de colheita (Tabela 3). Tal comportamento indica que estas características aumentaram com a permanência das plantas em campo. Segundo Sagrillo et al. (2002), a segunda fase de repouso fisiológico das plantas mostra-se mais propícia à colheita da mandioca. Ternes (2002) afirma que a colheita da mandioca, quando efetuada com um ou dois ciclos, não influencia de maneira significativa o número de raízes tuberosas por planta, determinado basicamente no segundo e terceiro meses após o plantio. Nota-se ganho de 19,84 toneladas de raízes tuberosas por hectare quando as plantas são colhidas aos 18 meses, o que representa

incremento de 117,46% na produção, em relação à colheita realizada com nove meses. O índice de colheita pode variar tanto em função da produção da parte aérea quanto em função da produção de raízes tuberosas; valores acima de 60% são considerados adequados (CONCEIÇÃO, 1983).

Tabela 3. Produção da parte aérea ($t\ ha^{-1}$), produtividade de raízes tuberosas ($t\ ha^{-1}$) e índice de colheita em função das épocas de colheita. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Características	Épocas de colheita (meses)	
	9 (ago.)	18 (maio)
Produção da parte aérea	28,19b	42,96 ^a
Produtividade de raízes	16,89b	36,73 ^a
Índice de colheita	0,37b	0,45 ^a

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para plantas irrigadas, em qualquer período, as porcentagens de massa seca e de amido das raízes foram superiores às observadas para plantas mantidas na ausência de irrigação (Tabela 4).

Tabela 4. Porcentagens de massa seca, amido e rendimento de farinha de raízes de plantas de mandioca em função do manejo da irrigação. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Características	Irrigação			
	ausência	nov.-abr.	nov.-abr./ago.-abr.	todo o ciclo
Massa seca (%)	30,35c	32,17a	31,58ab	31,35b
Amido (%)	25,70c	27,52a	26,93ab	26,70b
Rendimento de farinha (%)	22,20b	24,48a	23,70a	23,39ab

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas plantas cultivadas em sequeiro, o acúmulo de massa seca, de amido e de farinha foi inferior ao verificado para os demais manejos de irrigação. Alguns trabalhos demonstram que a irrigação proporciona incremento de 60% no rendimento da mandioca (CARABALLO; VELÁZQUEZ, 2000) e que a otimização da qualidade e produção de amido é diretamente dependente da disponibilidade hídrica, principalmente nos seis meses iniciais da cultura (SANTISOPASRI et al., 2001). Para o

presente estudo, a maximização do acúmulo de massa seca e amido nas raízes não foi relacionada às plantas irrigadas durante todo o ciclo, mas àquelas mantidas sob irrigação parcial, realizada somente no período de novembro a abril. Para estas plantas, foi observado elevado vigor vegetativo inicial das plantas e, no segundo ciclo, o período de restrição hídrica induziu estímulo necessário ao acúmulo de massa seca nas raízes. El-Sharkawy e Cadavid (2002) verificaram efeito semelhante apenas para a cv. CMC 40, na qual a restrição da disponibilidade hídrica, aplicada durante seis meses antes da data de colheita, resultou em produtividade mais elevada em comparação ao controle, irrigado durante todo o ciclo da cultura. Em estudos realizados por Siroth et al. (1999), maiores porcentagens de amido foram verificadas para raízes colhidas aos seis e 14 meses após o plantio, cuja época de colheita ocorreu em período com disponibilidade hídrica não-limitante, porém caracterizada por decréscimo gradual de níveis pluviométricos.

A porcentagem de massa seca, a porcentagem de amido e o rendimento de farinha de raízes tuberosas de plantas de mandioca foram afetados pela interação entre épocas de colheita e cloreto de mepiquat, (Tabela 5). Aos nove meses, não foi verificado efeito da aplicação do cloreto de mepiquat; entretanto, aos 18 meses, as plantas submetidas à aplicação do regulador produziram raízes com menores porcentagens de massa seca e amido em raízes, assim como rendimento de farinha.

Tabela 5. Porcentagem de massa seca, porcentagem de amido em raízes e rendimento de farinha em função das épocas de colheita e do cloreto de mepiquat. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Cloreto de mepiquat	Épocas de colheita (meses)		Médias
	9 (ago.)	18 (maio)	
----- Porcentagem de Massa Seca -----			
sem	31,72Aa	31,63Aa	31,67
com	31,88Aa	30,22Bb	31,05
Médias	31,80	30,92	
----- Porcentagem de amido em raízes -----			
sem	27,07Aa	26,98Aa	27,02
com	27,23Aa	25,57Bb	26,40
Médias	27,15	26,27	
----- Rendimento de farinha -----			
sem	24,01Aa	23,76Aa	23,89
com	24,12Aa	21,88Bb	23,00
Médias	24,06	22,82	

Para mesma característica, médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

A aplicação do cloreto de mepiquat ocorreu no início do período de repouso e sua eficiência pode ter sido limitada, uma vez que neste estágio a planta reduziria naturalmente o seu desenvolvimento, não

sendo percebidas diferenças significativas na primeira colheita. O efeito do cloreto de mepiquat na fisiologia da planta pode ter sido temporário e, ao iniciar o crescimento vegetativo, possivelmente, reservas das raízes tuberosas foram empregadas para a recuperação da parte aérea, diminuindo, assim, o acúmulo de carboidratos nas raízes de reservas, de modo a minimizar os teores de massa seca, amido e farinha (SANTISOPASRI et al., 2001).

Analisando-se o desdobramento da interação irrigação x épocas de colheita (Tabela 6), foi observado que, apesar da tendência de maior porcentagem de amido para raízes colhidas aos nove meses (Tabela 5), a elevada produção aos 18 meses de ciclo (Tabela 2) foi fator determinante para a maior produtividade de amido na ocasião, independentemente do manejo da irrigação (Tabela 6). O efeito do manejo da irrigação sobre a produtividade de amido ocorreu somente aos 18 meses, quando foi constatado um gradiente crescente dessa característica quanto maior a disponibilidade hídrica promovida pelos períodos diferenciados de irrigação. Portanto, o índice produtividade de amido, embora pouco explorado em estudos acadêmicos, torna-se de grande utilidade para tomadas de decisões objetivas, em grande escala de produção, principalmente quando o foco é a otimização da produção de amido.

Tabela 6. Produtividade de amido ($t\ ha^{-1}$) em função do manejo da irrigação e épocas de colheita. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Épocas de colheita (meses)	Irrigação			Médias
	ausência	nov.-abr.	nov.abr./ago.abr.	todo o ciclo
9 (ago.)	3,37Ba	5,06Ba	4,76Ba	5,18Ba
18 (maio)	7,06Ac	8,01Ac	10,60Ab	14,50Aa
Médias	5,21	6,53	7,68	9,83

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade e médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a interação entre irrigação e cloreto de mepiquat, quando não foi usado o cloreto de mepiquat, observou-se que as maiores produtividades de amido foram obtidas em plantas submetidas à irrigação por todo o ciclo e irrigadas de novembro a abril, com retomada de agosto a abril (Tabela 7). Sob restrição de disponibilidade hídrica, o mecanismo natural de tolerância das plantas de mandioca foi relacionado por Alves e Setter (2004) à manutenção de elevados valores de potencial hídrico, resultantes da sensibilidade do mecanismo de fechamento dos estômatos e de uma pequena participação do ajuste osmótico. Entretanto, pelo manejo da irrigação, tais estratégias não foram suficientes para a manutenção da produtividade de amido. O efeito favorável da aplicação do cloreto de mepiquat foi verificado apenas quando a cultura foi

conduzida sob irrigação durante todo o ciclo. Em estudos realizados com *Commelina benghalensis*, por Santakumari e Fletcher (1987), foi verificado que a aplicação de compostos triazólicos restringiram a abertura estomática promovida pela aplicação de giberelinas. A corrente transpiratória é um dos principais mecanismos relacionados à ascensão de água das raízes até a copa das plantas, sendo controlada pela intensidade de transpiração foliar. A aplicação de cloreto de mepiquat, por restrição da condutância estomática, reduz a participação da corrente transpiratória, devendo ocorrer adequada disponibilidade hídrica para que a pressão radicular seja potencializada. Desse modo, o efeito positivo da redução da condutância estomática em elevar a disponibilidade hídrica da planta, pela aplicação de cloreto de mepiquat, somente foi observado quando a irrigação foi mantida durante todo o ciclo.

Tabela 7. Produtividade de amido (t ha^{-1}) em função do manejo da irrigação e cloreto de mepiquat. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Cloreto de mepiquat	Irrigação				Médias
	ausência	nov.-abr.	nov.-abr./ago.-abr.	todo o ciclo	
sem	5,91Ab	6,22Ab	8,81Aa	9,21Ba	7,54
com	4,51Bc	6,85Ab	6,56Bb	10,45Aa	7,09
Médias	5,21	6,53	7,68	9,83	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O cloreto de mepiquat atua como retardador de crescimento, inibindo a síntese de giberelina. A aplicação dos reguladores vegetais é recomendada para sistema de cultivo tecnificados, em que fatores como disponibilidade de água e nutrientes não sejam limitantes. Portanto, pela especificidade de ação do regulador, situações de estresse hídrico, em estágios de desenvolvimento, podem alterar a resposta à determinada dose de regulador. Segundo Rangel e Suinaga (2004), plantas submetidas ao estresse de qualquer natureza não devem ser tratadas com reguladores para não comprometer a produção. Para o manejo com irrigação de novembro a abril e retomada de agosto a abril, a menor produção das plantas submetidas ao regulador pode ter ocorrido como consequência do estresse causado pela baixa pluviosidade ocorrida durante a suspensão da irrigação (Figura 1).

Analisando-se o diferencial de produtividade de amido entre ausência de irrigação e irrigação durante todo o ciclo, em função do regulador (Figura 4), verifica-se que o uso do cloreto de mepiquat contribuiu para elevar em até 131,71% a produtividade de amido quando as plantas foram submetidas à irrigação durante todo o ciclo. Este valor ilustra a grande efetividade da aplicação do cloreto de mepiquat, quando conciliado a manejos adequados de irrigação.

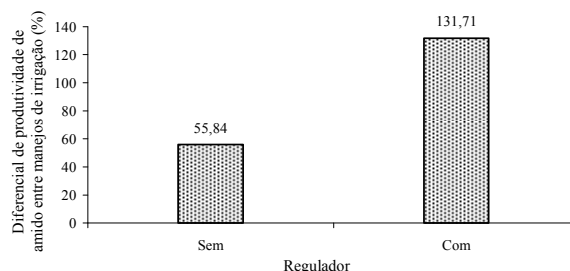


Figura 4. Diferencial de produtividade de amido entre ausência de irrigação e irrigação durante todo o ciclo, em função do uso cloreto de mepiquat. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Raízes colhidas aos 18 meses apresentaram maior produtividade de farinha por hectare (Tabela 8), principalmente pelo aumento da produtividade de raízes tuberosas (Tabela 2). Comportamento semelhante foi verificado para a produtividade de amido (Tabela 6). Segundo Takahashi e Gonçalo (2005), a época de colheita é o fator que mais influencia o rendimento industrial.

Tabela 8. Produtividade de farinha (t ha^{-1}) em função das épocas de colheita. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Característica	Época de colheita (meses)	
	9 (ago.)	18 (maio)
Produtividade de farinha	4,07b	8,88a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se que, na ausência do cloreto de mepiquat, as plantas irrigadas por todo o ciclo apresentaram maior produtividade de farinha do que aquelas cultivadas em sequeiro (Tabela 9); entretanto, para os demais manejos de irrigação, a produtividade foi semelhante. Quando o cloreto de mepiquat foi aplicado simultaneamente à irrigação durante todo o ciclo, foi verificada maior produtividade de farinha. Para o efeito do regulador, em cada manejo de irrigação foi observado que, na ausência de irrigação, a menor produtividade de farinha foi obtida com aplicação do cloreto de mepiquat. Para o manejo irrigado de novembro a abril e irrigado de novembro a abril com retomada de agosto a abril, sem e com uso do cloreto de mepiquat, a produtividade de farinha foi semelhante. Quando aplicado em plantas irrigadas por todo o ciclo, o cloreto de mepiquat aumentou a produtividade de farinha por hectare.

Foi observado decréscimo de $1,73 \text{ t ha}^{-1}$ de produtividade de farinha quando as plantas em condição de sequeiro foram submetidas à aplicação do cloreto de mepiquat (Figura 5). Quando estas foram irrigadas por todo o ciclo, porém, o uso de cloreto de mepiquat elevou significativamente a produtividade de farinha (acréscimo de $1,66 \text{ t ha}^{-1}$). Esse comportamento foi postulado por Rangel e

Suinaga (2004), que descreveram a aplicação de reguladores de crescimento em plantas em condições de estresse. Tais autores relatam decréscimo da produção. A maior produtividade alcançada com a implementação da irrigação durante todo o ciclo pode ser explicada pela interação com o efeito fisiológico do retardador de crescimento, como discutido anteriormente para característica produtividade de amido (Tabela 7).

Tabela 9. Produtividade de farinha (t ha⁻¹) em função do manejo da irrigação e cloreto de mepiquat. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Cloreto de mepiquat	Irrigação				Médias
	ausência	nov.-abr.	nov.-abr./ ago.-abr.	Todo o ciclo	
sem	5,49Ab	6,68Aab	7,23Aab	7,60Ba	6,75
com	3,76Bc	6,03Ab	5,74Ab	9,26Aa	6,20
Médias	4,63	6,35	6,48	8,44	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

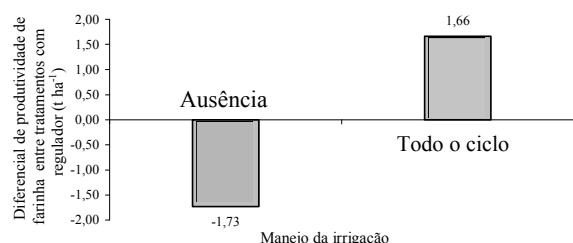


Figura 5. Diferencial de produtividade de farinha entre plantas de mandioca submetidas à aplicação do cloreto de mepiquat e testemunha, em função do manejo da irrigação. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

O diferencial de produtividade de farinha entre ausência de irrigação e irrigação durante todo o ciclo, em função do regulador, demonstra que o cloreto de mepiquat contribuiu para elevar em até 146,28% a produtividade de farinha por hectare (Figura 6).

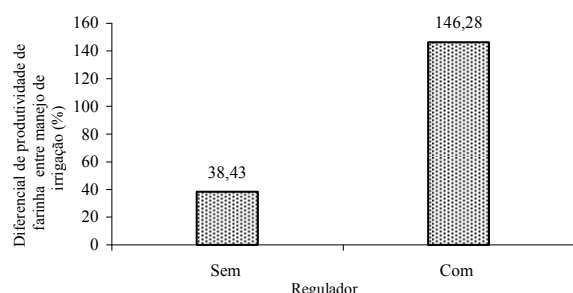


Figura 6. Diferencial de produtividade de farinha entre ausência de irrigação e irrigação, durante todo o ciclo, em função do cloreto de mepiquat. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2007.

Conclusão

A maior permanência das plantas em campo, com colheita realizada aos 18 meses, proporcionou incremento da produção da parte aérea e da

produtividade de raízes tuberosas, que aumentou de 16,89 para 36,73 t ha⁻¹, além de maior índice de colheita.

A produtividade de raízes tuberosas não variou entre os três períodos de irrigação estudados. Somente plantas irrigadas por todo o ciclo apresentaram maior produtividade de raízes tuberosas do que aquelas mantidas na ausência de irrigação. Quando irrigadas, as plantas produziram raízes tuberosas com maior porcentagem de massa seca e de amido. A produtividade de amido de plantas irrigadas por todo o ciclo foi maior, aproximadamente o dobro daquela encontrada em plantas mantidas sem irrigação, quando a colheita foi realizada aos 18 meses.

O cloreto de mepiquat elevou a produtividade de amido e farinha de plantas irrigadas por todo o ciclo.

Referências

- ALVES, A. A. C.; SETTER, T. L. Response of cassava to water deficit: leaf area growth and abscisic acid. **Crop Science**, v. 40, n. 1, p. 131-137, 2000.
- ALVES, A. A. C.; SETTER, T. L. Absciscic acid accumulation and osmotic adjustment in cassava under water deficit. **Environmental and Experimental Botany**, v. 51, n. 3, p. 259-271, 2004.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1989.
- BENESI, I. R. M.; LABUSCHAGNE, M. T.; HERSELMAN, L.; MAHUNGU, N. M.; SAKA, J. K. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. **Euphytica**, v. 160, n. 1, p. 59-74, 2008.
- BILES, S. P.; COTHREN, J. T. Flowering and yield response of cotton to application of mepiquat chloride and PGR-IV. **Crop Science**, v. 41, n. 6, p. 1834-1837, 2001.
- CAMPOS, H. **Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar**. São Paulo: Fealq, 1984.
- CARABALLO, L.; VELÁZQUEZ, E. Respuesta de três cultivares de yuca a diferentes condiciones hídricas y fechas de cosecha. **Agronomía Tropical**, v. 50, n. 2, p. 267-284, 2000.
- CARDOSO, C. E. L.; GAMEIRO, A. H. Caracterização da cadeia industrial. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. cap. 1, p. 19-40.
- COOK, D. R.; KENNEDY, C. W. Early flower bud loss and mepiquat chloride effects on cotton yield distribution. **Crop Science**, v. 40, n. 6, p. 1678-1684, 2000.
- COCK, J. H. **La Yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989.
- CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1983.

- EL-SHARKAWY, M. A.; CADAVID, L. F. Response of cassava to prolonged water stress imposed at different stages of growth. **Experimental Agriculture**, v. 38, n. 3, p. 333-350, 2002.
- FERRARI, S.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, J. V.; SANTOS, M. L.; SANTOS, D. M. A. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.
- FUKUDA, W. M.; CALDAS, R. C. Relação entre os conteúdos de amido e farinha em mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 6, n. 2, p. 57-63, 1987.
- GOMANTHINAYAGAM, M. L.; JALEEL, C. A.; LAKSHMANAN, G. M. A.; PANNEERSELVAM, R. Changes in carbohydrate metabolism by triazole growth regulators in cassava (*Manihot esculenta* Crantz); effects on tuber production and quality. **Comptes Rendues Biologies**, v. 330, n. 9, p. 644-655, 2007.
- GROSSMANN, J.; FREITAS, A. C. Determinação do teor de massa seca pelo peso específico em raízes de mandioca. **Revista Agronômica**, v. 160-162, n. 4, p. 75-80, 1950.
- HENRY, G.; HERSEY, C. Cassava and South America and the Caribbean. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (Ed.). **Cassava: biology, production and utilization**. Oxon: CABI, 2002. p. 17-40.
- HOWELER, R. H. **Nutricion mineral e fertilizacion de la yuca**. Yuca: investigacion, produccion y utilizacion. Cali, 1982. p. 317-357.
- IQBAL, M.; IQBAL, M. Z.; KHAN, R. S.; HAYAT, K.; CHANG, M. A. Response of new cotton variety MNH-700 to mepiquat chloride under varying plant population. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 11, p. 1898-1902, 2004.
- KERALA AGRICULTURAL UNIVERSITY. **Package of practices recommendations: crops**. 12th ed. Trichur: Kerala Agricultural University, 2002.
- MENDONÇA, H. A.; MOURA, G. M.; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 761-769, 2003.
- MONDINO, M. H.; PETERLIN, O. A. Diferentes criterios de decisión para la aplicación de reguladores de crecimiento y su influencia sobre el crecimiento y el crecimiento del algodón (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)**, v. 31, n. 2, p. 117-126, 2002.
- NICHOLS, S. P.; SNIPES, C. E.; JONES, M. A. Evaluation of row spacing and mepiquat chloride in cotton. **Journal of Cotton Science**, v. 7, n. 4, p. 148-155, 2003.
- O'BERRY, N. B.; FAIRCLOTH, J. C.; JONES, M. A.; HERBERT JR., D. A.; ABAYE, A. O.; MCKEMIE, T. E.; BROWNIE, C. Differential responses of cotton cultivars when applying mepiquat pentaborate. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 1, p. 25-3, 2009.
- OLIVEIRA, S. L.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, C. P. Irrigação. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. cap. 11, p. 291-300.
- PETTIGREW, W. T.; JOHNSON, J. T. Effects of different seeding rates and plant growth regulators on early-planted cotton. **Journal of Cotton Science**, v. 9, n. 1, p. 189-198, 2005.
- RANGEL, L. E. P.; SUINAGA, F. A. **Uso de reguladores nas novas variedades de algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.
- ROCA, W. M.; NOLT, B.; MAFLA, G.; ROA, J.; REYES, R. Eliminación de virus e propagación de clones en la yuca (*M. esculenta* Crantz). In: ROCA, W. M.; MROGINSKI, L. A. (Ed.). **Cultivo de tejidos en la agricultura, fundamentos y aplicaciones**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1991. p. 403-420.
- REDDY, V. R.; BAKER, D. N.; HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride on cotton canopy architecture. **Agronomy Journal**, v. 82, n. 2, p. 190-195, 1990.
- SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; MAIA, R. R.; KVITSCHAL, M. V. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 115-125, 2002.
- SANTAKUMARI, M.; FLETCHER, R. A. Reversal of triazole-induced stomatal closure by gibberellic acid and cytokinins in *Commelina benghalensis*. **Physiologia Plantarum**, v. 71, n. 1, p. 95-99, 1987.
- SANTISOPASRI, C.; KUROTJANAWONG, K.; CHOTINEERANAT, S.; PIYACHOMKWAN, K.; SRIROTH, K.; OATES, C. G. Impact of water stress on yield and quality of cassava starch. **Industrial Crops and Products**, v. 13, n. 2 p. 115-129, 2001.
- SANTOS, F. R.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SRIROTH, K.; SANTISOPASRI, V.; PETCHALANUWAT, C.; KUROTJANAWONG, K.; PIYACHOMKWAN, K.; OATES, C. G. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 38, n. 2, p. 161-170, 1999.
- STEWART, M. A.; EDMISTEM, K. L.; WELLS, R.; JORDAN, D. L.; YORK, A. C. Wick applicator for applying mepiquat chloride on cotton: I. Rate response of wick spray delivery systems. **Journal of Cotton Science**, v. 5, n. 1, p. 9-14, 2001.
- TAKAHASHI, M.; GONÇALO, S. **A cultura da mandioca**. Paranavaí: Olímpica, 2005.
- TERNES, M. Fisiologia da mandioca. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2002. v. 2, p. 66-82.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. Pix plus and mepiquat chloride effects on physiology, growth, and yield of field-grown cotton. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 19, n. 4, p. 415-422, 2000.

WIEDENFELD, B. Enhanced sugarcane establishment using plant growth regulators. **Journal American Society of Sugarcane Technologists**, v. 23, n. 1, p. 48-61, 2003.

Received on July 16, 2007.

Accepted on January 21, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.