

Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e adubação nitrogenada

Natália Trajano de Oliveira⁽¹⁾, Sandra Cátia Pereira Uchôa⁽¹⁾, José Maria Arcanjo Alves⁽²⁾, Tocio Sediyaama⁽³⁾, José de Anchieta Alves de Albuquerque⁽²⁾, Everton Diel Souza⁽⁴⁾ e Cirano Cruz Melville⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Roraima (UFRR), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Campus do Cauamé, BR 174, s/nº, Monte Cristo, CEP 69304-000 Boa Vista, RR. E-mail: nataliatrajano@bol.com.br, scpuchoa@dsi.ufrr.br
⁽²⁾UFRR, CCA, Departamento de Fitotecnia. E-mail: arcanjoalves@oi.com.br, anchietaufr@gmail.com.br, ciranomelville@oi.com.br
⁽³⁾Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Campus Universitário, Avenida P.H. Rolfs, s/nº, CEP 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: tcyama@ufv.br
⁽⁴⁾Embrapa Roraima, Rodovia BR-174, Km 8, Distrito Industrial, CEP 69301-970 Boa Vista, RR. E-mail: everton.souza@embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de ácido cianídrico em tecidos de mandioca, em função da idade da planta e níveis de adubação nitrogenada. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em arranjo de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 150 e 330 kg ha⁻¹) foram alocadas nas parcelas, e as épocas de avaliação (90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 dias após o plantio), nas subparcelas. Os teores de ácido cianídrico foram avaliados em tecidos da folha, caule, polpa e córtex da raiz da cultivar Aciolina. Os efeitos das doses de N e das épocas de avaliação foram independentes. Doses entre 219 e 241 kg ha⁻¹ de N em cobertura proporcionam os maiores teores de ácido cianídrico, que variaram de 332 a 401 mg kg⁻¹ de matéria fresca nos tecidos avaliados. O teor de ácido cianídrico nos tecidos reduz-se linearmente com a idade da planta. O córtex da raiz acumula o maior teor de ácido cianídrico, e a polpa da raiz o menor. Por ocasião da colheita, aos 360 dias após o plantio, essa cultivar é classificada como mandioca mansa.

Termos para indexação: *Manihot esculenta*, glicosídeos cianogênicos, linamarina, lotaustralina.

Hydrocyanic acid content in cassava tissues as a function of evaluation time and nitrogen fertilization

Abstract – The objective of this work was to evaluate hydrocyanic acid contents in cassava plants, according to the evaluation time and nitrogen fertilization. A randomized complete block design was used in a split-plot arrangement, with four replicates. Nitrogen topdressing doses (0, 30, 60, 150, and 330 kg ha⁻¹) were allocated in the plots, and the evaluation times (90, 120, 150, 180, 240, 300, and 360 days after planting), in the subplots. Hydrocyanic acid content was evaluated on leaf tissue, stalk, pulp, and root skins of the Aciolina cultivar. The effects of N doses and harvest times were independent. Nitrogen levels between 219 and 241 kg ha⁻¹ provide the highest hydrocyanic acid contents, varying from 332 to 401 mg kg⁻¹ of fresh matter in the evaluated tissues. Prolonging the evaluation time linearly reduces the hydrocyanic acid content in the tissues. Root skins accumulate the highest level of hydrocyanic acid, and the root pulp the lowest. At harvest, 360 days after planting, this cultivar is classified as sweet cassava.

Index terms: *Manihot esculenta*, cyanogenic glycosides, linamarin, lotaustralin.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), da família Euphorbiaceae, é a raiz tuberosa mais importante das regiões tropicais e subtropicais do mundo, com uso no processamento industrial e na alimentação humana (Cenóz et al., 2007) e animal. No Brasil, a espécie é cultivada em todas as regiões do país, em cerca de 2,2 milhões de hectares, com rendimento

médio de 14,9 Mg ha⁻¹ (Levantamento sistemático da produção agrícola, 2012). Em Roraima, a mandioca é uma das culturas mais tradicionais, cultivada em aproximadamente 6.200 ha, predominantemente por pequenos produtores, o que envolve o monocultivo e o consórcio com feijão-caupi (Alves et al., 2009), com rendimento médio de 13,3 Mg ha⁻¹ (Levantamento sistemático da produção agrícola, 2012). A produção regional se destina à fabricação de farinha (mandioca

brava), ao consumo de mesa (mandioca mansa) e à extração artesanal da goma fresca (fécula) (Alves et al., 2009).

A mandioca é considerada a espécie cianogênica de maior importância no Brasil (Amorim et al., 2006), com ocorrência natural dos glicosídeos linamarina e lotaustralina. Outras espécies economicamente importantes, tais como sorgo, ameixa, bambu e seringueira, também apresentam diferentes quantidades de ácido cianídrico (HCN) (Haque & Bradbury, 2002), cuja ingestão pode determinar a produção endógena de cianeto. O consumo regular e frequente de cianógenos causa a ocorrência de bócio (Siritunga & Sayre, 2004) e, em casos mais graves, de um tipo de neuropatia, conhecida como Konzo, que pode levar a óbito (Sreeja et al., 2003).

Há relatos de níveis elevados de HCN na matéria fresca da mandioca: 1.140 mg kg⁻¹ nos limbos foliares; 1.110 mg kg⁻¹ nos pecíolos; e 900 mg kg⁻¹ nos caules. Nas raízes, os teores variam entre 9 e 660 mg kg⁻¹ (Silva et al., 2004; Valle et al., 2004). Nos produtos processados, como nas farinhas branca e d'água, o teor de HCN não ultrapassa 6 mg kg⁻¹ (Chisté et al., 2010), enquanto a farinha da folha contém teores entre 123,8 e 350,2 mg kg⁻¹ (Wobeto et al., 2004). Chisté et al. (2007), ao avaliar as propriedades físico-químicas de amostras de tucupi, encontraram altos teores de HCN, o que indica a necessidade de melhorias no processo de fabricação para redução do teor desta substância, uma vez que 60% das amostras analisadas apresentaram teor total superior a 100 mg HCN kg⁻¹.

A faixa de teores destes glicosídeos é utilizada para classificar as plantas de mandioca em: mansas (baixos teores), bravas (teores elevados) e intermediárias. Cabe ressaltar que os teores podem variar em função de cultivares e das partes da planta, e apresentar alterações de acordo com o ambiente, idade da planta e práticas culturais (Lorenzi et al., 1993; Ernesto et al., 2002; Silva et al., 2004; Valle et al., 2004; Cardoso Júnior et al., 2005; Mezette et al., 2009). De acordo com Sánchez (2004), as variedades de mandioca podem ser classificadas quanto ao teor de HCN na raiz como: doces ou mansas, com teor abaixo de 180 mg kg⁻¹ de HCN (em base úmida); intermediárias, com teores entre 180–300 mg kg⁻¹; e amargas ou bravas, com teor maior que 300 mg kg⁻¹.

A síntese destes compostos envolve aminoácidos, e há evidências de que o metabolismo do nitrogênio

está relacionado ao teor de ácido cianídrico nas plantas de mandioca (Solomonson & Barber, 1990). Segundo Vetter (2000), a maior disponibilidade de nitrogênio no solo favorece a síntese de glicosídeos cianogênicos nesta espécie.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de ácido cianídrico, em tecidos de mandioca, em função da idade da planta e níveis de adubação nitrogenada.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante o período de outubro de 2010 a outubro de 2011, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima (CCA/UFRR), no Município de Boa Vista, RR (2°52'21"N e 60°42'44"W, à altitude média de 90 m), com irrigação complementar, por aspersão. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, com duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa (abril–agosto) e outra seca (outubro–março). Os dados climáticos obtidos durante o período experimental, referentes à precipitação pluvial, à temperatura média e à umidade relativa do ar estão descritos na Figura 1 (Instituto Nacional de Meteorologia, 2012).

O solo da área experimental pertence à classe Latossolo Amarelo distrocoeso típico (PAdx). De acordo com Benedetti et al. (2011), estes solos caracterizam-se por serem profundos, bem drenados, com sinais de erosão laminar, ausência de pedregosidade e rochiosidade, e vegetação predominante do tipo savana parque. A área em estudo apresenta vegetação natural de savana. A caracterização química e física de amostras do solo encontra-se na Tabela 1.

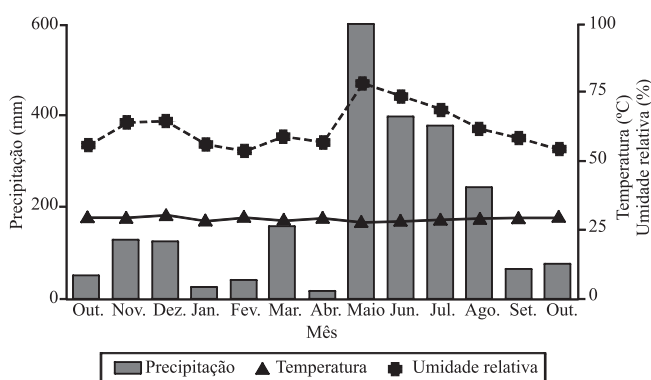


Figura 1. Médias mensais de precipitação pluvial, temperatura média do ar e umidade relativa do ar, no período de outubro de 2010 a outubro de 2011, em Boa Vista, Roraima.

Utilizou-se a cultivar de mandioca Aciolina, pertencente ao Banco de Germoplasma de Mandioca do Departamento de Fitotecnia do CCA/UFRR. Esta cultivar é a mais plantada no Estado de Roraima, por apresentar o melhor conjunto de características desejáveis, tanto para o consumo in natura quanto para a indústria (Alves et al., 2009; Oliveira et al., 2011).

Na fase de preparo do solo, realizou-se calagem e adubação de correção, de acordo com a recomendação geral da Embrapa Roraima (Schwengber et al., 2005), tendo-se aplicado 1.000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico a lanço, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N, na fórmula 2-24-12 (N-P-K), 30 dias antes do plantio.

O controle da vegetação local foi realizado por capina manual antes do plantio e durante a condução do experimento, tendo-se levado em consideração o período crítico de prevenção à interferência (30 a 75 dias após a emergência, DAE) (Albuquerque et al., 2008).

O plantio foi feito em fileiras simples, no espaçamento 0,8x0,8 m. A parcela experimental foi constituída por nove fileiras simples de mandioca, com 6,4 m de comprimento e 11 plantas (perfazendo um total de 99 plantas por parcela), em que os 4,8 m no meio das fileiras centrais corresponderam à área útil (23,04 m²).

Foram utilizadas manivas de 20 cm, colocadas na posição horizontal em covas abertas com enxada, na profundidade de 20 cm, aproximadamente. No plantio, as covas receberam complementação de calcário dolomítico (500 kg ha⁻¹), 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), 10 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e 50 kg ha⁻¹ de FTE BR-12.

O experimento foi instalado em blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas. As cinco doses de nitrogênio (0, 30, 60, 150 e 330 kg ha⁻¹), aplicadas em cobertura na forma de ureia, foram

alocadas nas parcelas, e as sete épocas de avaliação do teor de HCN (90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 dias após o plantio, DAP), nas subparcelas. As doses de N foram aplicadas a lanço, subdivididas em duas aplicações: aos 30 e 60 DAP.

As coletas, para avaliação, foram realizadas manualmente, tendo-se retirado uma amostra de três plantas inteiras na área útil de cada subparcela. Avaliou-se o teor de HCN presente nas folhas (terceira folha expandida após o ponteiro), no caule (10 cm acima da cepa), na polpa da raiz e no córtex da raiz (extremidade da raiz). Para determinação, utilizou-se metodologia proposta por Egan et al. (1998).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão, com uso do programa Sisvar, e as médias foram comparadas pelo teste F, a 5% de probabilidade. Selecionou-se o melhor modelo para expressar o efeito das doses de adubação nitrogenada e da idade da planta sobre as características avaliadas. O modelo, para cada variável, foi selecionado ao se considerar a significância dos coeficientes dos parâmetros e o maior valor do R² (Alvarez & Alvarez, 2006). O teste t foi utilizado para testar os coeficientes da regressão, também a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A interação entre as doses de adubação nitrogenada e idade da planta não foi significativa para nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 2). O efeito das doses de N no teor de HCN, nas diferentes partes da planta, ajustou-se melhor ao modelo quadrático (Tabela 3). A dose de N que determinou o máximo teor de HCN (DMT) foi calculada com base na derivada primeira da equação de regressão, igualada a zero. Doses de N entre 219 e 241 kg ha⁻¹, em cobertura, determinaram os máximos acúmulos de HCN nas partes das

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo nas camadas de 0–20 e 20–40 cm de profundidade, antes da instalação do experimento⁽¹⁾.

Camada (cm)	pH _{água}	P --(mg kg ⁻³ --)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	T	V	m	MO (g kg ⁻¹)	Areia (g kg ⁻¹)		Silte ---(g kg ⁻¹)---	Argila
														Grossa	Fina		
0–20	5,16	0,9	67	0,89	0,13	0,21	1,0	1,19	1,40	2,19	54,3	15,0	6,7	410	300	70	220
20–40	5,06	0,5	70	0,24	0,03	0,51	1,2	0,45	0,96	1,65	27,3	53,1	4,0	360	290	90	260

⁽¹⁾P e K, extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al, extrator KCl 1 mol L⁻¹; H + Al, extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; MO, matéria orgânica do solo, conforme método Walkley-Black.

plantas analisadas, com valores variando entre 332 e 401 mg kg⁻¹ de matéria fresca.

O córtex da raiz apresentou o maior acúmulo de HCN (401 mg kg⁻¹), e a polpa da raiz, o menor (332 mg kg⁻¹). No entanto, a polpa da raiz apresentou maior eficiência em produzir HCN pela adição de N, com elevação do teor em 70,7% no DMT (Tabela 3). Para cada kg de N aplicado em cobertura, foi produzido 0,56, 0,42, 0,38 e 0,34 mg kg⁻¹ de HCN na polpa da raiz, na folha, no caule e no córtex da raiz, respectivamente. Esses resultados indicam que a síntese e acúmulo dos glicosídeos cianogênicos de fato variam entre as diferentes partes da planta (Silva et al., 2004). Observou-se que a polpa da raiz é a que mais converte N em glicosídeos, enquanto o córtex da raiz é a que mais concentra. As folhas e os caules, em razão da mobilização para as raízes, são as partes que menos acumulam glicosídeos (Joseph et al., 2001).

Os resultados obtidos corroboram os de Cardoso Júnior et al. (2005), que verificaram efeito da fertilização

com nitrogênio sobre o teor de HCN nas folhas, a partir dos 90 dias após a brotação.

No presente trabalho, o teor de HCN decresceu linearmente, em função da idade da planta, nas partes da planta (Figura 2). Aos 90 dias, as folhas apresentaram elevada toxicidade, com teores médios de HCN de 543,55 mg kg⁻¹ de matéria fresca. Já na colheita (360 DAP), esse teor foi de 109,75 mg kg⁻¹, considerado de baixa toxicidade segundo Sanchéz (2004). No caule, o teor de HCN foi superior ao encontrado na folha, tendo variado de 525,20, aos 90 dias, a 175,64 mg kg⁻¹, aos 360 DAP. Portanto, recomenda-se a utilização de folhas e caules mais maduros na alimentação animal, por apresentarem menor toxicidade, o que evitaria riscos de intoxicação. Os teores obtidos são menores do que os observados por Silva et al. (2004), que relataram teores de até 900 mg kg⁻¹ no caule de plantas de mandioca.

Na polpa da raiz, o teor de HCN, aos 90 DAP, foi de 450,91 mg kg⁻¹. Aos 360 DAP, os teores de HCN foram

Tabela 2. Resumo da análise de variância e dos desdobramentos dos fatores de variação para as variáveis ácido cianídrico na folha (HCN_F), no caule (HCN_C), na polpa da raiz (HCN_R) e no córtex da raiz (HCN_{CR}).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		HCN _F	HCN _C	HCN _R	HCN _{CR}
Bloco	3	3.814,36 ^{ns}	2.945,6 ^{ns}	1.181,14 ^{ns}	23.190,17 ^{ns}
Níveis de N	4	33.109,37**	30.436,49**	81.685,17**	23.190,17 ^{ns}
Erro 1	12	3.910,04	5.566,36	3.829,97	7.337,36
DAP ⁽¹⁾	6	355.471,98***	225.775,93***	226.158,43***	236.126,14***
N x DAE ⁽²⁾	24	3.966,50 ^{ns}	1.866,08 ^{ns}	5.873,35 ^{ns}	2.025,69 ^{ns}
Erro 2	90	7.148,19	4.377,23	3.526,94	5.209,26
Total	139				
CV 1 (%)		21,15	22,92	23,8	23,71
CV 2 (%)		20,80	20,33	22,8	19,97

⁽¹⁾DAP, dias após plantio; ⁽²⁾DAE, dias após emergência; ^{ns}Não significativo. *, ** e ***Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 3. Regressões para o teor de ácido cianídrico (HCN) nas folhas, caules, polpa da raiz e córtex da raiz, em função do teor de N em cobertura.

Tecido	Equação	R ²	Dose de máximo (kg ha ⁻¹)	HCN ------(mg kg ⁻¹)-----	Incremento ⁽¹⁾	Eficiência ⁽²⁾ (%)
Folha	$\hat{Y} = 250,93 + 0,856^{**}X - 0,00195^{**}X^2$	0,99	219	345	94,1	37,5
Caule	$\hat{Y} = 284,09 + 0,759^{**}X - 0,00166^{**}X^2$	0,95	229	371	87,0	30,6
Raiz	$\hat{Y} = 194,44 + 1,140^{**}X - 0,00236^{**}X^2$	0,95	241	332	137,6	70,7
Córtex	$\hat{Y} = 325,59 + 0,695^{*}X - 0,00160^{*}X^2$	0,89	217	401	75,4	23,2

⁽¹⁾Incremento no teor de HCN (mg kg⁻¹) na dose de máximo e dose 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura; ⁽²⁾Eficiência = 100(teor de HCN na dose de máximo x 100)/(teor de HCN na dose 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura).

reduzidos em até 78,2% do teor inicial, tendo atingido 98,11 mg kg⁻¹ (Figura 2). Barbosa et al. (2007), ao avaliar a cultivar Aciolina em cultivo realizado na savana de Roraima, determinaram teores elevados (acima de 150 mg kg⁻¹) de HCN no córtex da raiz, mas obtiveram teores de HCN abaixo de 85 mg kg⁻¹ na polpa da raiz fresca.

Aos 360 DAP, a polpa da raiz apresentou teor de HCN inferior a 180 mg kg⁻¹ (Figura 2), tendo sido classificada como mandioca mansa, conforme Sánchez (2004). Contudo, Oliveira (2011), também de acordo com Sánchez (2004), classificou a cultivar Aciolina como de toxicidade intermediária, quando colhida aos oito meses. Assim, a classificação da mandioca em mansa ou brava deve levar em consideração a época da colheita da raiz. Quanto mais tardia for a colheita das raízes, menor será a sua toxicidade.

Se fossem utilizados sistemas de classificação de toxidez de mandioca mais antigos, como proposto

por Lorenzi et al. (1993), a cultivar Aciolina seria classificada como mandioca brava, por apresentar teores acima de 100 mg kg⁻¹ de HCN na polpa das raízes. Entretanto, em Roraima, esta cultivar é a mais plantada e consumida in natura. Nesse caso, a classificação de Sánchez (2004), que considera a cultivar Aciolina como mandioca mansa, parece estar mais de acordo com a realidade do Estado.

Segundo Borges et al. (2002), a identificação de variedades de mandioca com baixos teores de cianeto na polpa crua das raízes é necessária para aumentar a segurança alimentar e diminuir os riscos de intoxicação dos consumidores. No entanto, na prática, a separação entre mandioca mansa e brava é feita pela degustação da polpa crua das raízes. Em geral, as bravas são amargas e as mansas, doces. Porém, esse método é subjetivo e a correlação não é exata, o que limita muito o uso dessa classificação (Lorenzi et al., 1993).

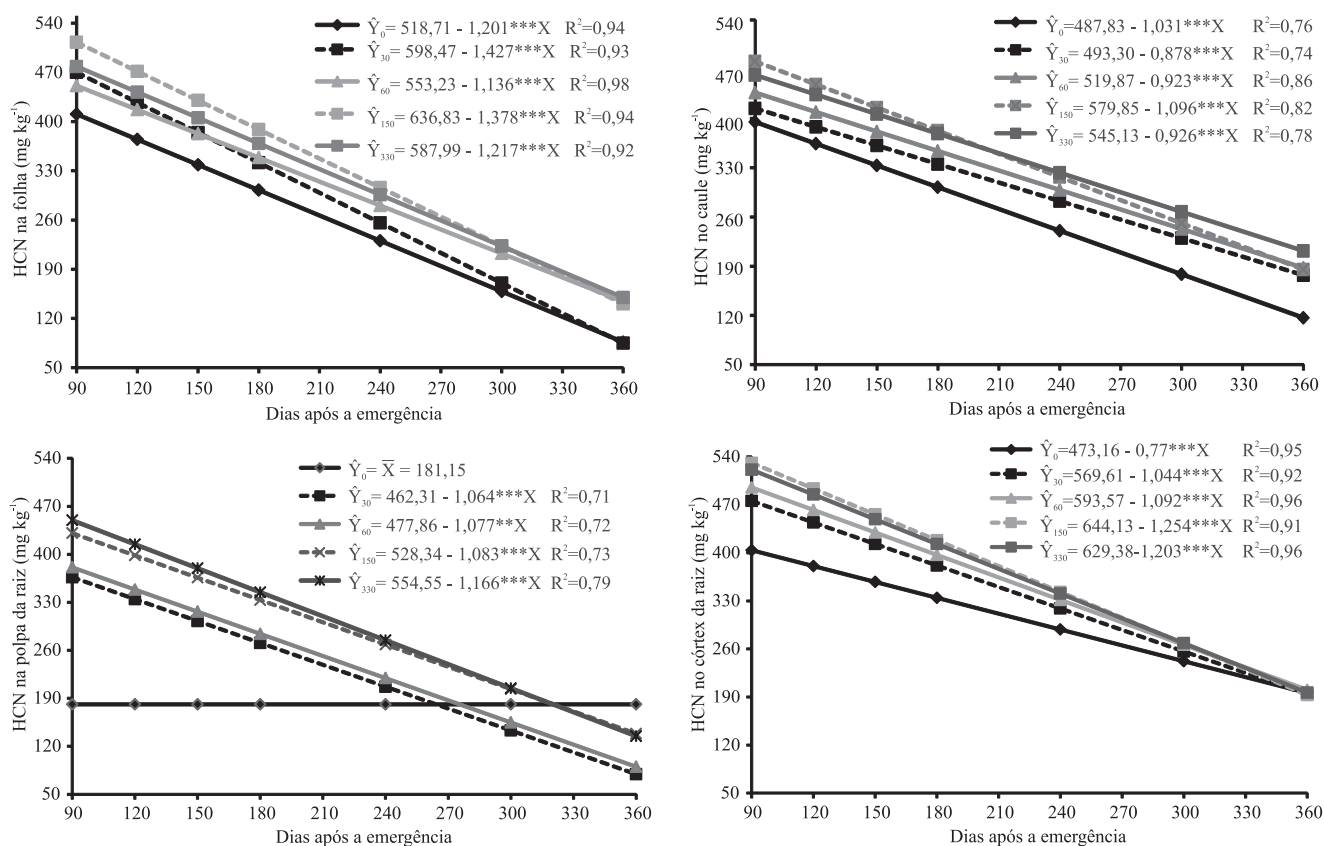


Figura 2. Teor de ácido cianídrico (HCN) na folha; no caule; na polpa da raiz; e no córtex da raiz de plantas de mandioca 'Aciolina', em função das épocas de colheita, nas doses de N (0, 30, 60, 150 e 330 kg ha⁻¹).

O córtex da raiz foi a parte da planta que mais concentrou HCN, com valores que variaram de 581,98 a 196,06 mg kg⁻¹ de matéria fresca, entre 90 e 360 DAP (Figura 2). Esse resultado difere do obtido por Silva et al. (2004), que verificaram que 69% das cultivares apresentam folhagem com maior potencial tóxico. A eficiência da produção de glicosídeos cianogênicos e do seu transporte das folhas para as raízes provavelmente é uma característica varietal, com diferentes índices de biossíntese e degradação (Joseph et al., 2001).

Como vários fatores podem causar variações no conteúdo de metabólitos secundários, são necessários mais estudos para detectar as condições e as épocas para cultivo e coleta que conduzam a uma matéria-prima vegetal com concentrações desejáveis de princípios ativos (Gobbo-Neto & Lopes, 2007).

Conclusões

1. O teor de ácido cianídrico (HCN), na cultivar Aciolina, responde de forma quadrática a doses crescentes de nitrogênio em cobertura.

2. Doses de N entre 219 e 241 kg ha⁻¹ determinam os maiores acúmulos de HCN na planta.

3. O teor de HCN diminui linearmente com a idade da planta.

4. O teor de HCN varia entre as partes da planta, e as maiores concentrações são encontradas no córtex da raiz.

Referências

- ALBUQUERQUE, J.A.A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A.; CARNEIRO, J.E.S.; CECON, A.; ALVES, J.M.A. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta Daninha**, v.26, p.279-289, 2008.
- ALVAREZ V., V.H.; ALVAREZ, G.A.M. Comparação de médias ou teste de hipóteses? Contraste! **Boletim Informativo – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.24-34, 2006.
- ALVES, J.M.A.; ARAÚJO, N.P. de; UCHÔA, S.C.P.; ALBUQUERQUE, J. de A.A. de; SILVA, A.J. da; RODRIGUES, G.S.; SILVA, D.C.O. da. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.3, p.15-30, 2009.
- AMORIM, S.L. de; MEDEIROS, R.M.T. de; RIET-CORREA, F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**, v.16, p.17-26, 2006.
- BARBOSA, C.Z. dos R.; ALVES, J.M.A.; SCHWENGBER, D.R.; SMIDERLE, O.J. Características morfológicas e agrônômicas de dez clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.1, p.28-31, 2007.
- BENEDETTI, U.G.; VALE JÚNIOR, J.F. do; SCHAEFER, C.E.G.R.; MELO, V.F.; UCHÔA, S.C.P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleptocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.299-312, 2011.
- BORGES, M. de F.; FUKUDA, W.M.G.; ROSSETTI, A.G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1559-1565, 2002.
- CARDOSO JÚNIOR, N. dos S.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; SEDIYAMA, T.; AMARAL, C.L.F.; PIRES, A.J.V.; RAMOS, P.A.S. Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, p.603-610, 2005.
- CENÓZ, P.J.; BURGOS, A.M.; LÓPEZ, A.E. Factores ambientales que afectan la calidad de raíces en mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Horticultura Argentina**, v.26, p.5-9, 2007.
- CHISTÉ, R.C.; COHEN, K. de O.; MATHIAS, E. de A.; OLIVEIRA, S.S. Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazônica**, v.40, p.221-226, 2010.
- CHISTÉ, R.C.; COHEN, K. de O.; OLIVEIRA, S.S. Estudo das propriedades físico-químicas do tucupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.437-440, 2007.
- EGAN, S.V.; YEOH, H.H.; BRADBURY, J.H. Simple picrate paper kit for determination of the cyanogenic potential of cassava flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p.39-48, 1998.
- ERNESTO, M.; CARDOSO, A.P.; NICALA, D.; MIRIONE, E.; MASSAZA, F.; CLIFF, J.; HAQUE, M.R.; BRADBURY, J.H. Persistent konzo and cyanogen toxicity from cassava in northern Mozambique. **Acta Tropica**, v.82, p.357-362, 2002.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v.30, p.374-381, 2007.
- HAQUE, M.R.; BRADBURY, J.H. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. **Food Chemistry**, v.77, p.107-114, 2002.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Condições de tempo registradas nas capitais de outubro de 2010 a outubro de 2011**. Disponível em: <www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?lnk=Capitais>. Acesso em: 27 jan. 2012.
- JOSEPH, T.; YEOH, H.H.; LOH, C.S. Linamarin content and genetic stability of cassava plants derived by somatic embryogenesis. **Euphytica**, v.120, p.7-13, 2001.
- LEVANTAMENTO sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 88p.
- LORENZI, J.O.; RAMOS, M.T.B.; MONTEIRO, D.A.; VALLE, T.L.; GODOY JÚNIOR, G. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.52, p.1-5, 1993.

- MEZETTE, T.F.; CARVALHO, C.R.L.; MORGANO, M.A.; SILVA, M.G. da; PARRA, E.S.B.; GALERA, J.M.S.V.; VALLE, T.L. Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agrônômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, v.68, p.601-609, 2009.
- OLIVEIRA, N.T. de; ALVES, J.M.A.; UCHÔA, S.C.P.; RODRIGUES, G.S.; MELVILLE, C.C.; ALBUQUERQUE, J. de A.A. de. Caracterização e identificação de clones de mandioca produzidos em Roraima para consumo *in natura*. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.5, p.188-193, 2011.
- SÁNCHEZ, T. **Evaluación de 6000 variedades de yuca**. Cali: CIAT, 2004. (Programa de mejoramiento de yuca).
- SCHWENGBER, D.R.; SMIDERLE, O.J.; MATTIONI, J.A.M. **Mandioca**: recomendações para o plantio em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 30p. (Embrapa Roraima. Circular técnica, 5).
- SILVA, G.G.C. da; NUNES, C.G.F.; OLIVEIRA, E.M.M.; SANTOS, M.A. dos. Toxicidade cianogênica em partes da planta de cultivares de mandioca cultivados em Mossoró-RN. **Revista Ceres**, v.51, p.56-66, 2004.
- SIRITUNGA, D.; SAYRE, R. Engineering cyanogen synthesis and turnover in cassava (*Manihot esculenta*). **Plant Molecular Biology**, v.56, p.661-669, 2004.
- SOLOMONSON, L.P.; BARBER, M.J. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.41, p.225-253, 1990.
- SREEJA, V.G.; NAGAHARA, N.; LI, Q.; MINAMI, M. New aspects in pathogenesis of konzo: neural cell damage directly caused by linamarin contained in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **British Journal of Nutrition**, v.90, p.467-472, 2003.
- VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L.; RAMOS, M.T.B.; MÜHLEN, G.S.; VILLELA, O.V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, v.63, p.221-226, 2004.
- VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, v.38, p.11-36, 2000.
- WOBETO, C.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C.M.P. de; SANTOS, C.D. dos. Cianeto na farinha e folhas de mandioca (*Manihot esculenta*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.1115-1118, 2004.

Recebido em 1^a de junho de 2012 e aprovado em 12 de setembro de 2012