

Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca

Nelson dos Santos Cardoso Júnior^{1*}, Anselmo Eloy Silveira Viana¹, Sylvana Naomi Matsumoto¹, Tocio Sedyama², Cláudio Lúcio Fernandes Amaral³, Aureliano José Vieira Pires³ e Paula Acácia Silva Ramos³

¹Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Cx. Postal 95, 45.083-920, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. ²Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ³Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. *Autor para correspondência: e-mail: ncardoso@uesb.br

RESUMO. Para avaliar o efeito do nitrogênio sobre teor de HCN, teor de clorofila, nitrogênio e proteína, em plantas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), foram conduzidos dois experimentos na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, Estado da Bahia. No experimento instalado a campo, estudou-se a aplicação de seis doses de nitrogênio (0, 50, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹) em duas variedades de mandioca, Sergipe e Lisona, adotando-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com os tratamentos arranjados segundo esquema fatorial. Os resultados mostraram efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico nas folhas, aos 90 dias após brotação. Verificou-se que houve variação de HCN entre as variedades avaliadas, nas folhas, aos 180 dias e nas raízes tuberosas, aos 360 dias, por ocasião da colheita. As demais características avaliadas não foram influenciadas pelas doses de nitrogênio. No experimento instalado em casa de vegetação, utilizando delineamento inteiramente casualizado e arranjo fatorial, avaliou-se o comportamento das mesmas variedades de mandioca, em solução nutritiva, com diferentes níveis de nitrogênio (15, 30, 60 e 120 mmol mL⁻¹), durante 60 dias. Observou-se efeito do nitrogênio sobre os teores de clorofila, de nitrogênio e de proteína nas folhas. Os teores de HCN não foram influenciados pelos níveis de nitrogênio utilizados. Observou-se efeito de variedade sobre o teor de clorofila e de HCN nas folhas.

Palavras-chave: Cianeto, adubação nitrogenada, clorofila, nitrogênio, proteína.

ABSTRACT. Effect of nitrogen on HCN content in cassava plants. In order to evaluate the effect of nitrogen on the levels of HCN, chlorophyll, nitrogen and protein in cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz), two experiments were carried out at the State University of Southwestern Bahia (in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil). In this field study, six treatments of nitrogen were conducted (0, 50, 100, 200, 300, and 400 kg ha⁻¹) on two varieties of cassava (Sergipe and Lisona), using experimental delineation in randomized blocks, with treatments arranged in a factorial scheme. Results showed the effect of nitrogen on the level of cyanhydric acid in the leaves, 90 days after sprouting. Variation in HCN was observed in the leaves at 180 days and in the tuber roots at 360 days, during the harvest. Other characteristics studied were not influenced by nitrogen dosages. The behavior of the same varieties of cassava, in nutritive solution with different levels of nitrogen (15, 30, 60, and 120 mmol mL⁻¹), was evaluated for 60 days, in an experiment conducted in a greenhouse, using an entirely randomized delineation and factorial scheme. Effect of nitrogen on the levels of chlorophyll, nitrogen, and protein of the leaves was observed. The levels of HCN were not influenced by the levels of nitrogen studied. Effect of variety was observed on the levels of chlorophyll and HCN of the leaves.

Key words: cyanide, nitrogen fertilizer, chlorophyll, nitrogen, protein.

Introdução

A raiz da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é o terceiro mais importante alimento energético nos trópicos, após o arroz e o milho. Essa cultura ocupa cerca de 17 milhões de hectares no mundo, com produção de 189 milhões de toneladas de raízes tuberosas (FAO, 2004). O Brasil produz 23 milhões

de toneladas de raízes tuberosas de mandioca com área cultivada de 1,7 milhões de hectares. Deste total, o Estado da Bahia, segundo maior produtor de mandioca do país, contribuiu com 4 milhões de toneladas (IBGE, 2004).

As folhas dessa tuberosa apresentam grande potencial de uso como fonte de proteínas, minerais e vitaminas na dieta humana nos trópicos e, na

alimentação animal, sua importância tem sido destacada (Sinwambana *et al.*, 1992). No Brasil, a mandioca é geralmente cultivada para exploração econômica das raízes tuberosas e, eventualmente, da parte aérea na alimentação animal, apesar do seu alto valor nutritivo e ótima aceitabilidade pelos animais.

A capacidade de produzir ácido cianídrico é um fenômeno encontrado em aproximadamente 3.000 diferentes espécies de plantas. Várias delas produzem quantidades suficientes de compostos cianogênicos que podem funcionar como formas de transporte de nitrogênio reduzido ou de moléculas químicas na defesa contra insetos (McMahon *et al.*, 1995; White *et al.*, 1998). Muitas espécies economicamente importantes, tais como o sorgo, o linho, a ameixa, o damasco, o trevo branco, o bambu, a seringueira e a mandioca, apresentam diferentes quantidades de cianeto (Haque e Bradbury, 2002).

A mandioca é a cultura alimentar mais importante dentre as produtoras de cianeto. Em todos os seus tecidos, com exceção das sementes, há grandes quantidades dos glicosídeos cianogênicos linamarina e lotaustralina, ocorrendo acentuadas diferenças entre as variedades (Elias *et al.*, 1997) que oscilam nos diferentes tecidos, sendo que nas folhas, ramos e casca da raiz encontram-se níveis mais altos desses glicosídeos do que na polpa das raízes tuberosas (Nambisan e Sundaresan, 1984). Essa concentração é maior nas folhas jovens do que nas adultas. O córtex de uma raiz de variedade mansa pode conter maior teor de cianeto do que a polpa de uma variedade brava (Conceição, 1983).

O conteúdo de cianeto nas raízes varia de acordo com a variedade, podendo ser encontrados valores entre 22 e 1.000 mg kg⁻¹ de polpa fresca (Piva, 1987; Borges *et al.*, 2002). Bolhuis (1954) propôs classificar raízes de diferentes variedades de mandioca, baseando-se na quantidade de ácido cianídrico, em mansa - quando apresenta menos de 50 mg de HCN por kg de polpa fresca; em intermediária - de 50 a 100 mg de HCN por kg de polpa fresca e em brava - acima de 100 mg de HCN por kg de polpa fresca.

Atualmente, tem-se proposto uma classificação mais tolerante e consideram-se mansas as variedades que apresentam até 100 mg de HCN por kg de polpa de raiz fresca. Já aquelas com concentrações acima de 100 mg de HCN por kg de polpa de raiz fresca são denominadas bravas, impróprias para o consumo *in natura*, sendo indicadas para a indústria, onde durante o processamento sua toxicidade é bastante reduzida (Borges *et al.*, 2002).

O Ministério da Indústria e Comércio da Nigéria recomenda para o consumo *in natura* as variedades de mandioca que apresentam valores menores que 40 mg de HCN por kg de polpa de raiz fresca (Hidayat *et al.*, 2000).

Estudos indicam que o processamento industrial normalmente utilizado não remove todo o cianeto presente nas raízes da mandioca, apresentando, ainda, de acordo com o método utilizado nos diferentes produtos, conteúdo final equivalente de 2 a 88 mg kg⁻¹ de HCN (Yeoh e Sun, 2001).

Nos estádios mais avançados de desenvolvimento da planta uma grande porção de glicosídeos cianogênicos pode ser translocada das folhas para as raízes, sugerindo, portanto, que o potencial de HCN nas raízes não está necessariamente correlacionado com a atividade biossintética nessa parte da planta (Du *et al.*, 1995).

Devido à grande variabilidade entre as variedades relacionadas aos teores dos compostos cianogênicos, e, como a síntese de tais compostos envolve aminoácidos, há evidências de que o metabolismo de nitrogênio esteja relacionado ao teor de ácido cianídrico encontrado nas plantas de mandioca (Solomonson e Barber, 1990).

O nitrogênio é um importante componente das células dos vegetais, compondo sua estrutura e funções metabólicas essenciais. Esse nutriente está diretamente envolvido no crescimento, no metabolismo intermediário e no metabolismo energético de células vivas (Håk e Nátr, 1987). Também é componente básico da proteína, da clorofila, das enzimas, dos hormônios e das vitaminas. É um elemento constituinte dos glicosídeos cianogênicos que produzem ácido cianídrico (Clarkson e Hanson, 1980).

Temperatura e aspectos nutricionais, principalmente variações dos teores de N, são os mais importantes fatores que atuam sobre os níveis de glicosídeos cianogênicos ou HCN (Vetter, 2000).

Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito de níveis de nitrogênio sobre o teor de HCN em plantas de mandioca.

Material e métodos

Foram realizados dois experimentos, um a campo e outro em casa de vegetação, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, Estado da Bahia, localizado no Sudoeste do Estado da Bahia, situado a 14°53' de latitude Sul, 40°48' de longitude Oeste e 870 m de altitude. O índice pluviométrico médio anual é de 733,9 mm, com maior concentração entre os meses de novembro a março. As temperaturas máxima e mínima apresentam médias de 25,3 e 16,1°C, respectivamente.

Na Figura 1 estão apresentados os dados climáticos, obtidos durante o período de condução dos experimentos, referentes à precipitação pluvial, a temperatura média máxima e a temperatura média mínima.

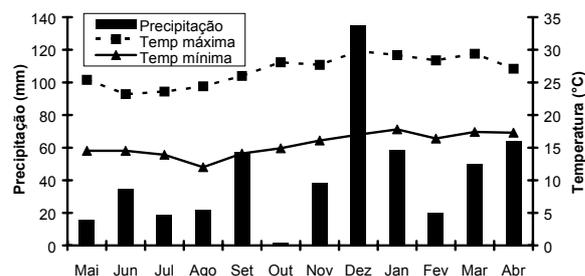


Figura 1. Médias mensais de precipitação pluvial e de temperatura máxima e mínima do ar, no período de maio de 2002 a abril de 2003. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Experimento a campo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico, típico, textura franco argilo-arenosa, relevo plano, obtendo-se os seguintes resultados das análises químicas: pH em água, 5,4; P, 2 mg dm⁻³; K⁺, 0,28 cmol_c dm⁻³; Al³⁺, 0,1 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺, 2,1 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺, 0,9 cmol_c dm⁻³; H⁺+Al³⁺, 2,8 cmol_c dm⁻³; MO, 25 g dm⁻³.

Foram utilizadas as variedades de mandioca conhecidas regionalmente por Sergipe e Lisona. A primeira é tida como variedade brava, muito utilizada para produção de farinha e de amido e a segunda, considerada mansa, é usada como mandioca-de-mesa, na alimentação animal e bastante procurada para a indústria de farinha.

O experimento foi realizado entre maio de 2002 e abril de 2003, em solo arado, gradeado e sulcado com intervalo de 1,0 m entre sulcos. As manivas, colhidas de plantas sadias com idade aproximada de 14 meses, foram colocadas nos sulcos e cobertas com 10 cm de solo.

A seleção das manivas para o plantio foi feita procurando uniformizar ao máximo todo o material utilizado. Foram usadas as frações do terço médio da planta, com 20 cm de comprimento e 2 a 3 cm de diâmetro, perfazendo uma média de oito gemas para a variedade Sergipe e 6 gemas para a variedade Lisona. O corte, feito com facão, foi reto nas duas extremidades.

No plantio foi feita adubação, colocando-se no fundo do sulco 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, de acordo com recomendação de Nogueira e Gomes (1999), tendo-se o cuidado de colocar uma camada de aproximadamente 3 cm de solo entre o adubo e as manivas. A adubação nitrogenada, em cobertura, na forma de uréia, foi fracionada em três aplicações, aos 60, 150 e 240 dias após a brotação, de acordo com as quantidades estabelecidas para cada tratamento. Foram realizadas capinas manuais uma semana antes da aplicação de cada adubação nitrogenada.

Adotou-se o delineamento experimental em

blocos casualizados com os tratamentos arranjados segundo esquema fatorial, com seis níveis de nitrogênio (0, 50, 100, 200, 300 e 400 kg de N ha⁻¹) e duas variedades de mandioca, totalizando 12 tratamentos, com 4 repetições. Cada parcela, com 36,0 m², foi formada por quatro linhas de 9 m de comprimento, com espaçamento de 1,0 m entre elas e 0,6 m entre plantas, perfazendo 15 plantas por linha, sendo as 26 plantas centrais consideradas úteis, correspondentes a uma área de 15,6 m².

Durante a condução deste experimento foram avaliadas as características:

a) Teor de cianeto em folhas – medido aos 90, 180, 270 e 360 dias após brotação da planta. As folhas foram colhidas em três alturas do caule (basal, mediana e apical), destacadas na inserção do pecíolo com o limbo foliar e imediatamente levadas ao laboratório, onde foram cortadas em pedaços de aproximadamente 2 cm². Foram maceradas 20 g das folhas e destiladas em sistema fechado por arraste de vapor d'água, seguida de argentimetria ácida de acordo com método titulométrico proposto por Teles (1972).

b) Teor de cianeto em polpa de raízes tuberosas – aos 360 dias após brotação da planta, seguindo metodologia titulométrica descrita por Teles (1972).

c) Teor de clorofila nas folhas da planta aos 360 dias após a brotação. As determinações foram realizadas em 4 folhas da porção mediana da copa, com clorofilômetro marca Minolta, modelo SPAD/502, em cinco plantas por parcela (Markwell *et al.*, 1995).

d) Nitrogênio total na matéria seca das folhas – aos 360 dias após brotação da planta, foram coletadas folhas em três alturas do caule (basal, mediana e apical), destacadas na inserção do pecíolo com o limbo foliar. O nitrogênio foi determinado pelo processo semimicro Kjeldahl, conforme descrito por Silva e Queiroz (2002).

e) Proteína bruta na matéria seca das folhas – a conversão para proteína bruta foi feita através da multiplicação do teor de nitrogênio encontrado pelo fator 6,25 (Silva e Queiroz, 2002).

Experimento em casa de vegetação

Foi realizado entre 18 de junho e 16 de agosto de 2002 em casa de vegetação, com cobertura de plástico transparente e laterais de sombrite, no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Estado da Bahia.

Inicialmente, foram retiradas manivas de 15 cm de comprimento do terço médio de plantas sadias das variedades Sergipe e Lisona, com idade aproximada de 14 meses. As manivas foram lavadas com hipoclorito de sódio 5% (v/v) por 10 minutos; lavadas, novamente, com água de torneira e colocadas

em bandeja de plástico com areia e regadas diariamente.

Quando as brotações atingiram aproximadamente 15 cm de altura foram destacadas das manivas e colocadas em solução de ácido indolbutírico (IBA), na concentração de 1 mg L⁻¹, por 24 horas. Em seguida, colocou-se dois brotos de cada variedade, por uma semana, em água deionizada, em vasos plástico com capacidade para três litros com arejamento contínuo. A partir da segunda semana foram adicionadas aos vasos soluções nutritivas, modificadas a partir da solução de Hoagland e Arnon (1950), com diferentes concentrações de N (Tabela 1). Essas soluções foram preparadas para apresentar quatro níveis de N (15, 30, 60 e 120 mmol L⁻¹). Para a adição de micronutrientes não houve modificação na formulação original. O pH inicial de todas as soluções foi ajustado para 5,5. Diariamente, foi feita correção de pH e complementação do nível da solução com água deionizada. A solução nutritiva foi trocada a cada semana.

Tabela 1. Composição dos sais para fornecimento de macronutrientes das soluções nutritivas de crescimento.

Concentração de N nas soluções (mmol mL ⁻¹)	Ca(NO ₃) ₂	KNO ₃	NH ₄ NO ₃	KH ₂ PO ₄	MgSO ₄
15	5,0	5,0	-	1,0	2,0
30	5,0	5,0	7,5	1,0	2,0
60	5,0	5,0	22,5	1,0	2,0
120	5,0	5,0	52,5	1,0	2,0

Os níveis de nitrogênio foram mantidos constantes durante os 60 dias em que as plantas permaneceram nos vasos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos, formados pela combinação de duas variedades (Sergipe e Lisona) e quatro níveis de nitrogênio (15, 30, 60, 120 mmol L⁻¹), arranjos segundo o esquema fatorial, com cinco repetições. Cada parcela experimental foi constituída por duas plantas, em um vaso.

As plantas colhidas aos 60 dias de idade foram submetidas às avaliações de teores de HCN nas folhas, de clorofila foliar, de nitrogênio e de proteína bruta na matéria seca das folhas segundo as metodologias utilizadas no experimento anterior.

Os dados, dos dois experimentos, foram submetidos à Análise de Variância e de Regressão

Tabela 4. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características HCN das folhas, aos 90 dias após emergência (HCN1), aos 180 dias após emergência (HCN2), aos 270 dias após emergência (HCN3), aos 360 dias após emergência (HCN4) e na polpa de raízes tuberosas, aos 360 dias após emergência (HCNR) de plantas de mandioca variedades Sergipe e Lisona a campo. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Causas da variação	GL	Quadrados Médios				
		HCN1	HCN2	HCN3	HCN4	HCNR
Blocos	3	1391,167	824,9722*	8608,132*	5706,917*	2817,576
Variedades (V)	1	26980,08*	172560,1*	559656,0*	565068,0*	20213,02*
Nitrogênio (N)	5	3248,93*	6263,083	3799,971	2736,183	2493,137
V x N	5	446,483	9889,983*	1613,371	2306,300	960,1708

utilizando o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG 8.0 (Ribeiro Júnior, 2001). As médias dos fatores qualitativos foram comparadas utilizando-se o teste F. Para o fator quantitativo, utilizou-se a regressão, e os modelos foram escolhidos com base na sua significância, utilizando-se o teste F e o coeficiente de determinação.

Resultados e discussão

Experimento a campo

Observa-se, na Tabela 2, que não houve efeito de variedades sobre os teores de clorofila na folha e nitrogênio e proteína bruta na matéria seca das folhas e nem das doses de nitrogênio sobre essas características.

Tabela 2. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características clorofila, teor de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha (PB) aos 360 dias no experimento em campo. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Causas da variação	GL	Quadrados Médios		
		Clorofila	N	PB
Blocos	3	8,7208	0,0130	0,5087
Variedades (V)	1	13,1252	0,7901	30,8641
Nitrogênio (N)	5	1,0897	0,3093	12,0825
V x N	5	2,7137	0,1782	6,9609
Resíduo	33	7,8439	0,3158	12,3357
CV (%)		5,89	11,75	11,75

Verificando-se os teores de clorofila e de nitrogênio e o percentual de proteína bruta da matéria seca foliar (Tabela 3), observa-se que não houve diferença significativa entre as variedades.

Tabela 3. Médias de teor de clorofila na folha, teor de nitrogênio (N) e porcentagem de proteína bruta da matéria seca foliar (PB) de plantas de mandioca variedades Sergipe e Lisona, aos 360 dias, em experimento a campo. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Variáveis	Variedades	
	Sergipe	Lisona
Clorofila (unidade SPAD)	47,04a	48,08a
N (g kg ⁻¹)	49,10a	46,60a
PB (%)	30,69a	29,12a

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Houve efeito significativo das variedades de mandioca sobre o teor de HCN das folhas aos 90, 180, 270 e 360 dias após a brotação das plantas e, também, sobre o teor de HCN das raízes no

Resíduo	33	1066,576	3683,563	2305,496	3508,568	1127,289
CV (%)		8,05	15,24	12,37	15,95	22,37

*Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

momento da colheita. As doses de nitrogênio influenciaram o teor de HCN nas folhas apenas na idade de 90 dias após emergência (Tabela 4).

As médias de HCN obtidas para variedades podem ser verificadas na Tabela 5 na qual observa-se que, em todas as épocas, a variedade Sergipe apresentou maiores teores de HCN que a variedade Lisona. Esse comportamento é, possivelmente, decorrente da eficiência da produção de glicosídeos cianogênicos e do seu transporte das folhas para as raízes, o que provavelmente é uma característica varietal devido a índices diferentes de biossíntese e degradação (Joseph *et al.*, 2001).

Tabela 5. Médias de HCN (mg kg⁻¹) de folhas e raízes de plantas de mandioca, variedades Sergipe e Lisona, a campo. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Variáveis	Variedades	
	Sergipe	Lisona
HCN nas folhas, aos 90 dias	429,2a	381,7b
HCN nas folhas, aos 270 dias	496,4a	280,7b
HCN nas folhas, aos 360 dias	480,4a	263,3b
HCN nas raízes tuberosas, aos 360 dias	171,0a	129,9b

Na linha, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Realizado o desdobramento da interação variedade x nitrogênio para estudar o efeito de doses de nitrogênio em cada variedade sobre a característica teor de HCN, aos 180 dias após brotação das plantas, verificou-se que a variedade Sergipe apresentou maior teor de HCN, em relação à variedade Lisona para as doses de 0, 66,67, 133,33 e 200,00 kg ha⁻¹ e não apresentou diferença significativa para as doses de 33,33 e 266,67 kg ha⁻¹ (Tabela 6). Ficou demonstrado, neste caso, que apesar do aumento das doses de nitrogênio, o que prevaleceu foi o efeito da variedade sobre os teores de HCN nas folhas, sugerindo, portanto, que a síntese de glicosídeos cianogênicos pode variar de acordo com a variedade (Du *et al.*, 1995).

A Figura 2 apresenta o teor de HCN obtido da média das duas variedades de mandioca, com 90 dias após brotação. Observa-se efeito linear de doses de nitrogênio sobre teor de HCN nas folhas. Esse comportamento é, provavelmente, devido ao aumento na síntese de glicosídeos cianogênicos que ocorre com maior disponibilidade de nitrogênio no solo (Nartey, 1978; Vetter, 2000). Foi verificado por El-Essawi *et al.* (1995), em experimento a campo, aumento significativo de HCN em plantas de sorgo, em função de níveis crescentes de adubação nitrogenada e fosfatada.

Tabela 6. Médias de HCN (mg kg⁻¹) nas folhas de plantas de mandioca, variedades Sergipe e Lisona, a campo, aos 180 dias após brotação, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista,

Estado da Bahia, 2003.

Variedade	Dose de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)					
	0	33,33	66,67	133,33	200,00	266,67
Sergipe	472,0a	386,0a	492,3a	460,3a	509,2a	429,7a
Lisona	344,0b	318,7a	381,0b	337,0b	263,0b	386,2a

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

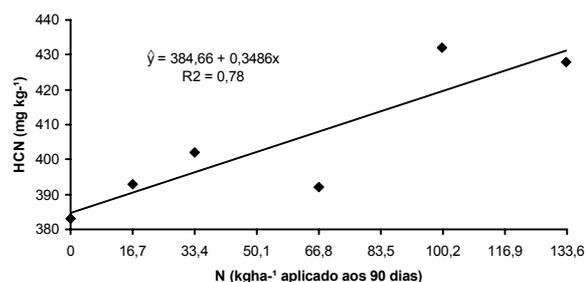


Figura 2. Estimativa do teor de HCN, em folhas de plantas de mandioca, a campo, para as variedades Sergipe e Lisona, medido aos 90 dias após brotação, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Experimento em casa de vegetação

Houve efeito de variedades sobre clorofila e teor de ácido cianídrico nas folhas (Tabela 7). Observa-se, na mesma tabela que houve efeito do nitrogênio sobre clorofila, teor de nitrogênio e porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha. Não foi encontrado efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico das folhas. Krochmal e Samuels (1970), citados por Howeler (2002), observaram que altas doses de N levam a redução da produção de raízes, ao aumento de crescimento da parte aérea e estimulam a produção de compostos nitrogenados, como proteína e HCN.

Tabela 7. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características clorofila, teor de ácido cianídrico nas folhas (HCN), teor de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha (PB) de plantas de mandioca variedades Sergipe e Lisona, cultivadas em solução nutritiva por 60 dias. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Causas da variação	GL	Quadrados Médios			
		Clorofila	HCN	N	PB
Variedade (V)	1	308,5802*	14.630,62*	1,0989	52,1666
Nitrogênio (N)	3	114,4855*	6.338,558	13,9452*	515,4827*
V x N	3	56,4621*	6.069,092	0,1988	6,3040
Resíduo	32	14,8717	2.833,087	0,6626	25,1160
CV (%)		7,27	13,71	17,74	17,41

*Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 8, nota-se que a variedade Sergipe superou a Lisona na característica teor de HCN nas folhas, o que comprova, mais uma vez, o efeito da variedade sobre essa característica.

Tabela 8. Médias das características teor de ácido cianídrico nas folhas (HCN), teor de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha (PB) de plantas de mandioca variedades Sergipe e Lisona, cultivadas por 60 dias, em solução nutritiva. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Variáveis	Variedades	
	Sergipe	Lisona
HCN (mg kg ⁻¹)	407,25 ^a	369,00b
N (g kg ⁻¹)	47,50a	44,20a
PB (% na MS)	29,93a	27,64a

Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Para os valores das leituras obtidas com o clorofilômetro, a interação variedade x dose de nitrogênio foi significativa (Tabela 7). Comparando-se as médias (Tabela 9) observa-se que a variedade Sergipe apresentou teor de clorofila maior do que a variedade Lisona, quando a concentração de nitrogênio foi a mais elevada. Nos tratamentos com menores concentrações de N, os valores de clorofila foram semelhantes, embora a variedade Sergipe tenha apresentado sempre tendência a valores mais elevados.

Tabela 9. Interação Variedade x Dose de nitrogênio para a característica clorofila, em unidade SPAD, em plantas de mandioca variedades Sergipe e Lisona cultivadas, por 60 dias, em solução nutritiva. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Doses de N (mmol mL ⁻¹)	Sergipe	Lisona
15	49,57a	47,68a
30	54,89a	50,12a
60	58,20a	55,10a
120	60,51a	48,05b

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

A Figura 3 refere-se à variação de N na matéria seca da folha obtida da média das duas variedades de mandioca. Observa-se efeito quadrático da dose de nitrogênio, usada na solução nutritiva, sobre porcentagem de N na matéria seca das folhas. Estimando-se pela equação de regressão, o maior teor de nitrogênio na matéria seca foliar foi de 6,09% com concentração de 80,50 mmol L⁻¹ de N.

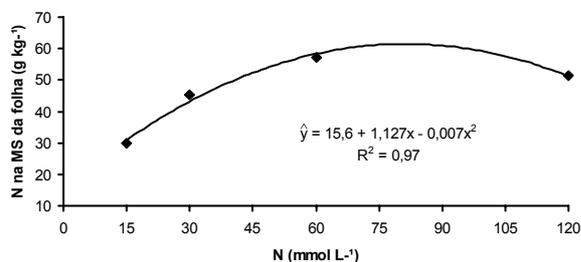


Figura 3. Estimativa de variação de nitrogênio na matéria seca da folha de planta de mandioca em função de doses de nitrogênio em solução nutritiva para as variedades Sergipe e Lisona. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Na Figura 4, observa-se efeito linear crescente de nitrogênio na solução nutritiva sobre teor de clorofila,

para a variedade Sergipe e efeito quadrático para a variedade Lisona. Essa característica, na variedade Lisona, apresentou valor máximo de clorofila, estimado pela equação de regressão de 55,07 unidade SPAD e, para dose de nitrogênio, de 69,88 mmol mL⁻¹. O fato dos valores indicados pelo clorofilômetro decrescerem a partir desse máximo, demonstrou que, provavelmente, a variedade Lisona não tem o mesmo comportamento que a variedade Sergipe, para absorver maiores quantidades de nitrogênio amoniacal da solução. Foi observado, nas plantas da variedade Lisona, submetidas ao tratamento com maior concentração de nitrogênio, a presença de folhas cloróticas, influenciando, possivelmente, os valores mais baixos de clorofila.

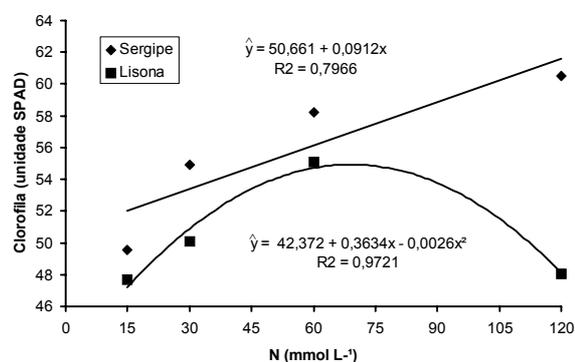


Figura 4. Estimativa de teor de clorofila, em plantas de mandioca, variedades Sergipe e Lisona cultivadas em solução nutritiva, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 2003.

Em trabalho realizado com *Panicum maximum*, Andrade *et al.* (2001) constataram que o nitrogênio total, na parte aérea, tende a aumentar até a proporção de 50% de N na forma de amônio para, em seguida, cair a um valor mínimo no tratamento com 100% de amônio.

As plantas cultivadas no campo e na solução nutritiva não apresentaram correlação entre HCN e porcentagem de proteína bruta na matéria seca de folhas, o que é um bom indicativo de que parte aérea com maiores teores de proteína não apresentam, necessariamente, altos valores de ácido cianídrico, podendo ser boa opção, como alimento de qualidade, na atividade pecuária. Asher (1975) e Obigbesan e Fayemi (1976) encontraram resultados semelhantes para correlação entre nitrogênio na matéria seca foliar e teor de HCN nas raízes tuberosas. As correlações encontradas para proteína bruta na matéria seca de folha foram semelhantes às do nitrogênio, pois essas duas características, pela metodologia utilizada na sua determinação, estão com a máxima correlação.

Conclusão

A utilização de nitrogênio no solo não

proporcionou aumento no teor de clorofila no teor de nitrogênio na matéria seca foliar, na porcentagem de proteína bruta na matéria seca foliar e sobre o teor de HCN de raízes tuberosas. O teor de HCN nas folhas só foi influenciado pelo efeito das doses de nitrogênio, quando este foi determinado aos 90 dias após a brotação.

Nas plantas cultivadas em solução nutritiva, o teor de clorofila e porcentagem de nitrogênio na matéria seca foliar foram influenciados, positivamente, pelo aumento das concentrações de nitrogênio até 60 mmol mL⁻¹.

Referências

- ANDRADE, S.R.M. *et al.* Assimilação do nitrogênio pelas plantas de *Panicum maximum*, cv. Vencedor, submetidas a diferentes proporções NH₄⁺/NO₃⁻. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, Embrapa Cerrados, n. 13, p. 1-20, 2001.
- ASHER, C.J. Symptoms of nutritional disorders in cassava. *J. Sci. Agric.*, Cambridge, v. 65, p. 311-322, 1975.
- BOLHUIS, G.G. The toxicity of cassava roots. *Netherlands J. Agric. Sci.*, Cambridge, v. 2, n. 3, p. 176-185, 1954.
- BORGES, M.F. *et al.* Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 11, p.1559-1565, 2002.
- CLARKSON, D.T.; HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, n. 31, p. 239-298, 1980.
- CONCEIÇÃO, A.J. *A mandioca*. São Paulo: Nobel, 1983, 382 p.
- DU, L. *et al.* Biosynthesis of cyanogenic glucosides in cassava. *Phytochemistry*, New York, v. 39, n. 2, p. 323-326, 1995.
- EL-ESSAWI, T.M. *et al.* Effect of balanced manuring on *Sorghum* growth and increasing utilization of nutrients. *Egypt. J. Soil Sci.*, Cairo, v. 35, 253-264, 1995.
- ELIAS, M.; *et al.* Catabolism of linamarin in cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). *Plant Sci*, Limenick, v. 126, p. 155-162, 1997.
- FAO. Food and Agriculture Organization. *Statistics division*. Disponível em: <http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crop.s.Primary&Domain=Production&servlet=1&language=EN&hostname=apps.fao.org&version=default>. Acesso em: 6 de junho de 2004.
- HÁK, R.; NÁTR, L. Effect of nitrogen starvation and recovery on gas exchange characteristics of young leaves. *Photosynthetica*, Prague, v. 21, n. 1, p. 9-14, 1987.
- HAQUE, M.R.; BRADBURY, J.H. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. *Food Chem.*, London, v. 77, p. 107-114, 2002.
- HIDAYAT, A. *et al.* Cyanogenic content of cassava root of 179 cultivars grown in Indonesia. *J. Food Compos. Anal.*, San Diego, v. 13, p. 71-82, 2000.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. California: Agricultural Experimental Station, p. 1-32, 1950 (circular 347).
- HOWELER, R.H. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: HILLOCKS, R.J. *et al.* (Eds.). *Cassava: Biology, production and utilization*. Oxon, UK: CABI Publishing, 2002, p. 115-147.
- IBGE. *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 21 de ago. de 2004.
- JOSEPH, T. *et al.* Linamarin content and genetic stability of cassava plants derived by somatic embryogenesis. *Euphytica*, Wageningen, v. 120, p. 7-13, 2001.
- MARKWELL, J. *et al.* Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Res.*, Dordrecht, v. 46. 467-472, 1995.
- McMAHON, J.M. *et al.* Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J. Exp. Bot.*, Oxford, v. 288, p. 731-741, 1995.
- NAMBISAN, B.; SUNDARESAN, S. Spectrophotometric determination of cyanoglucosides in cassava. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, Arlington, v. 67, p. 641-643, 1984.
- NARTEY, F. *Manihot esculenta* (Cassava): *Cyanogenesis, Ultrastructure and Seed Germination*. 1978. Theses (Doctoral)-University of Copenhagen, Copenhagen, 1978.
- NOGUEIRA, F.D.; GOMES, J. de C. Mandioca. In: RIBEIRO, A.C. *et al.* (Ed.). *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação*, 1999, p. 312-313.
- OBIGBESAN, G.O.; FAYEMI, A.A.A. Investigations on nigerian root and tuber crops. Influence of nitrogen fertilization in the yield and chemical composition of two cassava cultivars (*Manihot esculenta*). *J. Agric. Sci.*, Cambridge, v. 86, n. 2, p. 401-406, 1976.
- PIVA, G. An evaluation of feeding stuffs: alternatives for poultry diets. *Feed Int.*, Mockett Morris, p. 26-30, 1987.
- RIBEIRO JÚNIOR, J.I. *Análises Estatísticas no SAEG*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- SINWAMBANA, M.S. *et al.* The effects of time to first shoot removal on leaf vegetable quality in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J. Sci. Food Agriculture*, v. 60, p. 319-325, 1992.
- SOLOMONSON, H.P.; BARBER, J.M. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, Palo Alto, v. 41, p. 225-253, 1990.
- TELES, F.F.F. Considerações sobre a análise do ácido cianídrico em mandioca e seus produtos manufaturados. In: BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. *Pesquisas tecnológicas sobre a mandioca*, 1972, p. 7-33.
- VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. *Toxicon*, Elsevier, v. 38, p. 11-36, 2000.
- WHITE, W. *et al.* Cyanogenesis in cassava: the role of hydroxynitrile lyase in root cyanide production. *Plant Physiol.*, Washington, DC, v. 116, p. 1219-1225, 1998.
- YEOH, H.H.; SUN, F. Assessing cyanogen content in cassava-based food using the enzyme-dipstick method. *Food Chem. Toxicol.*, Oxford, n. 39, p. 649-653, 2001.

Accepted on September 15, 2005.

Received on February 07, 2005.