

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA

**EFEITO DO NITROGÊNIO SOBRE O TEOR DE HCN E
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

NELSON DOS SANTOS CARDOSO JÚNIOR

VITÓRIA DA CONQUISTA-BA
FEVEREIRO, 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA

**EFEITO DO NITROGÊNIO SOBRE O TEOR DE HCN E
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

NELSON DOS SANTOS CARDOSO JÚNIOR

Orientador: Prof. Anselmo Eloy Silveira Viana

Co-orientadores: Prof^a. Sylvana Naomi Matsumoto
Prof. Aureliano José Vieira Pires

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, *Campus* de Vitória da Conquista-BA, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de concentração em Fitotecnia.

VITÓRIA DA CONQUISTA-BA
FEVEREIRO, 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: EFEITO DO NITROGÊNIO SOBRE O TEOR DE HCN E
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

AUTOR: NELSON DOS SANTOS CARDOSO JÚNIOR

ORIENTADOR: PROF. ANSELMO ELOY SILVEIRA VIANA

CO-ORIENTADORES: PROF^A. SYLVANA NAOMI MATSUMOTO
PROF. AURELIANO JOSÉ VIEIRA PIRES

Aprovada pela Banca Examinadora:

PROF. ANSELMO ELOY SILVEIRA VIANA / PRESIDENTE

PROF. TOCIO SEDIYAMA

PROF. CLÁUDIO LÚCIO FERNANDES AMARAL

Data de realização 24/02/2004

A primeira turma do Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia,
da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB,

Adriana Dias Cardoso

Carlos Alberto Souza Torres

Carlos Henriques Farias Amorim

Gilsandra de Oliveira Faria

Herymá Giovane de Oliveira Silva

José Carlson Gusmão da Silva

Lázaro Gonçalves Siqueira

Maria do Socorro Mercês Alves Aguiar

Maria Laura Souza Silva

Nelson dos Santos Cardoso Júnior

Nilma Oliveira Dias

homenageia como **NOME DA TURMA** o

PROF. ANSELMO ELOY SILVEIRA VIANA

AGRADECIMENTOS

À Deus, sentido da nossa existência.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelo apoio durante a realização deste curso.

Ao professor Anselmo Eloy Silveira Viana, pela orientação amizade e exemplo de seriedade e compromisso com o ensino e a pesquisa

À professora Sylvana Naomi Matsumoto, e ao professor Aureliano José Vieira Pires, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Tocio Sedyama e Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, pela colaboração.

Aos discentes do curso de agronomia Fábio de Carvalho, Paula Acácia, Hermes, Maridelson, Felizarda, Camila, Gesiane, Iracele, Pedro, Carlos, Moisés, pelo grande apoio.

Ao amigo e colega Carlos Henriques Amorim, pelo incentivo e companheirismo.

À minha família, essencial a minha vida.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Variedades	13
3.2. Experimento I	14
3.3. Experimento II	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Experimento I	19
4.2. Experimento II	42
5. CONCLUSÕES	54
6. REFERÊNCIAS	56

RESUMO

CARDOSO JÚNIOR, N. dos S. C. **Efeito do nitrogênio sobre o teor de HCN e características agronômicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2004. 65 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)*

Para avaliar o efeito do nitrogênio sobre toxicidade e características agronômicas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), foram conduzidos dois experimentos na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista – BA. No primeiro experimento, instalado em 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 arranjos segundo esquema fatorial. Os resultados mostram efeito do nitrogênio sobre altura de plantas, produção de parte aérea e teor de ácido cianídrico nas folhas, aos 90 dias após emergência. Verificou-se que houve variação de ácido cianídrico entre as variedades avaliadas, nas folhas, em todas as idades e nas raízes tuberosas, no momento da colheita. As demais características avaliadas não foram influenciadas pelas doses de nitrogênio. No segundo experimento, instalado em casa de vegetação, utilizando delineamento inteiramente casualizado e arranjo fatorial, testou-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 matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, teor de clorofila na folha e nitrogênio e proteína bruta na matéria seca de folha. Para o tratamento com 120 mmol.mL⁻¹ de nitrogênio, houve queda dos valores encontrados nessas características, provavelmente devido à toxidez causada pelo excesso de nitrogênio na solução. Os teores de ácido cianídrico não foram influenciados pelos níveis de nitrogênio avaliados.

Palavras-chave: Cianeto, adubação, produtividade, clorofila

* Orientador: Anselmo Eloy Silveira Viana, D.Sc., UESB e co-orientadores: Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc., UESB e Aureliano José Vieira Pires, D.Sc., UESB

ABSTRACT

CARDOSO JÚNIOR, N. dos S. C. **Effect of nitrogen on the level of hydrogen cyanide and the agronomic characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz).** Vitória da Conquista-BA: UESB, 2004. 65 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)*

With the objective of analyzing the effect of nitrogen on the toxicity and agronomic characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), two experiments were conducted of the State University of Southwestern Bahia (UESB) in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. In the first experiment, conducted in the field, the application of five different dose of nitrogen (0, 50, 100, 200, 300 and 400 kg.ha⁻¹), was studied in two varieties of cassava (Sergipe and Lisona), adopting an experimental design in random blocks, with treatments arranged according to a factorial arrangement. The results demonstrate that nitrogen affected the height of the plants, the production of the aerial part of the plants, and the level of hydrogen cyanide in the leaves, at 90 days after emergence. Variation in the levels of cyanhydric acid between the varieties analyzed, presenting distinct results, in the leaves at all ages and in the tuber roots at harvest, was verified. The other characteristics evaluated were not influenced by the dose of nitrogen used. The second experiment, conducted in a greenhouse, in a completely randomized design and factorial arrangement, tested the reaction of the same varieties of cassava in nutrient solution with different levels of nitrogen (15, 30, 60 and 120 mmol.mL) for a period of 60 days. The effect of nitrogen on the dry weight of the aerial part of the plant, the dry weight of the roots, the content of chlorophyll in the leaves, and the nitrogen and crude protein in the dry matter of the leaves was observed. With a nitrogen treatment at a concentration of 120 mmol.mL, there was a decline in the values encountered for these characteristics, probably due to the toxicity caused by excess nitrogen in the solution. The levels of cyanhydric acid were not influenced by the levels of nitrogen analyzed.

Key words: cyanide, fertilizer, yield, chlorophyll.

* Adviser: Anselmo Eloy Silveira Viana, *D.Sc.*, UESB and Co-adviser: Sylvana Naomi Matsumoto, *D.Sc.*, UESB and Aureliano José Vieira Pires, *D.Sc.*, UESB

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), *Euphorbiaceae* originária da América tropical tem, provavelmente, o Nordeste do Brasil como seu centro de diversidade (Dominguez *et al.*, 1982), sendo cultivada em quase todas as regiões tropicais do mundo (Odigbo, 1983).

Esta tuberosa apresenta características que facilitam sua difusão, pois além de poder ser cultivada em solos pobres, é resistente a secas e consegue sobreviver junto a plantas daninhas e pragas tendo como resultado alta eficiência biológica (Wheatley e Gómez, 1985). Daí o seu cultivo ocorrer em toda a região do semi-árido do Nordeste brasileiro, onde a maioria das culturas não conseguem alta produtividade (Cavalcante e Araújo, 2000).

Embora não possa ser considerada um alimento completo a mandioca, é de vital importância nos países subdesenvolvidos já que é uma importante fonte de carboidratos (Cock, 1982). A raiz da mandioca é o terceiro mais importante alimento energético nos trópicos, após o arroz e o milho. Mais de 600 milhões de pessoas dependem dessa cultura como principal alimento em países da América Latina, da África e da Ásia (FAO, 2002). Sua cultura ocupa cerca de 17 milhões de hectares no mundo, com produção de 185 milhões de toneladas de raízes tuberosas, localizados inteiramente em países em desenvolvimento (FAO, 2002).

A produtividade da cultura da mandioca depende das técnicas agrícolas empregadas. Em condições de agricultura familiar ela produz de 3 a 15 t.ha⁻¹ (Teles, 1995), valor que está muito aquém do seu potencial produtivo; que segundo Cock (1990) está em torno de 60 t.ha⁻¹. Já no Quênia valores mais altos de produtividade

foram obtidos, sendo avaliadas 400 cultivares de mandioca para produção de raízes tuberosas. Quatro cultivares produziram acima de 100 t.ha⁻¹ e alguns demonstraram potencial de produção de raízes tuberosas acima de 150 t.ha⁻¹, sugerindo, portanto, que a capacidade de produção da espécie ainda não é conhecida (IITA, 2003).

O Brasil produziu, no ano de 2001, 23 milhões de toneladas de raízes tuberosas de mandioca com área cultivada de 1,7 milhões de hectare (IBGE, 2003). Deste total, o Estado da Bahia, terceiro maior produtor de mandioca do país, contribuiu com 3,6 milhões de toneladas. A cultura da mandioca, em 1999, foi a maior contribuinte do PIB do agronegócio da Bahia, destacando-se com a participação de 8,43% do total (SEAGRI, 2003). As regiões de Jequié e de Vitória da Conquista, as maiores produtoras do Estado, somam juntas 487 mil toneladas de mandioca, representando 14% da produção total do Estado (IBGE, 2003).

Apesar da importância representativa da mandioca como alimento, até agora as pesquisas realizadas ainda não foram suficientes para aumentar significativamente a sua produtividade. Enquanto as culturas de arroz, trigo e milho tiveram incremento de produtividade mundial de 60% nos últimos 30 anos, as pesquisas realizadas com a mandioca não foram suficientes para o aumento de sua produtividade no mesmo ritmo, conseguindo, assim, aumento de apenas 9% nas últimas três décadas (FAO, 2002).

As folhas desta 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, é geralmente cultivada para exploração econômica das suas raízes tuberosas e, eventualmente, da parte aérea na alimentação animal, apesar do seu alto valor nutritivo e ótima aceitabilidade pelos animais. As folhas são utilizadas em pequena escala para alimentação humana sob a forma de maniçoba, prato típico do Norte do Brasil, feito à base de folhas cozidas, e sob a forma de farinha das folhas para suplementação alimentar no combate à desnutrição de crianças, principalmente em alguns estados do Nordeste do país.

No entanto, seu consumo tem sido limitado, em grande parte, pela sua toxicidade, já que depende do teor de glicosídeos cianogênicos presente nos tecidos da planta, que ao se hidrolizarem, por ação enzimática, desdobram-se em ácido cianídrico, que é tóxico (Conn, 1969).

O ácido cianídrico da mandioca se relaciona com problemas de saúde como, por exemplo, o bócio, cretinismo, diabetes tropical e neuropatia atáxica. O cianeto, em

quantidades elevadas, nos tecidos da planta causa intoxicações agudas, razão pela qual mandiocas com altos teores de cianeto são consideradas tóxicas (Bourdeaux et al., 1980; Cock, 1982).

A ausência da adubação nitrogenada pode ser considerada como um dos fatores que mais tem limitado a produção de biomassa nas regiões tropicais (Greenwood *et al.*, 1991). Geralmente, plantas cultivadas com quantidade inadequada de nitrogênio não expressam totalmente o seu potencial produtivo (Evans, 1989). Apesar de ser comum o cultivo de mandioca em solos com deficiência de nitrogênio são poucos os trabalhos que procuram avaliar as consequências desse elemento sobre a produtividade e toxicidade dessa cultura.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo estudar o efeito de níveis de nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico e as características agronômicas da mandioca.

2. REVISÃO DE LITERATURA

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). Muitas espécies economicamente importantes apresentam diferentes quantidades de cianeto, como por exemplo, o sorgo, o linho, a ameixa, o damasco, o trevo branco, o bambu, a seringueira e a mandioca (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, que devem ser eliminados antes do consumo humano e animal, ocorrendo acentuadas diferenças entre as cultivares (Poulton, 1990; Nambisan, 1992; Elias *et al.*, 1997).

Os glicosídeos cianogênicos são um grupo de compostos secundários que produzem cianeto sendo que a sua função não é bem definida na maioria das plantas. Acredita-se que tem como papel a proteção contra animais herbívoros e insetos como também de transporte de nitrogênio reduzido (White *et al.*, 1998).

A linamarina, principal glicosídeo cianogênico da mandioca, representa aproximadamente 95% desses glicosídeos ficando a lotaustralina com aproximadamente 5% do total (MacMahon, 1995; Sayre, 1996). Durante a cianogênese os dois são hidrolisados pela enzima linamarase liberando ácido cianídrico (Sopade, 2000).

Sob condições fisiológicas normais, os tecidos de mandioca contém quantidades não detectáveis de HCN, indicando que os dois componentes de seu sistema hidrolítico existem em dois compartimentos diferentes. O catabolismo da linamarina é iniciado pela quebra da glicose por linamarase, formando acetona cianohidrina, que é hidrolisada, naturalmente ou pela enzima hidroxinitrila liase (HNL), a acetona e HCN (Selmar, 1994).

A cianogênese acontece quando os tecidos da planta são danificados mecanicamente ou quando a integridade fisiológica foi perdida, como o que ocorre no caso de murchamento (Corrêa, 2002). Com o rompimento da célula, o vacúolo libera linamarina, que é hidrolisada pela enzima linamarase, encontrada na parede celular. Abaixo, na Figura 1, temos o modelo simplificado de cianogênese na célula de folha de mandioca. Observa-se que a linamarina é sintetizada e armazenada no vacúolo, e, após a ruptura da célula a linamarina é convertida em cianeto pela linamarase e HNL, presentes na parede celular (MacMahon, 1995).

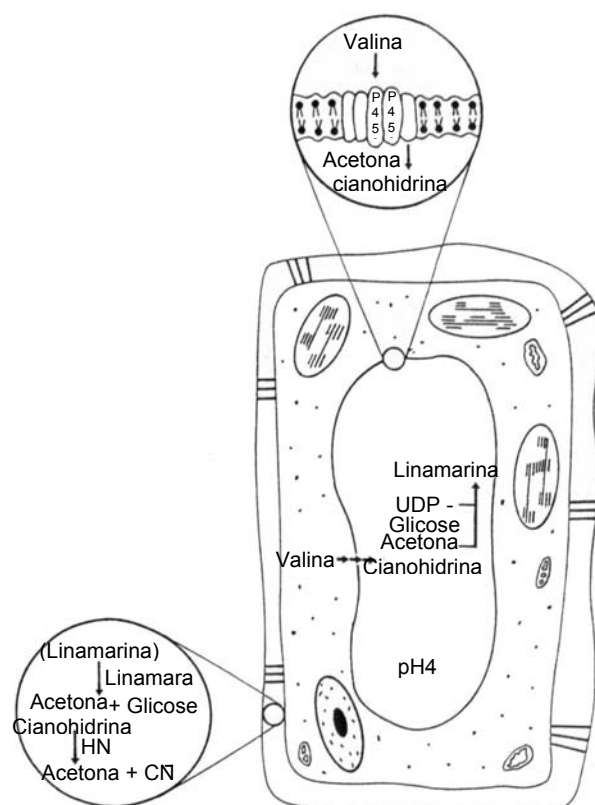


Figura 1 – Modelo da síntese de linamarina e produção de cianeto, após ruptura da célula do mesofilo da folha de mandioca.

Fonte: McMahon *et al.* (1995)

Através de estudos com C^{14} e N^{15} , ficou evidenciado que os precursores da síntese da linamarina e da lotaustralina são, respectivamente, os aminoácidos valina e isoleucina (Conn, 1969).

O primeiro passo na transformação de linamarina a cianeto é a sua hidrólise através da linamarase, formando glicose e acetona cianohidrina. A acetona cianohidrina pode ser decomposta, espontaneamente ou enzimaticamente, em cianeto e acetona (McMahon, 1995).

Devido a grande variabilidade entre as cultivares 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).

A presença de glicosídeos cianogênicos faz com que muitas cultivares de mandioca sejam potencialmente tóxicas ao consumo humano. O cianeto da mandioca e produtos derivados encontram-se basicamente em três formas: cianeto livre, glicosídeos cianogênicos e cianohidrinas. Esta última encontra-se nos produtos derivados como composto intermediário da hidrólise entre o glicosídeo cianogênico e o HCN, podendo ser absorvida e degradada no sistema digestivo, liberando o ácido cianídrico (Fomunyam *et al.*, 1985).

Estudos demonstram que os alimentos originários da raiz ou parte aérea da mandioca, mesmo sendo processados de maneira tradicional através da ralação, trituração, fatiamento, cocção, fermentação, desidratação ou combinação desses métodos, continuam apresentando quantidade razoável de cianeto residual antes de serem consumidos (Nambisan e Sundaresan, 1984).

O cianeto livre da mandioca está associado a problemas de saúde como bócio, cretinismo e neuropatia atáxica. O aparecimento dessas doenças pode ser gradual ou imediato, e, depende do estado de saúde e nutrição do consumidor como também da quantidade de cianeto consumida. O cianeto liberado dos tecidos da planta pode produzir intoxicações agudas, razão pela qual mandiocas com altos teores de cianeto são consideradas tóxicas (Bourdeaux *et al.*, 1980; Cock, 1982).

A quantidade de cianeto na planta, varia 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, 1994). 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).

A capacidade de sintetizar e metabolizar cianeto varia entre as diversas espécies de plantas e mesmo dentro de uma espécie, entre as cultivares. A mandioca é uma espécie em que ocorre grande variação entre cultivares quanto aos teores de agentes cianogênicos. Algumas apresentam grande variação na quantidade de linamarina nas raízes tuberosas, o que provavelmente, ocorre devido as diferenças na eficiência da biosíntese, da degradação ou do transporte (Nambisan, 1992). O conteúdo de cianeto nas raízes varia de acordo com a cultivar, podendo ser encontrados valores entre 22 e 1.000 mg.kg⁻¹ de polpa fresca (Piva, 1987; Borges, *et al.*, 2002).

No estudo das 19 cultivares de mandioca mais utilizadas pelos agricultores da microregião do Planalto de Vitória da Conquista, BA, Lopes *et al.* (1997), foram encontradas valores de ácido cianídrico que variaram de 37 a 168 mg.kg⁻¹ de polpa da raiz fresca.

Bolhuis (1954) propôs classificar raízes de diferentes cultivares de mandioca, baseando-se na quantidade de ácido cianídrico, em inócua - quando apresenta menos de 50 mg de HCN por kg de raiz fresca; em moderadamente tóxica a tóxica - de 50 a 100 mg de HCN por kg de raiz fresca, e, por fim, em tóxicas - acima de 100 mg de HCN por kg de raiz fresca.

Atualmente, tem-se proposto uma classificação mais tolerante, e, consideram-se mansas as cultivares que apresentam até 100 mg de cianeto por kg de polpa de raiz fresca. Já aquelas com concentrações acima de 100 mg kg⁻¹ 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).

Na Nigéria, o Ministério da Indústria e Comércio, 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) e os produtos derivados com valores máximos de 20 mg.kg⁻¹ de HCN (Edijala, *et al.*, 1999).

Alguns métodos tradicionais de processamento doméstico e industrial utilizados na América do Sul retiram quase todo o cianeto de produtos de mandioca, mas outros métodos, tais como os usados na África Oriental e Indonésia, reduzem, mas não eliminam o cianeto (Bainbridge *et al.*, 1994).

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 para os diferentes produtos, conteúdo final equivalente de 2 a 88 mg kg⁻¹ de HCN (Onobolu *et al.*, 2001; Yeon 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, e, também que o transporte de glicosídeos cianogênicos pode variar de acordo com a cultivar e a idade (Du *et al.*, 1995).

Poderá acontecer, mesmo após processamento industrial, hidrólise espontânea de acetona cianohidrina em cianeto (Figura 2), quando o ambiente for favorável (pH>4,0 e temperatura >30°C) a exemplo do aparelho digestivo de mamíferos.

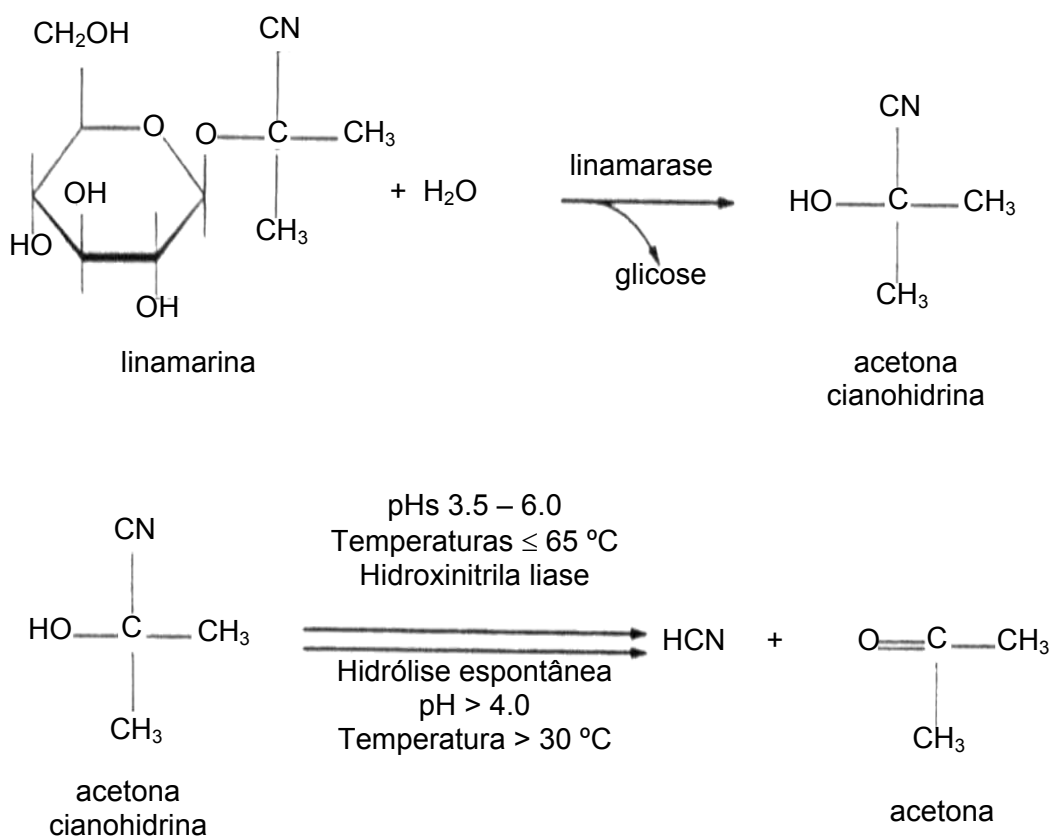


Figura 2 – Cianogêneses a partir da linamarina.

Fonte: McMahon *et al.* (1995)

Recentemente, foi demonstrado que na raiz de mandioca falta a enzima hidroxinitrila liase (HNL), responsável pelo catabolismo do cianeto na planta. Nem toda acetona cianohidrina é hidrolisada, nas raízes tuberosas, por falta de HNL. Pesquisadores da Universidade de Ohio produziram plantas de mandioca transgênica que contém HNL nas raízes. Os trabalhos para testar a eficácia desta estratégia no sentido de reduzir os níveis de cianeto em alimentos processados estão adiantados, constatando-se redução de 99% de linamarina nas raízes e entre 60 e 94% nas folhas (Siritunga e Sayre, 2003).

A determinação do teor de glicosídeos cianogênicos só pode ser feita em laboratório, pois não existem características morfológicas que indicam o teor de cianeto. No Brasil, o método titulométrico desenvolvido por Teles (1972), que se constitui na destilação por arraste de vapor, seguida de argentimetria ácida, tem sido muito utilizado na avaliação do teor de cianeto de mandioca, principalmente em tecidos frescos (Borges *et al.*, 1993).

De acordo com a literatura, há indicativos de que o metabolismo de nitrogênio está relacionado ao metabolismo de agentes cianogênicos em plantas de mandioca, podendo aumentar o teor de HCN das raízes, em plantas submetidas a adubação com elevadas doses desse nutriente (Cock, 1975).

O nitrogênio é um importante componente das células dos vegetais, compondo sua estrutura e funções metabólicas essenciais. Esse nutriente está diretamente envolvido no crescimento (Hák e Nátr, 1987), no metabolismo intermediário e no metabolismo energético de células vivas (Clarkson e Hanson, 1980). 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 (Howeler, 1981).

Desse modo, torna-se suposta a existência de relação entre o metabolismo de nitrogênio e a capacidade de elaboração de substâncias cianogênicas nas cultivares de mandioca. Em trabalho realizado por Asher (1975), constatou-se que a aplicação de nitrogênio não propiciou aumento significativo do número de raízes, porém aumentou o seu comprimento, o seu teor de HCN e de proteína das raízes, ainda que não tenha promovido efeito no aumento da matéria seca e do amido. Obigbesan e Fayeme (1976), em trabalho realizado na Nigéria, constataram a influência de doses elevadas de adubo nitrogenado no aumento do conteúdo de ácido cianídrico em raízes tuberosas.

O nitrogênio pode ser encontrado no solo na forma orgânica e mineral com aproximadamente 95% na forma orgânica. Com o processo de mineralização, por ação de microorganismos, formam-se amônio e nitrato, que, disponíveis para as plantas, são convertidos em compostos orgânicos (Fernandes e Rossiello, 1985).

As plantas superiores absorvem nitrogênio basicamente como nitrato ou amônio, sendo que sob condições normais de aeração e temperatura, a forma nítrica é a predominante no solo (Malavolta, 1981) e basicamente, para o crescimento de muitas plantas, o nitrogênio requerido, é absorvido pelo sistema radicular na forma de nitrato (Sehtiya e Goyal, 2000).

Embora os vegetais absorvam nitrogênio, tanto sob a forma de nitrato como de amônio, a sua assimilação só acontece quando ocorre redução. Assim, tanto o nitrato como o amônio são previamente reduzidos a amônia para que aconteça o processo de assimilação. Por outro lado, em concentrações maiores, e dependendo da espécie, o amônio é tóxico para as plantas, sendo que sua absorção excessiva interfere nas relações hídricas, causando restrições ao fluxo de água da raiz à parte aérea, e, com isso, causando também o murchamento nas espécies menos resistentes (Fernandes e Rossiello, 1985).

A mandioca extrai relativamente grande quantidade de nitrogênio do solo. Retira aproximadamente 2,3 kg de N, 0,54 kg de P e 2,92 kg de K para cada tonelada de raiz produzida (Howeler, 1981; Alves e Silva, 2003). No Oeste da Nigéria, Amon e Adetunji (1973), utilizaram 25 kg.ha⁻¹ de N para a cultura da mandioca e obtiveram rendimento de 30 t.ha⁻¹ de raiz. Na Malásia, Cheing (1983), conseguiu obter 43 toneladas de folhas de mandioca por hectare, em 5 cortes, entre 3 e 12 meses de idade, para produção de forragem, com aplicação de 150 kg.ha⁻¹ de nitrogênio; sem adubação nitrogenada a produção foi reduzida para aproximadamente 50%.

Em solos não turfosos, a mandioca raramente responde a mais de 100 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, e, seus rendimentos de raízes tuberosas caem quando os níveis deste elemento aumentam (Cock, 1990).

Em Queensland, Austrália, Tsay *et al.* (1989), aplicaram 80 kg.ha⁻¹ de nitrogênio em cultura de mandioca solteira, e, compararam a mesma a outra consorciada com soja. Verificaram que o índice de colheita foi mais alto na cultura consorciada e o rendimento de raiz tuberosa foi semelhante nas duas situações.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista – BA, localizado no Sudoeste do Estado, situado a 14°53' de latitude Sul, 40°48' de longitude Oeste e 870 m de altitude, conforme verificação realizada no local com aparelho GPS, Garmin 45. 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.

Nas Figuras 3 e 4 estão apresentados os dados climáticos, obtidos durante o período de condução dos experimentos, referentes à precipitação pluvial (mm), a temperatura média máxima (°C), a temperatura média mínima (°C) e a umidade relativa do ar (%).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico, típico, textura franco argila arenosa, relevo plano, estando os resultados das análises químicas apresentados na Tabela 1.

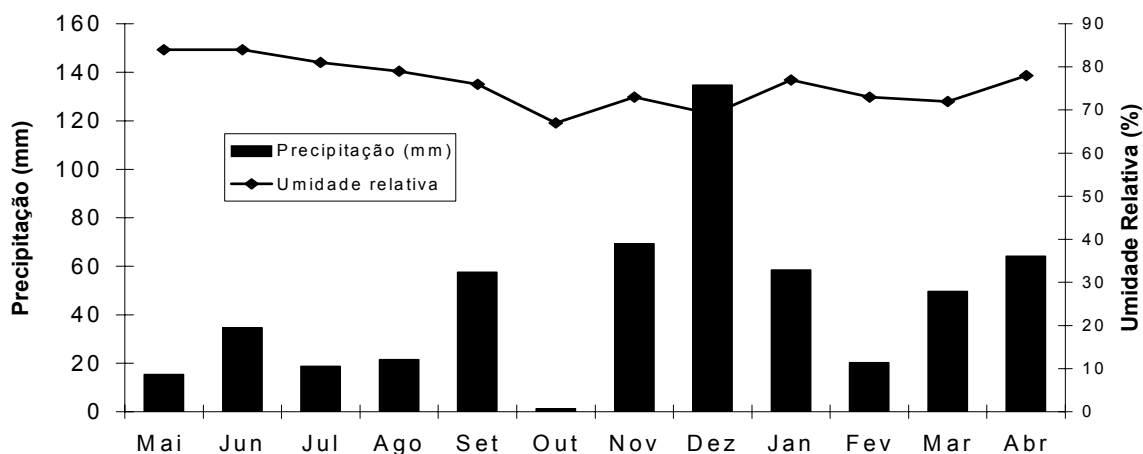


Figura 1 - Médias mensais de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, no período de maio de 2002 a abril de 2003. Vitória da Conquista - BA, 2003.

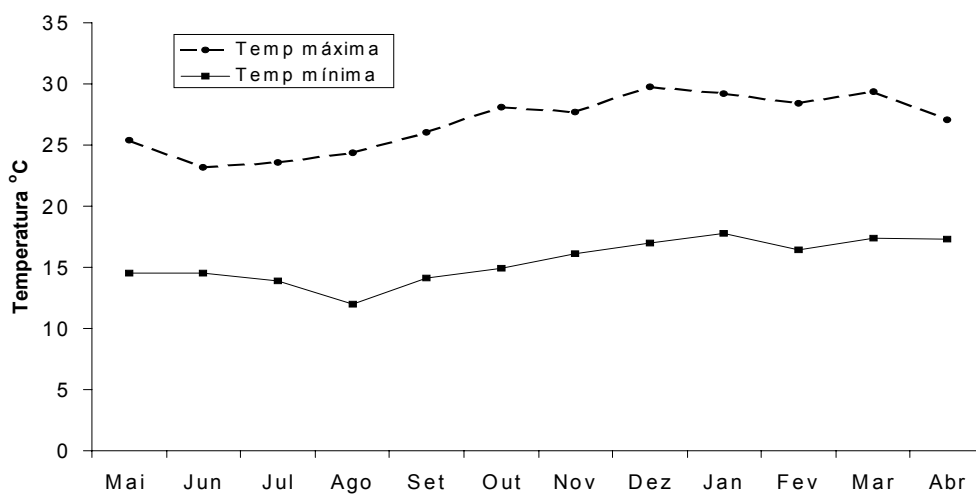


Figura 2 - Médias mensais de temperatura máxima e mínima, no período de maio de 2002 a abril de 2003. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Tabela 1 - Resultados das análises químicas das amostras de solo, coletadas na área experimental. Vitória da Conquista – BA, 2003 ^{1/}

Determinação	Valores
pH em H ₂ O (1:2,5)	5,4
P ^{2/} (mg/dm ³) ^{2/}	2
K ⁺ (cmol _c /dm ³) ^{2/}	0,28
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³) ^{3/}	0,1
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³) ^{3/}	2,1
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³) ^{3/}	0,9
H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c /dm ³) ^{4/}	2,8
S.B. (cmol _c /dm ³)	3,3
m (%)	3
V (%)	54
CTC efetiva (cmol _c /dm ³)	3,4
CTC a pH 7,0 (cmol _c /dm ³)	6,1
M.O. (g/dm ³)	25

^{1/}Análise realizada no Laboratório de Solos da UESB.

^{2/} Extrator Mehlich – 1.

^{3/} Extrator KCl 1mol.L⁻¹.

^{4/} Extrator Solução SMP, pH 7,5 a 7,6.

3.1. Variedades

Foram utilizadas as variedades de mandioca conhecidas regionalmente por Sergipe e Lisona. A primeira é tida como variedade tóxica, muito utilizada para produção de farinha e amido, e, a segunda, apesar de apresentar valores intermediários de cianeto, é bastante usada como aipim ou mandioca de mesa, na alimentação animal e, também, bastante procurada para a indústria de farinha.

De acordo com os descritores, usados para caracterizar plantas de mandioca, propostos por Fukuda *et al*, (1998), as plantas da variedade Sergipe apresentam hastes de coloração marrom-clara, com hábito de ramificação ereto, cicatrizes foliares proeminentes, folha apical de cor verde escuro, pecíolo grosso, comprido com coloração verde na base, e, vermelho na extremidade próxima ao limbo foliar. Folhas com sete lóbulos, elíptica-lanceolada e de coloração verde escuro. As raízes tuberosas apresentam formato predominante cônico, película suberosa de cor marrom, rugosa, córtex creme

claro e polpa branca, notando-se presença de pedúnculo mixto e poucas cintas. É uma planta cilíndrica.

As plantas da variedade Lisona, apresentam hastes de coloração prateada, hábito de ramificação tetracotômico, cicatrizes foliares sem proeminência, com folha apical de cor roxa e pecíolo vermelho, curto e fino. Folhas com sete lóbulos de cor verde escuro, lanceolada obovada. As raízes tuberosas apresentam formato predominante cônico, película suberosa de cor creme-claro, com córtex creme e polpa creme, com presença de pedúnculo mixto e poucas cintas. É uma planta compacta.

3.2. Experimento I

O solo foi inicialmente 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 a cada 60 cm 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 momento do plantio, realizado no dia 28 de abril de 2002, foi feita adubação, colocando-se no fundo do sulco o equivalente a $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples e $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O , na forma de cloreto de potássio, de acordo com recomendação de Nogueira (1995), tendo-se, assim, 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 emergência, de acordo com as quantidades estabelecidas para cada tratamento.

Durante a condução do experimento fez-se o controle de formigas saúva com sulfluramida, na forma de isca, e, de ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) com aplicação

de acaricida à base de enxofre. 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 0,6 m entre elas, perfazendo 15 plantas por linha, sendo as 26 plantas centrais consideradas úteis, correspondentes a uma área de 15,6 m².

Os dados foram submetidos à Análise de Variância e de Regressão utilizando o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

Durante o experimento foram avaliadas as seguintes características:

- a) Estande inicial – contagem das plantas aos 45 dias após emergência.
- b) Estande final – contagem das plantas no momento da colheita.
- c) Altura média das plantas – medida a partir do nível do solo até a extremidade mais alta, no momento da colheita.
- d) Número de brotações por planta - contadas no momento da colheita.
- e) Área foliar total – medida da área de todas as folhas de três plantas em cada parcela, no momento da colheita, com a utilização do equipamento LI-3100 Area Meter, fabricado pela LI-COR.
- f) Índice da área foliar – relação entre área foliar total e a área do solo disponível para a planta, obtida pelo espaçamento utilizado (1,0 x 0,6 m).
- g) Peso da parte aérea – determinado pela pesagem do material vegetal, logo após a colheita das raízes.
- h) Produção de raízes tuberosas – pesagem de todas as raízes tuberosas produzidas na parcela útil.
- i) Porcentagem de matéria seca em raízes tuberosas - feita pelo método da balança hidrostática, com base na fórmula proposta por Grossmann e Freitas, 1950: $MS = 15,75 + 0,0564 R$, sendo R o peso de 3 kg de raízes em água.
- j) Porcentagem de amido em raízes tuberosas - calculada, subtraindo-se do teor de matéria seca a constante 4,65 (Grossmann e Freitas, 1950)
- k) Índice de colheita - relação entre o peso de raízes tuberosas e o peso total da planta, de acordo com a fórmula:

$$IC = \frac{\text{Peso de raízes}}{\text{Peso de raízes} + \text{Peso da parte aérea}} \times 100$$

- l) Rendimento de farinha – por meio da equação (Fukuda e Caldas, 1987): $Y=2,57567+0,0752613X$, onde Y representa a porcentagem de farinha e X o peso de 3 kg de raiz na água obtido pelo método da balança hidrostática.
- m) Teor de cianeto em folhas – medido aos 90, 180, 270 dias após emergência e no momento da colheita, de acordo com método titulométrico proposto por Teles (1972). 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.
- n) Teor de cianeto em raízes – no momento da colheita, as raízes foram lavadas, secas com papel toalha e descascadas. A seguir, tomou-se frações da parte proximal, mediana e distal, triturado-as rapidamente, e, coletados 20 g, macerados e destilados em sistema fechado, seguindo o mesmo procedimento utilizado para as folhas.
- o) Nitrogênio total na matéria seca das folhas – As folhas, no momento da colheita, foram coletadas em três alturas do caule (basal, mediana e apical), destacadas na inserção do pecíolo com o limbo foliar e levadas ao laboratório. Foram colocadas em sacos de papel identificadas e levadas para a estufa de ventilação forçada a 65°C por 48 horas. Após a secagem todo o material foi triturado em moinho Willy e o nitrogênio determinado pelo processo semimicro Kjeldahl, conforme descrito por Silva e Queiroz (2002).
- p) Proteína bruta na matéria seca das folhas – a conversão para proteína bruta foi feita através da multiplicação do teor de nitrogênio encontrado, pelo fator igual a 6,25 (Silva e Queiroz, 2002).
- q) Teor de clorofila presente na folha da planta – as determinações foram realizadas em 4 folhas fisiologicamente maduras, da porção mediana da copa, com clorofilômetro marca Minolta, modelo SPAD/502, em cinco plantas por parcela, no momento da colheita. O clorofilômetro mede a diferença de atenuação da luz entre 650 e 940 nm como um índice de intensidade de cor ou de concentração de clorofila (Yadava, 1986). Os resultados obtidos estão em unidade SPAD.

3.3. Experimento II

Este experimento foi instalado em casa de vegetação, com cobertura de plástico e laterais de sombrite, no *campus* da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista – BA.

Inicialmente, retirou-se 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 com água de torneira e colocadas em bandeja de plástico com areia.

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 foi adicionada aos vasos soluções nutritivas, modificadas a partir da solução de Hoagland e Arnon (1950), com diferentes concentrações de N (15, 30, 60 e 120 m.mol.L^{-1}) (Tabela 2). 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 foi trocada a cada semana.

Tabela 2 - Composição dos sais (mmol.mL), para fornecimento de macronutrientes das soluções nutritivas de crescimento

Concentração de N nas soluções (mmol.mL^{-1})	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	KNO_3	NH_4NO_3	KH_2PO_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

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 m.mol.L^{-1}), arranjados segundo o esquema fatorial,

com cinco repetições. Cada parcela experimental era constituída por duas plantas, em um vaso.

As plantas foram colhidas aos 60 dias de idade e submetidas às avaliações de cianeto, nitrogênio total e SPAD, segundo metodologia utilizada no experimento I.

Também foram avaliados o peso da matéria seca da parte aérea e da raiz e nitrogênio e proteína bruta na matéria seca das folhas, segundo Silva e Queiroz (2002).

Por fim os dados foram submetidos a Análise de Variância e de Regressão, utilizando o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento I

Pode-se observar pela Tabela 3 que houve efeito significativo de variedades sobre estande inicial, estande final e número de brotações. Nota-se, também, que as doses de nitrogênio influenciaram apenas a altura de plantas.

O pequeno volume de chuvas durante os primeiros meses após o plantio pode ter prejudicado o desempenho da variedade Lisona para essas características, demonstrando, portanto ser essa variedade menos rústica que a variedade Sergipe (Tabela 4). Provavelmente o maior vigor demonstrado pela variedade Sergipe, é uma das razões que explica o fato de, atualmente, esta variedade ser a mais cultivada pelos agricultores da região Sudoeste da Bahia.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características estande inicial (EI), estande final (EF), número de brotações por planta no momento da colheita (NB) e altura da planta no momento da colheita (AP),. Vitória da Conquista – BA, 2003.

F.V.	GL	Quadrados Médios			
		EI	EF	NB	AP
Blocos	3	3584086	4.186.195	0,0183	0,0075
Variedades (V)	1	28798390*	43.154.610*	2,2533*	0,0114
Nitrogênio (N)	5	506792,7	1.200.212	0,0063	0,0435*
V x N	5	856072,1	1.446.765	0,0773	0,0260
Resíduo	33	1803459	2.249.911	0,1036	0,0155
CV (%)		8,69	10,12	17,72	8,70

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

Tabela 4 - Médias, entre variedades, das características avaliadas no experimento de campo. Vitória da Conquista-BA, 2003

Variáveis	Variedades	
	Sergipe	Lisona
Estande inicial	16.212,62a	14.663,47b
Estande final	15.758,56a	13.862,19b
Número de brotações por planta	2,04a	1,60b
Altura da planta (m)	1,41a	1,45a

Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Para estudar o efeito do nitrogênio sobre estande inicial, estande final, número de brotações por planta no momento da colheita e altura da planta no momento da

colheita, cujas médias estão apresentadas na Tabela 5, procedeu-se à análise de regressão (Tabela 6), onde foi observado efeito linear significativo apenas para altura de planta. Para as demais características não foi possível ajustar um modelo de regressão.

Tabela 5 – Médias de estande inicial (EI), estande final (EF), número de brotações por planta no momento da colheita (NB) e altura da planta no momento da colheita (AP) em função da dose de nitrogênio. Vitória da Conquista – BA, 2003

Doses de N (kg.ha ⁻¹)	EI	EF	NB	AP
0	15304,50	14423,09	1,82	1,37
50	15064,11	14262,83	1,84	1,32
100	15785,27	15224,37	1,83	1,48
200	15625,01	15144,24	1,84	1,44
300	15384,63	14903,85	1,77	1,46
400	15464,75	14903,86	1,82	1,52

Tabela 6 – Resumo da análise de regressão das características estande inicial (EI), estande final (EF), número de brotações por planta (NB) e altura da planta (AP). Vitória da Conquista – BA, 2003

F.V.	GL	Quadrados Médios			
		EI	EF	NB	AP
Doses de N	5	506.792,7	1.200.212	0,0063	0,0435*
Linear	1	293.510,2	2.061.176	0,00491	0,0435*
Quadrático	1	479.400,1	1.528.699	0,00097	0,00004
Cúbico	1	28.535,72	138.112,9	0,00907	0,0005
Quártico	1	1.438.200	1.878.466	0,00487	0,0370
Quíntico	1	294.325,5	394.608,2	0,00814	0,0302
Resíduo	33	1.803.459	2.249.911	0,1036	0,0155

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

Observando-se a Figura 5, verifica-se que houve efeito linear da dose de nitrogênio para altura de plantas de mandioca. Esse comportamento, é, possivelmente, decorrente da resposta da planta em aumentar a produção de matéria verde à medida que encontra maiores quantidades de nitrogênio disponível. Esses resultados estão de acordo com Howeler (1982), que afirma que doses altas de nitrogênio levam a planta a produzir excessiva quantidade de parte aérea.

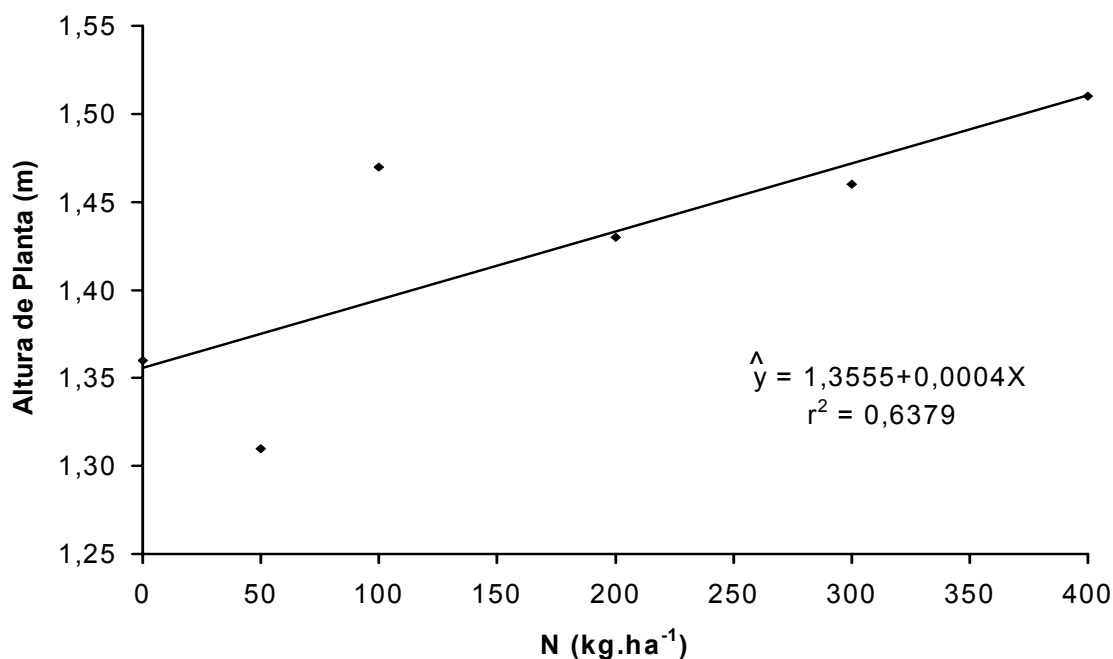


Figura 5 - Estimativa da altura de plantas de mandioca em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Não houve influencia significativa de variedades sobre produção de raízes tuberosas (Tabela 7).

Na mesma Tabela, verifica-se que houve efeito significativo de variedade de mandioca para as características produção de parte aérea, porcentagem de matéria seca e amido da raiz tuberosa, e, rendimento de farinha. A matéria seca e o amido, estão ligados à idade da cultura e às condições climáticas, principalmente o índice pluviométrico, além de serem uma característica varietal importante (Toro e Cañas, 1982).

Pela Tabela 7, observa-se que as doses de nitrogênio não apresentaram efeito significativo para produção de raiz tuberosa, matéria seca da raiz, porcentagem de amido e rendimento de farinha.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características produção de parte aérea na colheita (PA), produção de raiz tuberosa (PR), matéria seca da raiz (MSR), porcentagem de amido na raiz (AM) e rendimento de farinha (RF). Vitória da Conquista – BA, 2003.

F.V.	GL	Quadrados Médios				
		PA	PR	MSR	AM	RF
Blocos	3	11.597.060	18.338.420	5,7391	5,7391*	10,1642*
Variedades (V)	1	1.205.283.000*	19.177.080	11,7513*	11,7513*	20,8824*
Nitrogênio (N)	5	64.058.410*	41.090.620	1,4825	1,4825	2,6477
V x N	5	10.391.380	15.210.580	0,3849	0,3849	0,6903
Resíduo	33	20.844.430	17.738.910	1,0664	1,0664	1,8973
CV (%)		21,32	21,47	3,29	3,86	5,87

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

Na Tabela 8, observa-se uma tendência de maior produção de raízes tuberosas na variedade Sergipe, apesar de não apresentar diferença significativa em relação à variedade Lisona. Para as características da produção de parte aérea, da matéria seca em raízes tuberosas, do amido em raízes tuberosas, e, rendimento de farinha, a variedade Sergipe mostrou resultados superiores, demonstrando porque é a preferida para o cultivo na região. É desejável que as mesmas variedades responsáveis pelas maiores produções de raízes tuberosas sejam também aquelas que apresentem os maiores teores de matéria seca, maximizando, assim, o rendimento do produto final por unidade de área cultivada (Vidigal-Filho *et. al.*, 2000).

A produção da parte aérea foi aproximadamente 70% superior na variedade Sergipe (Tabela 8). Durante a condução do experimento, notou-se, em todo o período, mais vigor nas plantas dessa variedade, principalmente no tamanho e quantidade das folhas, número de hastes por planta e cenescência mais tardia. Lorenzi *et al.* (1990) constataram, em avaliação do comportamento de variedades de mandioca, a influência

de componentes genéticos na produção de parte aérea de mandioca. Estas características indicam boa opção para confecção de feno.

Tabela 8 - Médias, entre variedades, de produção de parte aérea, produção de raízes tuberosas, matéria seca em raízes tuberosas, amido em raízes tuberosas e rendimento de farinha. Vitória da Conquista-BA, 2003

Variáveis	Variedades	
	Sergipe	Lisona
Produção de parte aérea (kg.ha ⁻¹)	26.425,23b	16.403,24a
Produção de raízes tuberosas (kg.ha ⁻¹)	20.246,5a	18.982,4a
Matéria seca em raízes tuberosas (%)	31,89a	30,90b
Amido em raízes tuberosas (%)	27,24a	26,25b
Rendimento de farinha (%)	24,11a	22,79b

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

Nota-se pela Tabela 7, que as doses de nitrogênio influenciaram apenas a produção de parte aérea, não apresentando efeito significativo para a produção de raiz tuberosa, para a matéria seca da raiz, para a porcentagem de amido na raiz e para o rendimento de farinha, estando as médias dessas características apresentadas na Tabela 9.

Para se estudar o efeito da dose de nitrogênio sobre produção de parte aérea na colheita, produção de raiz tuberosa, matéria seca da raiz, porcentagem de amido na raiz e rendimento de farinha, foi realizada análise de regressão (Tabela 10) encontrando-se efeito linear significativo para todas essas características.

Tabela 9 – Médias de produção de parte aérea na colheita (PA), produção de raiz (PR), porcentagem de matéria seca na raiz (MSR), porcentagem de amido na raiz (AM) e rendimento de farinha (RF), Vitória da Conquista – BA, 2003

Doses de N (kg.ha ⁻¹)	Quadrados Médios				
	PA	PR	MSR	AM	RF
0	17.992,80	17.451,93	30,74	26,09	22,58
50	18.313,31	16.169,88	31,30	26,62	23,33
100	20.623,40	20.368,60	31,13	26,48	23,10
200	24.213,31	21.770,85	31,51	26,86	23,60
300	23.489,99	20.584,95	31,92	27,27	24,16
400	23.852,57	21.340,56	31,75	27,10	23,93

Tabela 10 – Resumo da análise de regressão das características produção de parte aérea na colheita (PA), produção de raiz tuberosa (PR), matéria seca da raiz (MSR), porcentagem de amido na raiz (AM) e rendimento de farinha (RF). Vitória da Conquista – BA, 2003

F.V.	GL	Quadrados Médios				
		PA	PR	MSR	AM	RF
Doses de N	5	64.058.410*	41.090.610	1,4825	1,4825	2,6477
Linear	1	2.679.29.800*	132.819.000*	6,1084*	6,1084*	10,8771*
Quadrático	1	135.39.590	12.269.170	0,1673	0,1673	0,2979
Cúbico	1	20.159.320	129.524.500	0,0257	0,0258	0,0459
Quártico	1	10.662.470	46.861.900	1,0352	1,0352	1,8434
Quíntico	1	8.000.909	550.511,2	0,0863	0,0864	0,1538
Resíduo	33	20.844.430	17.738.910	1,0664	1,0664	1,8973

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

Observando-se a Figura 6, verifica-se que houve efeito linear da dose de nitrogênio para produção de parte aérea de plantas de mandioca. Grande produção de parte aérea pode interferir negativamente na produção de raízes. Por outro lado, pouco crescimento da parte aérea contribui para a diminuição do tecido fotossintético prejudicando a produção de carboidratos para as raízes (Viana, *et al.*, 2001). Cheing (1983), conseguiu aumentar de 22 para 43 t.ha⁻¹, a produção de parte aérea de mandioca com aplicação de 150 kg.ha⁻¹ de nitrogênio.

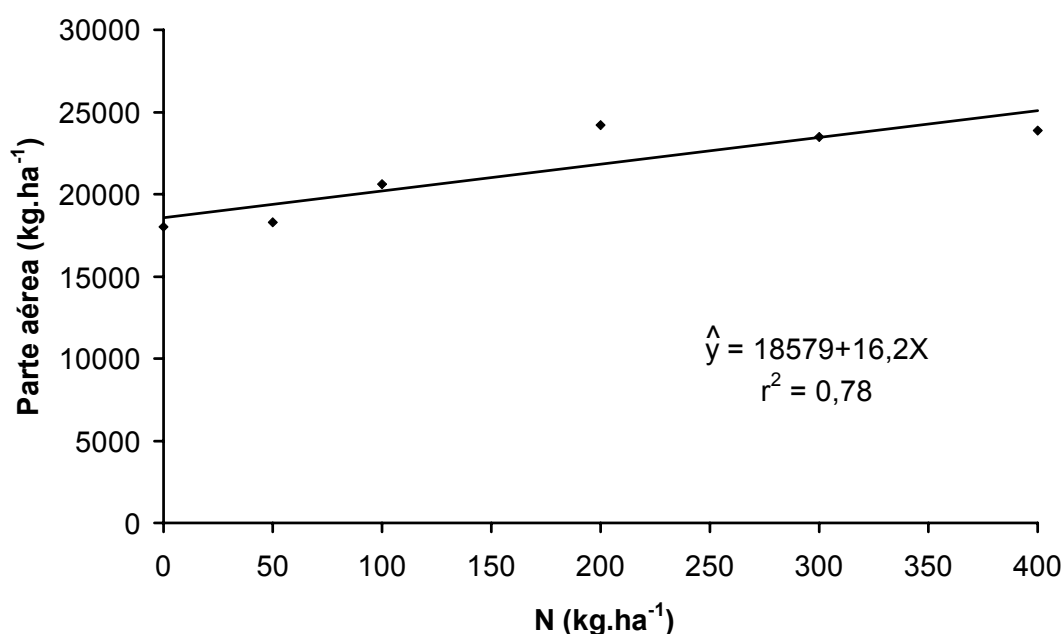


Figura 6 - Estimativa de produção de parte aérea de plantas de mandioca em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Na Figura 7, verifica-se que foi encontrado, para o efeito de doses de nitrogênio na produção de raízes tuberosas, modelo linear crescente. Na Nigéria, Obigbesan (1976), obteve produção de 56 t.ha⁻¹ de raízes tuberosas, aplicando 50 kg.ha⁻¹ de nitrogênio.

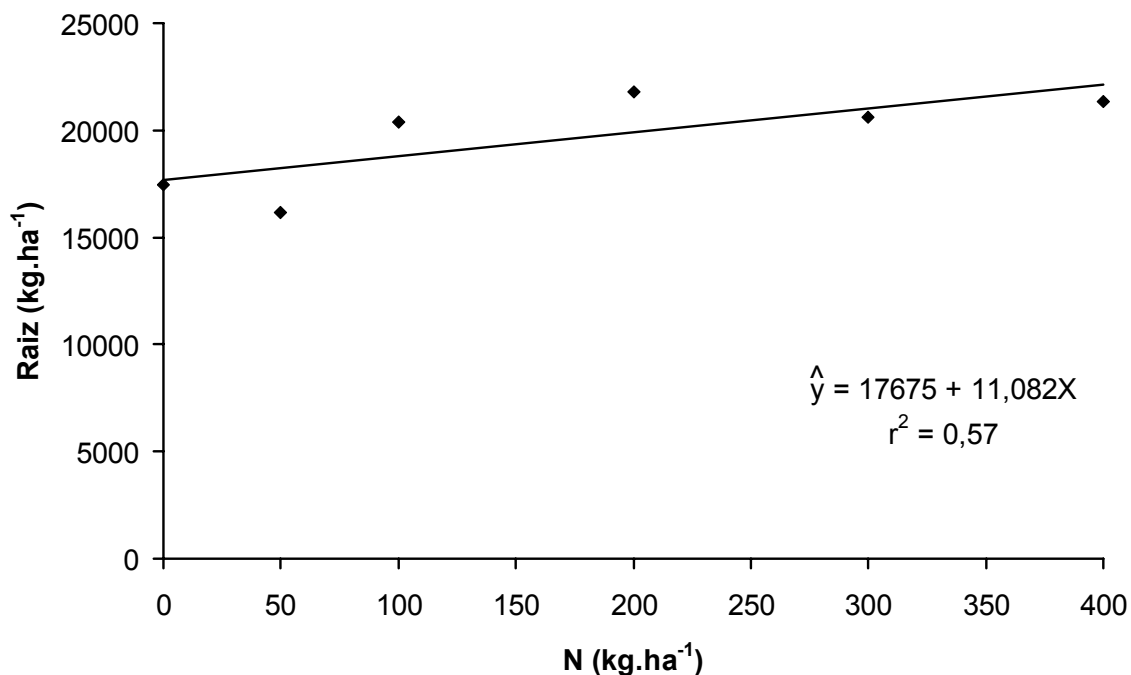


Figura 7- Estimativa da produção de raízes tuberosas de mandioca em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista-BA, 2003.

Nota-se, quando comparadas as Figuras 6 e 7, que tanto a produção de parte aérea como a de raízes tuberosas, aumentaram linearmente em função do aumento de doses de nitrogênio. Deste modo o aumento da produção de parte aérea não foi suficiente para desbalancear o equilíbrio entre parte aérea e raiz, reduzindo, assim, o rendimento da cultura.

Verifica-se ainda na Figura 7, que para cada 1 kg de nitrogênio aplicado, obteve-se 11 kg de raízes tuberosas. O custo de 1 kg de N, na forma de uréia é, a preço de fevereiro de 2004, R\$ 1,60 e, o preço de 1 kg de raízes de mandioca, na mesma época, incluindo o frete, é de R\$ 0,50. Considerando-se a produção compreendida entre 17,7 t de raízes, que corresponde à produtividade sem aplicação de adubação nitrogenada e, a produção de 22,1 t de raízes, obtida com 400 kg de nitrogênio, verifica-se incremento de 4,4 t de raízes, com aumento no investimento de R\$ 640,00. Nessas condições, para cada R\$ 1,00 investido na compra de adubo nitrogenado, obtém-se um ganho de R\$ 3,44.

R\$1,00 = US\$2.94 (Fevereiro de 2004)

Observou-se efeito linear da dose de nitrogênio para matéria seca de raiz, amido e rendimento de farinha (Figura 8).

Provavelmente, não existe vantagem econômica na aplicação de nitrogênio visando-se obter maiores teores de matéria seca e amido nas raízes tuberosas e maior rendimento de farinha, como pode-se perceber na Figura 8, com os pequenos incrementos de 0,208, 0,003 e 0,003% respectivamente, nessas características. Indiretamente consegue-se maior produção desses fatores através do aumento de produtividade de raízes.

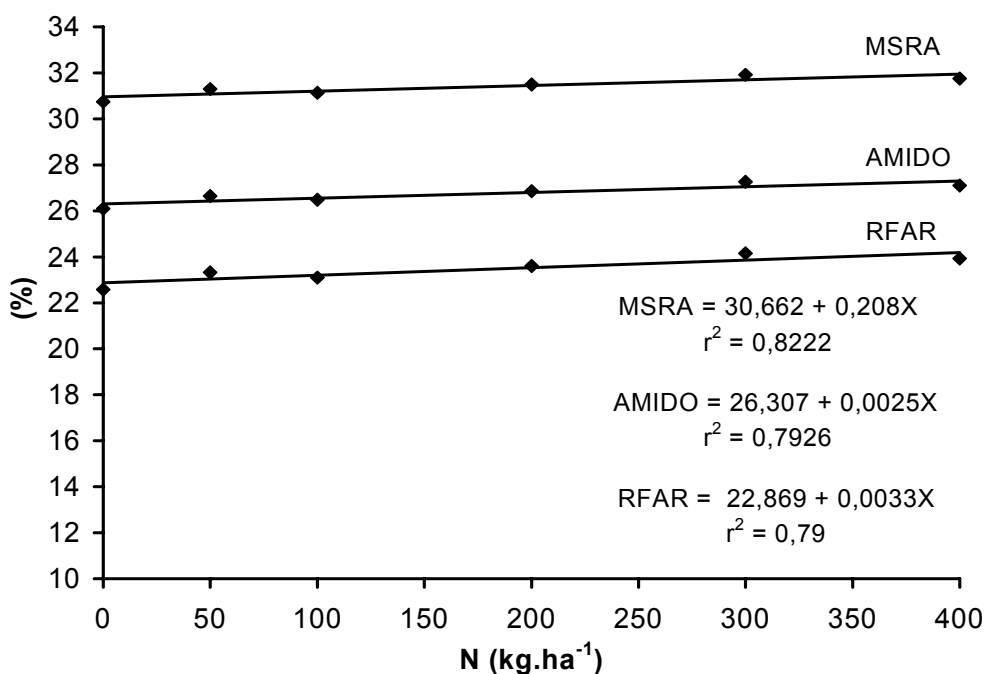


Figura 8 - Estimativa de matéria seca (%), amido (%) e rendimento de farinha (%) em raízes tuberosas de mandioca em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003

O teor de matéria seca é a característica que determina o maior ou menor rendimento industrial das raízes, uma vez que está diretamente relacionado aos diversos produtos derivados da mandioca (Sarmiento, 1977).

Os teores de matéria seca e amido, variam entre variedades, anos agrícolas e épocas de colheita, apresentando, para 26 variedades avaliadas, segundo Borges *et al.*

(2002), valores entre 29,54 e 38,20% para matéria seca e 24,89 e 33,55% para amido. O teor de amido nas raízes tuberosas ainda não é comumente utilizado na região do Sudoeste da Bahia para influenciar o valor comercial das raízes no momento da comercialização, mas já está sendo despertado o interesse dos produtores rurais e beneficiadores de mandioca, no sentido de proceder essa avaliação.

A variação dos valores de matéria seca e amido está dentro da faixa considerada adequada por Mendonça *et al.* (2003) para quem o teor de amido em raízes tuberosas de mandioca varia de 21 a 33%, sendo que o ideal seriam valores acima de 30% (Conceição, 1983).

Verifica-se, na Tabela 11, que houve efeito significativo das variedades de mandioca sobre o índice de colheita, o índice de área foliar, o teor de nitrogênio e o teor de proteína bruta na matéria seca das folhas. O efeito das variedades não foi significativo sobre teor de clorofila, (Tabela 11). Na mesma Tabela, nota-se que as doses de nitrogênio não influenciaram significativamente nenhuma dessas características.

Tabela 11 – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características índice de colheita (IC), índice de área foliar (IAF), clorofila, em unidade SPAD, porcentagem de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e proteína bruta na matéria seca da folha. Vitória da Conquista – BA, 2003

F.V.	Quadrados Médios					
	GL	IC	IAF	Clorofila	N	PB
Blocos	3	15,74546	0,5732	8,7208	0,0130	0,5087
Variedades (V)	1	1335,357*	21,4628*	13,1252	0,7901	30,8641
Nitrogênio (N)	5	25,14108	0,4861	1,0897	0,3093	12,0825
V x N	5	41,54039	0,5732	2,7137	0,1782	6,9609
Resíduo	33	40,8526	0,6644	7,8439	0,3158	12,3357
CV (%)		13,15	42,99	5,89	11,75	11,75

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

Já na Tabela 12, nota-se que para a característica índice de colheita, houve diferença significativa entre as variedades, com a Lisona apresentando maior valor. O índice de colheita, que representa a relação entre peso das raízes e peso total da planta, é considerado adequado quando acima de 60% (Conceição, 1983). Em experimento realizado no Paraná, Vidigal Filho *et al.* (2000), encontraram valores para essa característica que variaram entre 38% a 79%.

Isoladamente, o índice de colheita não fornece informação precisa sobre o comportamento da planta de mandioca, pois altos valores desse índice tanto podem ser obtidos com o aumento da produção de raízes como por diminuição da produção de parte aérea. Podem ocorrer variações ainda em relação ao potencial de utilização. Baixo índice de colheita, desde que obtido em plantas com grande produção de parte aérea, podem ser adequados quando o objetivo da lavoura de mandioca é produzir parte aérea para alimentação animal, utilização na qual o potencial dessa cultura ainda é pouco explorado, principalmente no Nordeste brasileiro.

Tabela 12 - Médias, de índice de colheita, índice de área foliar, teor de clorofila, e nitrogênio e proteína bruta da matéria seca foliar, avaliadas no experimento de campo. Vitória da Conquista-BA, 2003

Variáveis	Variedades	
	Sergipe	Lisona
Índice de colheita (%)	43,32a	53,87b
Índice de área foliar (%)	2,56a	1,23b
Clorofila	47,04a	48,08a
N (%)	4,91a	4,66a
PB (%)	30,69a	29,12a

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

Pela Tabela 12, observa-se que para a característica IAF, a variedade Sergipe apresentou melhor desempenho. O tipo ideal de planta de mandioca para obter maiores produções de raiz deve alcançar rapidamente IAF em torno de 3,0 e mante-lo pelo resto do seu ciclo (Cock, 1982). A variedade Sergipe alcançou valor próximo desse índice.

Altos valores de índice de área foliar para a mandioca podem resultar em maior autosombreamento fazendo com que as folhas da parte inferior da copa da planta apresentem baixas taxas fotossintéticas, e, passem a consumir os fotoassimilados produzidos pelas folhas mais expostas à luz, o que pode resultar em menor translocação de reservas para acúmulo nas raízes tuberosas.

Para a leitura de clorofila, realizada através do clorofilômetro, em unidade SPAD, não foi encontrada diferença significativa entre as duas variedades avaliadas (Tabela 12). Em algumas culturas o clorofilômetro é usado na indicação para aplicação de adubo nitrogenado. A utilização do parâmetro teor de clorofila da folha apresenta grande potencial como indicador para a recomendação de adubação nitrogenada em cereais, principalmente se associado a indicadores de solo (Zotarelli, 2003).

Verificando-se o nitrogênio da matéria seca foliar (Tabela 12), observa-se que não houve diferença significativa entre as variedades.

Como o resultado da proteína bruta na matéria seca da folha é calculado tomando-se como base os valores de N encontrados na matéria seca da folha, verifica-se que não houve diferença significativa entre as variedades (Tabela 12). Esses valores são superiores aos encontrados por Zago e Ribas (1989), citado por Zago (1997), nas forrageiras aveia, milheto e sorgo, com teores de proteína bruta na matéria seca de 18,4%, 16,7% e 17,4%, respectivamente.

As médias dessas características, avaliadas para doses de nitrogênio estão apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Médias de índice de colheita (IC), índice de área foliar (IAF), clorofila, porcentagem de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha (PB). Vitória da Conquista – BA, 2003

Doses de N (kg.ha ⁻¹)	IC (%)	IAF	Clorofila	N (%)	PB (%)
0	50,28	1,83	48,0	4,64	29,01
50	47,38	1,74	47,1	4,50	28,07
100	51,34	2,36	47,8	4,98	31,10
200	47,45	1,92	47,7	4,74	29,58
300	47,12	1,88	47,7	4,99	31,14
400	47,97	1,65	47,1	4,88	30,49

Para estudar o efeito das doses de nitrogênio sobre o índice de colheita, o índice de área foliar, a clorofila, o nitrogênio e a proteína na matéria seca da folha, procedeu-se à análise de regressão (Tabela 14), não encontrando modelo significativo para essas características.

Tabela 14- Resumo da análise de regressão das características índice de colheita (IC), índice de área foliar (IAF) clorofila,, porcentagem de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha (PB). Vitória da Conquista – BA, 2003

F.V.	GL	Quadrados Médios				
		IC	IAF	Clorofila	NF	PB
Dose de N	5	25,14108	0,4861	1,0897	0,3093	12,0825
Linear	1	30,1343	0,1069	0,9040	0,6668	26,0453
Quadrático	1	0,2473	1,0450	0,1259	0,0483	1,8870
Cúbico	1	1,4871	0,0004	3,1174	0,0731	2,8560
Quártico	1	43,4097	0,3929	0,7545	0,0758	2,9601
Quíntico	1	50,4271	0,8852	0,5467	0,6826	26,6639
Resíduo	33	40,8526	0,6644	7,8439	0,3158	12,3357

Observando-se a Tabela 15, verifica-se que houve efeito significativo das variedades de mandioca sobre o teor de ácido cianídrico das folhas aos 90, 180, 270 e 360 dias após a emergência, e, também, sobre o teor de ácido cianídrico das raízes no momento da colheita. Houve ainda efeito significativo de doses de nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico nas folhas apenas na idade de 90 dias após o plantio.

Tabela 15 – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características ácido cianídrico 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 ácido cianídrico das raízes, no momento da colheita (HCNR). Vitória da Conquista – BA, 2003

F.V.	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
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

As médias de ácido cianídrico, obtidas para variedades podem ser verificadas na Tabela 16 onde observa-se que em todas as épocas a variedade Sergipe apresentou maiores teores de HCN que a variedade Lisona.

Tabela 16 - Médias, de ácido cianídrico, de folhas e raízes de mandioca (mg.kg^{-1}). Vitória da Conquista-BA, 2003

Variáveis	Variedades	
	Sergipe	Lisona
HCN nas folhas, aos 90 dias	429,2a	381,7b
HCN nas folhas, aos 180 dias	458,7a	338,6b
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.

A Tabela 17 apresenta as médias das características HCN obtidas das folhas aos 90 dias, aos 180 dias, aos 270 dias e aos 360 dias após emergência e ácido cianídrico das raízes, no momento da colheita, para doses de nitrogênio.

Tabela 17 – Médias de HCN, em mg.kg^{-1} , 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 ácido cianídrico das raízes, no momento da colheita (HCNR). Vitória da Conquista – BA, 2003

Doses de N (kg.ha^{-1})	HCN1	HCN2	HCN3	HCN4	HCNR
0	383,9	408,4	359,4	374,6	134,2
50	393,2	352,7	410,1	382,2	154,4
100	402,5	437,1	395,7	349,3	144,3
200	392,3	399,1	368,7	379,7	146,0
300	432,0	386,4	384,8	350,2	183,9
400	428,6	408,4	412,6	394,9	140,1
Média	405,4	398,7	388,6	371,8	150,5

Pode-se notar (Tabela 17) uma tendência para a diminuição do teor de HCN, nas folhas, no período dos 90 aos 360 dias. Du *et al.* (1995) e Elias *et al.* (1997), afirmam que uma pequena parte de glicosídeo cianogênico é sintetizado nas raízes, porém, uma grande quantidade é translocada das folhas para as raízes e a intensidade desse transporte é característica varietal dependendo, assim do estágio de desenvolvimento da planta.

Observando-se a Figura 9, pode-se verificar que a variação de ácido cianídrico nas variedades Sergipe e Lisona, avaliadas separadamente, apresenta resultados distintos. 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).

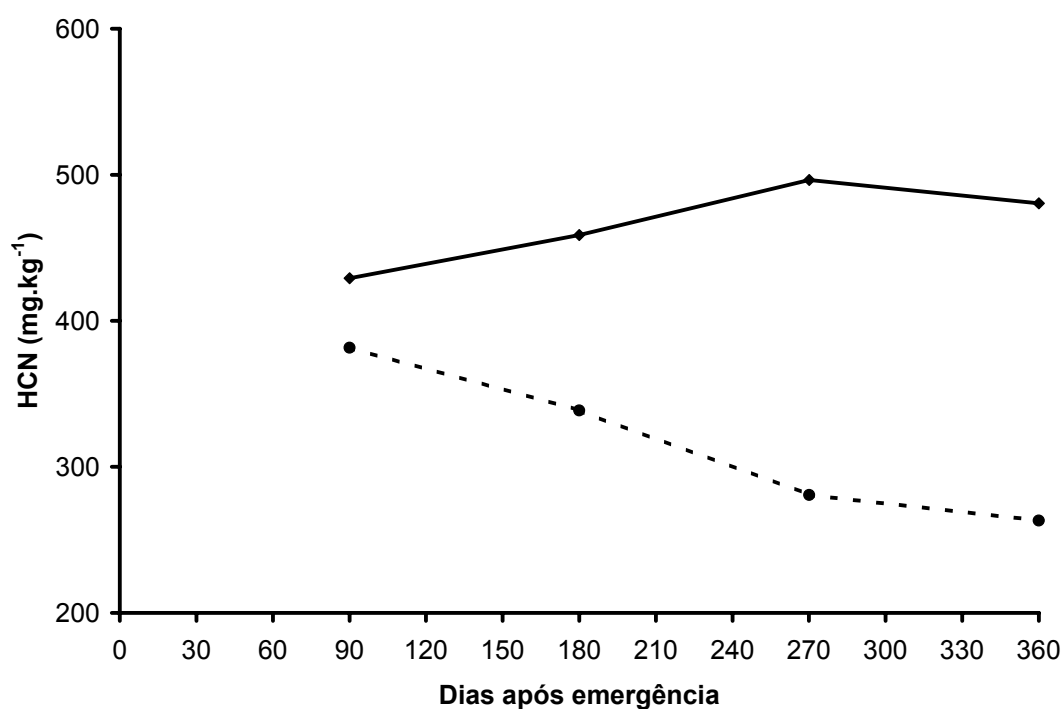


Figura 9 – Teor de HCN, nas folhas, das variedades Sergipe (—) e Lisona (---) em função da idade. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Para estudar o efeito do nitrogênio sobre o teor do ácido cianídrico nas folhas aos 90, 270, e 360 dias de idade após o plantio, e, nas raízes no momento da colheita, procedeu-se à análise de regressão (Tabela 18).

Tabela 18 - Resumo da análise de regressão das características ácido cianídrico das folhas, aos 90 dias após emergência (HCN1), aos 270 dias após emergência (HCN3), aos 360 dias após emergência (HCN4) e das raízes, no momento da colheita (HCNR). Vitória da Conquista – BA, 2003

F.V.	GL	Quadrados Médios			
		HCN1	HCN3	HCN4	HCNR
Doses de N	5	3.248,93	3.799,971	2.736,183	2.493,137
Linear	1	12.438,64*	3.030,639	143,5219	1.640,575
Quadrático	1	322,802	5,4919	3.776,263	1.566,482
Cúbico	1	2,562	13.491,85*	1.853,002	1.503,689
Quártico	1	1.539,565	1.993,563	263,6116	7.342,885
Quíntico	1	1.993,563	258,7525	7.446,305	495,0402
Resíduo	33	1.066,576	2.305,989	3.508,568	1.127,289

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

Realizado o desdobramento da interação variedade \times nitrogênio para estudar o efeito de doses de nitrogênio em cada variedade sobre a característica teor de HCN, aos 180 dias após emergência, os modelos que apresentaram significância não explicam de maneira adequada a variação de HCN nas folhas de plantas de mandioca em função das doses de nitrogênio utilizada nas variedades Sergipe e Lisona (Tabela 19).

Tabela 19 – Desdobramento da interação variedade x nitrogênio para estudar efeito de doses de nitrogênio em cada variedade sobre a característica teor de HCN nas folhas de plantas de mandioca, aos 180 dias após emergência. Vitória da Conquista – BA, 2003.

F.V.	GL	Quadrados Médios
		Teor de HCN
<i>Variedade Sergipe</i>		
Doses de N	5	7979,892
Linear	1	915,3181
Quadrático	1	1824,670
Cúbico	1	19845,00*
Quártico	1	2108,893
Quíntico	1	15205,58
<i>Variedade Lisona</i>		
Doses de N	5	8172,394
Linear	1	0,4435941E ⁻²⁵
Quadrático	1	1824,670
Cúbico	1	13390,31
Quártico	1	25425,50*
Quíntico	1	221,4844
Resíduo	33	3683,563

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

Observando-se a Figura 10, pode-se verificar que houve efeito linear de doses de nitrogênio sobre teor de HCN nas folhas de plantas de mandioca com 90 dias de idade. Esse comportamento, é, provavelmente, devido ao aumento na síntese de glicosídeos cianogênicos que ocorre com maior disponibilidade de nitrogênio no solo.

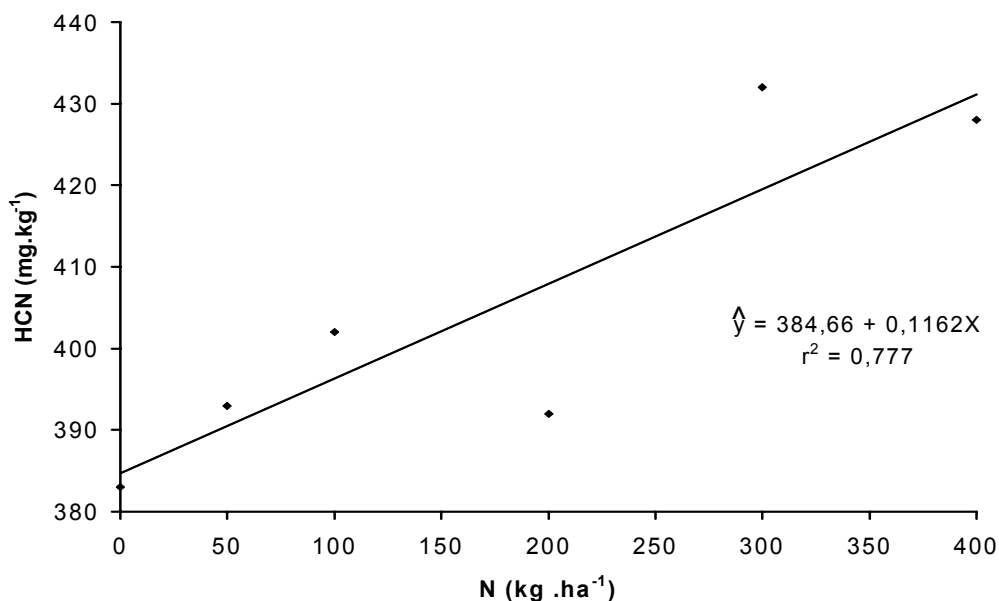


Figura 10 – Estimativa do teor de HCN, de folhas de mandioca medido aos 90 dias após emergência, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Desdobrando-se a interação variedade x nitrogênio, para a característica HCN, e, aplicando-se o teste de médias (Tabelas 20 e 21) observa-se que, quando as doses de nitrogênio foram aumentadas o teor de HCN nas folhas, não tiveram seus teores significativamente elevados. A variedade Sergipe apresentou maior teor de HCN, em relação à variedade Lisona, para as doses de 0, 100, 200 e 300 kg.ha⁻¹, e, não apresentou diferença significativa para as doses de 50 e 400 kg.ha⁻¹.

Tabela 20 – Médias de HCN (mg.kg^{-1}) nas folhas de plantas de mandioca, aos 180 dias após emergência, em função das doses de nitrogênio. Vitória da Conquista – BA, 2003

Variedade	Dose de nitrogênio (kg.ha^{-1})					
	0	50	100	200	300	400
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

Tabela 21 – Média de teor de HCN (mg.kg^{-1}) nas folhas de planta de mandioca, em função de variedade e dose de nitrogênio, aos 180 dias de idade. Vitória da Conquista – BA, 2003

N (kg.ha^{-1})	Sergipe	Lisona
0	472,0	344
50	386,0	318,7
100	492,3	381
200	460,3	337
300	509,3	263
400	429,8	386,3

Ficou demonstrado, neste caso, que, apesar do aumento das doses de nitrogênio, o que prevaleceu foi o efeito da variedade sobre os teores de ácido cianídrico nas folhas.

O estudo das correlações, obtidas com as médias dos tratamentos, indicou que a altura das plantas apresentou correlação positiva com o peso da parte aérea e produção de raiz tuberosa e correlacionou-se negativamente com índice de colheita (Tabela 22), apontando que plantas com a parte aérea mais desenvolvida apresentam menor índice de colheita. O aumento da parte aérea não contribuiu para que houvesse redução na produção de raízes tuberosas.

Tabela 22 – Correlações entre as características número de brotações por planta (NB), altura de plantas (AP), teor de ácido cianídrico nas raízes tuberosas (HCNR), nitrogênio na matéria seca de folha (N), proteína bruta na matéria seca de folha (PB), índice de colheita (IC), peso da parte aérea (PA), produção de raízes tuberosas (PR), percentagem de matéria seca de raízes tuberosas (MSR), porcentagem de amido (AM), rendimento de farinha (RF) e índice de área foliar (IAF). Vitória da Conquista – BA, 2003

	AP	HCNR	N	PB	IC	PA	PR	MSR	AM	RF	IAF
NB	-0,04	0,20	0,35*	0,35*	-0,49*	0,54*	0,14	0,08	0,08	0,08	0,41*
AP		0,02	0,26*	0,26*	-0,26*	0,43*	0,30*	-0,07	-0,07	-0,07	0,07
HCNR			0,42*	0,42*	-0,47*	0,36*	-0,06	0,17	0,17	0,17	0,15
N				1,00*	-0,11	0,26*	0,16	0,17	0,17	0,17	0,11
PB					-0,11	0,26*	0,16	0,17	0,17	0,17	0,11
IC						-0,73*	0,24*	-0,12	-0,12	-0,12	-0,52*
PA							0,45*	0,30*	0,30*	0,30*	0,30*
PR								0,24*	0,24*	0,24*	0,17
MSR									1,00*	1,00*	0,29*
AM										1,00*	0,29*
RF											0,29*

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

O teor de ácido cianídrico das raízes tuberosas correlacionou-se negativamente com o índice de colheita e positivamente a com porcentagem de nitrogênio e proteína bruta na matéria seca da folha e peso da parte aérea (Tabela 22).

O nitrogênio na matéria seca de folha correlacionou-se positivamente com o teor de HCN nas raízes tuberosas (Tabela 22). Resultados semelhantes foram constatados por Asher (1975) e Obigberson e Fayeme (1976).

Foi encontrada correlação positiva de nitrogênio na matéria seca de folha com proteína bruta na matéria seca de folha, peso da parte aérea, índice de área foliar, número de brotação por planta e teor de ácido cianídrico nas raízes tuberosas (Tabela 22). Plantas com maior porcentagem de nitrogênio na matéria seca de folha têm correlação direta com a porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha porque, na metodologia utilizada, a proteína bruta é calculada utilizando-se o fator 6,25 multiplicado pelo N encontrado. O incremento do conteúdo de nitrogênio no peso da parte aérea na colheita, mostra a importância deste elemento quando se tem como meta a utilização da parte aérea da mandioca para alimentação animal. Esse incremento

interfere no aumento do IAF e na diminuição do índice de colheita, confirmando assim um maior desenvolvimento da parte aérea da planta em relação às raízes tuberosas.

O índice de colheita apresentou correlação negativa com peso da parte aérea e índice de área foliar e, se correlacionou positivamente com produção de raízes tuberosas (Tabela 22). Deste modo, plantas com maior índice de colheita apresentam menor peso da parte aérea e menor índice de área foliar. O desenvolvimento de uma grande parte aérea pode não deixar carboidratos suficientes para uma boa produção de raiz (Cock, 1990).

Encontram-se correlações positivas entre o peso de parte aérea com a produção de raízes tuberosas, porcentagem de matéria seca de raízes tuberosas, porcentagem de amido, rendimento de farinha e índice de área foliar (Tabela 22). Observa-se, portanto, que plantas com parte aérea mais desenvolvida apresentaram maiores rendimentos para estas características, valorizadas pela indústria farinheira, e, que o maior índice de área foliar provavelmente contribuiu com maiores quantidades de fotoassimilados. À primeira vista pode indicar o oposto do que está acontecendo, mas não foi suficiente para desbalancear a relação entre produção de parte aérea e produção de raízes tuberosas, assim como não interferiu negativamente nas características da porcentagem de matéria seca de raízes tuberosas e amido e rendimento de farinha. À medida que houve aumento do IAF, aconteceu o mesmo com o número ou área de folhas, o que contribuiu para aumentar a parte aérea. Os valores de IAF, também não foram elevados, não ultrapassando 3.

A produção de raízes tuberosas correlacionou-se, positivamente, com a porcentagem de matéria seca de raízes e de amido e com rendimento de farinha (Tabela 22). Deste modo, o maior rendimento de raízes tuberosas foi obtido em plantas que apresentavam maiores teores de matéria seca nas raízes tuberosas. Esse resultado contribui para uma maximização do rendimento do produto final por unidade de área cultivada (Vidigal Filho, *et al.*, 2000).

Foi encontrada correlação positiva de porcentagem de matéria seca de raízes tuberosas com a porcentagem de amido, rendimento de farinha e índice de área foliar (Tabela 22). Plantas com maior porcentagem de matéria seca de raízes tuberosas mostraram maior porcentagem de amido na raiz tuberosa, maior rendimento de farinha e maior índice de área foliar. A alta correlação ($r=1$) entre matéria seca de raízes tuberosas, amido e rendimento de farinha deve-se à metodologia utilizada para avaliar essas características através da balança hidrostática.

Essas características positivas, muito provavelmente, podem ser atribuídas à taxa assimilatória líquida, que mede a eficiência do sistema fotossintético da planta que, por sua vez, tem influência do índice de área foliar (Conceição, 1983).

4.2. Experimento II

Este experimento foi desenvolvido em solução nutritiva, com níveis de nitrogênio mantidos constantes durante os 60 dias em que as plantas de mandioca permaneceram nos vasos, na tentativa de permitir melhor avaliação da resposta ao nitrogênio, já que no solo este elemento é bastante variável.

Houve efeito significativo de variedades sobre matéria seca da parte aérea, clorofila e teor de ácido cianídrico nas folhas (Tabela 23). Observa-se na mesma Tabela, que houve efeito do nitrogênio sobre matéria seca da parte aérea e raiz, clorofila, e porcentagem de nitrogênio e proteína bruta na matéria seca da folha. Não foi encontrado efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico das folhas.

Tabela 23 – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSRA), clorofila, teor de ácido cianídrico nas folhas (HCN), porcentagem de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha (PB) de plantas de mandioca em solução nutritiva. Vitória da Conquista – BA, 2003

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		MSPA	MSRA	Clorofila	HCN	N	PB
Variedade (V)	1	103,4909*	0,7130	308,5802*	14.630,62*	1,0989	52,1666
Nitrogênio (N)	3	405,9719*	38,7312*	114,4855*	6.338,558	13,9452*	515,4827*
V x N	3	40,4757	5,5019	56,4621*	6.069,092	0,1988	6,3040
Resíduo	32	22,4149	2,7317	14,8717	2.833,087	0,6626	25,1160
CV (%)		29,29	38,51	7,27	13,71	17,74	17,41

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

Na Tabela 24, nota-se que a variedade Sergipe superou a Lisona em todas as características avaliadas, com exceção de matéria seca das raízes e porcentagem de nitrogênio e proteína na matéria seca da folha.

Tabela 24- Médias, das características matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSRA), clorofila, teor de ácido cianídrico nas folhas (HCN), porcentagem de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e proteína bruta na matéria seca da folha (PB) de plantas de mandioca cultivadas por 60 dias, em solução nutritiva. Vitória da Conquista – BA, 2003

Variáveis	Variedades	
	Sergipe	Lisona
MSPA (g)	17,77a	14,56b
MSRA (g)	4,43a	4,16a
Clorofila	55,7a	50,24b
HCN (mg.kg ⁻¹)	407,25a	369,00b
N (% na MS)	4,75a	4,42a
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

As médias das características, avaliadas para cada dose de nitrogênio, estão na Tabela 25. Andrade *et al.* (2001) verificaram que plantas de *Panicum maximum*, cultivadas em solução nutritiva com diferentes proporções de NH₄⁺/NO₃⁻, apresentaram o menor peso de matéria seca quando o amônio foi a única fonte de N, atribuindo isso a um provável efeito tóxico desse íon ou a incapacidade dessas plantas absorverem e utilizarem todo o amônio disponível.

Tabela 25 - Médias de matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSRA), clorofila, teor de ácido cianídrico nas folhas de plantas de mandioca (HCN), porcentagem de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha (PB) de plantas de mandioca cultivadas em solução nutritiva. Vitória da Conquista – BA, 2003

Doses de N (mmol.L ⁻¹)	MSPA (g)	MSRA (g)	Clorofila	HCN (mg.kg ⁻¹)	N (% na MS)	PB (% na MS)
15	19,67	4,93	48,63	422,8	2,98	19,06
30	21,30	6,30	52,51	363,5	4,52	28,24
60	16,64	4,33	56,65	387,7	5,73	35,77
120	7,06	1,61	54,28	378,5	5,13	32,08

Para os valores das leituras obtidas com o clorofilômetro, a interação variedade x dose de nitrogênio foi significativa (Tabela 23). Comparando-se as médias (Tabela 26) observa-se que a variedade Sergipe apresentou teor de clorofila, em unidade SPAD, significativamente 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 estatisticamente iguais, embora a variedade Sergipe tenha apresentado sempre tendência a valores mais elevados.

Tabela 26 – Interação Variedade x Dose de nitrogênio para a característica clorofila, em unidade SPAD, em plantas de mandioca cultivadas em solução nutritiva, variedades Sergipe e Lisona. Vitória da Conquista – BA, 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.

Para estudar o efeito do nitrogênio sobre produção de matéria seca da parte aérea, produção de matéria seca da raiz, teor de ácido cianídrico nas folhas, nitrogênio na matéria seca da folha e proteína bruta na matéria seca da folha de plantas de mandioca, procedeu-se à análise de regressão (Tabela 27).

Tabela 27 – Resumo da análise de regressão das características porcentagem de matéria seca da parte aérea (MSPA), porcentagem de matéria seca da raiz (MSRA), teor de ácido cianídrico na folha (HCN), porcentagem de nitrogênio na matéria seca da folha (N) e porcentagem de proteína bruta na matéria seca da folha (PB) de plantas de mandioca em solução nutritiva. Vitória da Conquista – BA, 2003

F.V.	GL	Quadrados Médios				
		MSPA	MSRA	HCN	N	PB
D N	3	405,9719*	38,7312*	6338,558	13,9452*	515,4827*
Linear	1	1137,992*	96,3094*	3026,165	29,4068*	1085,966*
Quadrático	1	47,9730	6,8970	3235,012	11,3529*	414,4784*
Cúbico	1	31,9512	12,9872*	12754,50*	1,0760	46,0032
Resíduo	32	22,4149	2,7317	2833,087	0,6626	25,1160

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

Na Figura 11, nota-se efeito linear, da dose de nitrogênio usada na solução nutritiva, sobre produção de matéria seca da parte aérea. A diminuição do peso da matéria seca da parte aérea, obtida quando foram aumentadas as concentrações de nitrogênio, possivelmente decorreu pela elevação da proporção de NH_4^+ em relação a NO_3^- , como foi demonstrado em estudos realizados por Andrade *et al.* (2001).

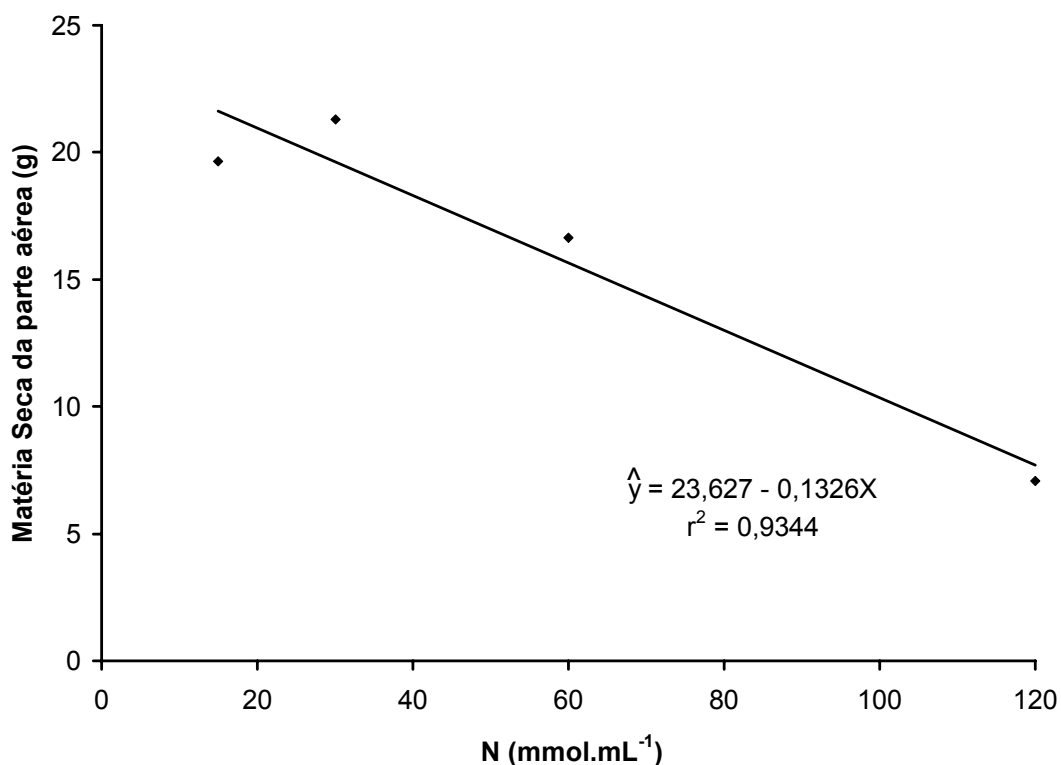


Figura 11 – Estimativa de peso de matéria seca da parte aérea de mandioca, em solução nutritiva, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Observando-se a Figura 12, pode-se verificar que houve efeito linear decrescente da dose de nitrogênio sobre peso de matéria seca de raiz de plantas de mandioca. Esse comportamento é possivelmente decorrente do excesso de nitrogênio fornecido na forma amoniacal, nas soluções nutritivas mais concentradas, causando efeito tóxico. Em cultivo sob condições de campo, Asher (1975) constatou que a aplicação de nitrogênio não causou aumento da matéria seca de raízes tuberosas de mandioca.

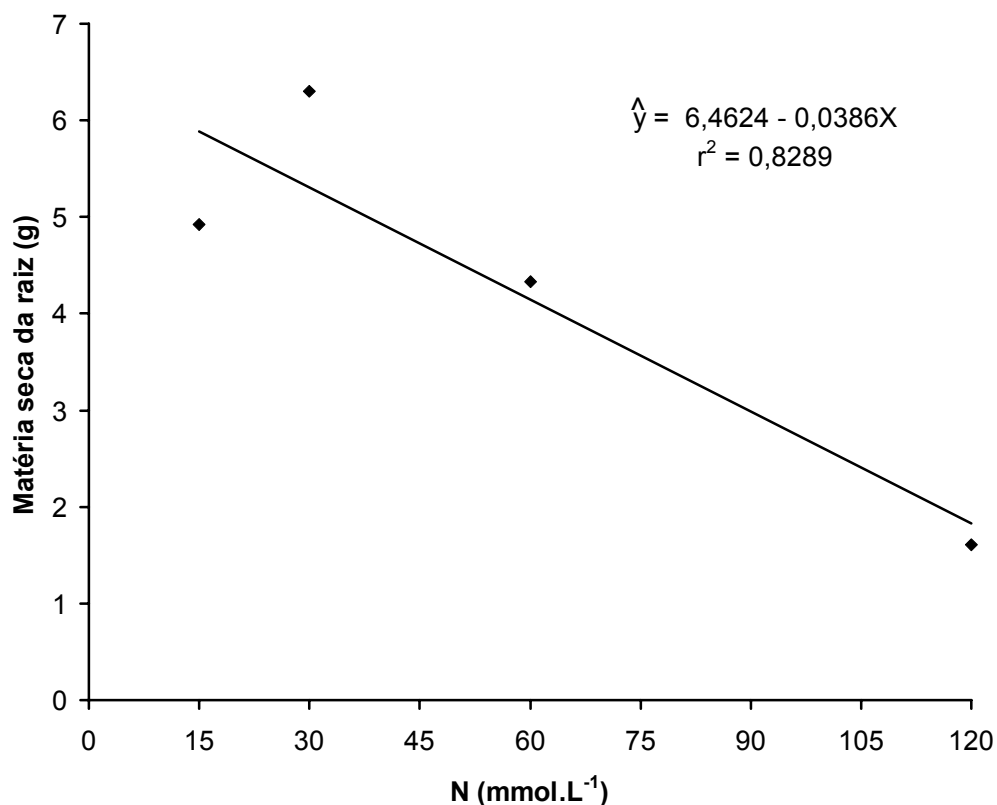


Figura 12 – Estimativa de Matéria Seca da raiz de mandioca, em solução nutritiva, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Na Tabela 27, nota-se modelo cubico significativo, para teor de HCN. Considerou-se, entretanto que ele não explica de maneira adequada esse comportamento.

Pela Figura 13, observa-se efeito quadrático da dose de nitrogênio, usada na solução nutritiva, sobre concentração de nitrogênio 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.

Possivelmente, esse efeito foi proveniente da pouca adaptação da planta em incorporar íon amônio ou pode ter ocorrido uma inibição da absorção de nitrato. 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 para um valor mínimo no tratamento com 100% de amônio.

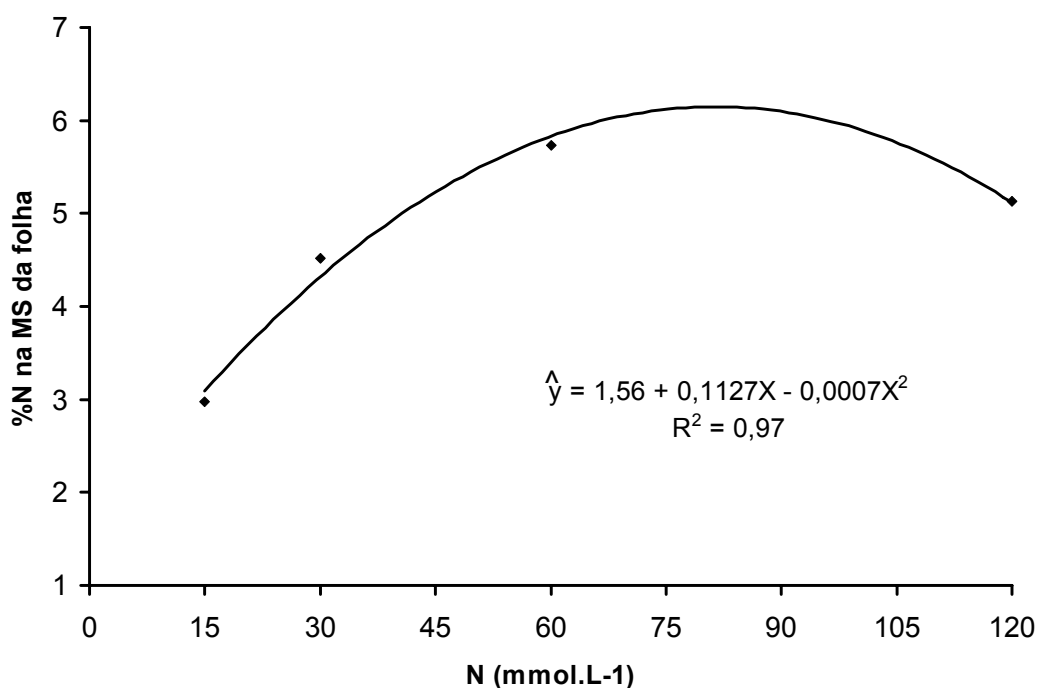


Figura 13 – Estimativa de variação de nitrogênio foliar, em mandioca cultivada em solução nutritiva, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Na Figura 14, observa-se que para proteína bruta na folha de mandioca, o efeito das doses de nitrogênio foi quadrático.

Por meio da equação de regressão, estimou-se que o máximo valor de proteína bruta na matéria seca da folha, 38,30% foi obtido com concentração de 81,55 mmol.L⁻¹ de N. Esse resultado, do máximo valor de proteína, foi superior a 30,88%, encontrado por Azevedo (1998), em folhas de mandioca, cultivado no solo, sem utilização de adubação complementar.

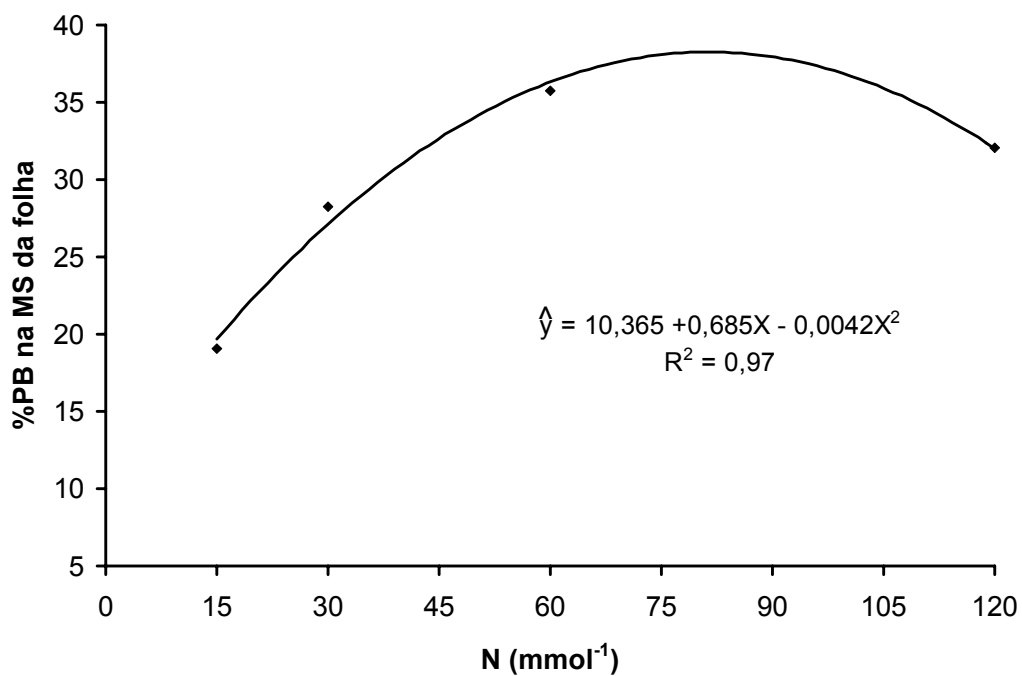


Figura 14 – Estimativa de proteína bruta, na matéria seca de folha de mandioca cultivada em solução nutritiva, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003

Para estudar o efeito das doses de nitrogênio sobre o teor de clorofila, sendo a interação significativa, procedeu-se o desdobramento da interação (Tabela 28).

Tabela 28 – Desdobramento da interação variedade x nitrogênio para estudar efeito de doses de nitrogênio em cada variedade sobre a característica clorofila de plantas de mandioca em solução nutritiva. Vitória da Conquista – BA, 2003

F.V.	GL	Quadrados Médios
		Clorofila
<i>Variedade Sergipe</i>		
Doses de N	3	112,6415*
Linear	1	269,1882*
Quadrático	1	58,6474
Cúbico	1	10,0887
<i>Variedade Lisona</i>		
Doses de N		58,3061*
Linear	1	0,1234
Quadrático	1	169,9061*
Cúbico	1	4,8888
Resíduo	32	14,8717

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

Na Figura 15, observa-se efeito linear da concentração de nitrogênio na solução nutritiva sobre clorofila, para a variedade Sergipe, com os teores de clorofila crescendo com o incremento da concentração de nitrogênio.

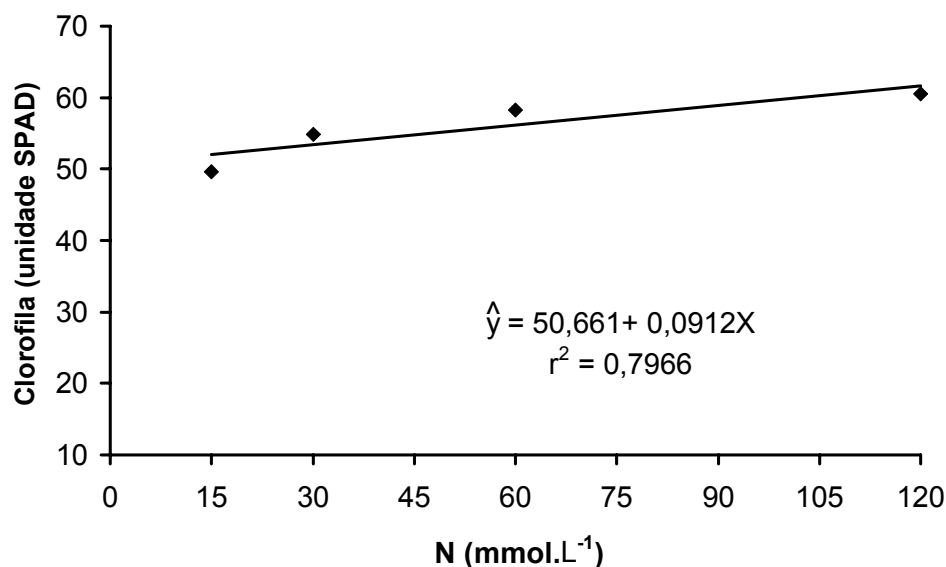


Figura 15 – Estimativa de teor de clorofila, em plantas de mandioca, variedade Sergipe, cultivadas em solução nutritiva, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003.

Em plantas de milho, a concentração de nitrogênio, de clorofila e as leituras resultantes do clorofilômetro, em unidade SPAD, estão correlacionadas positivamente (Argenta *et al.* 2001).

Na Figura 16, nota-se efeito quadrático do nitrogênio, usado na solução nutritiva, para teor de clorofila, em valores de SPAD. Essa característica apresentou valor máximo de 55,07, para dose de nitrogênio de 69,88 mmol.mL⁻¹, sendo esses valores estimados pela equação de regressão. 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 na 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.

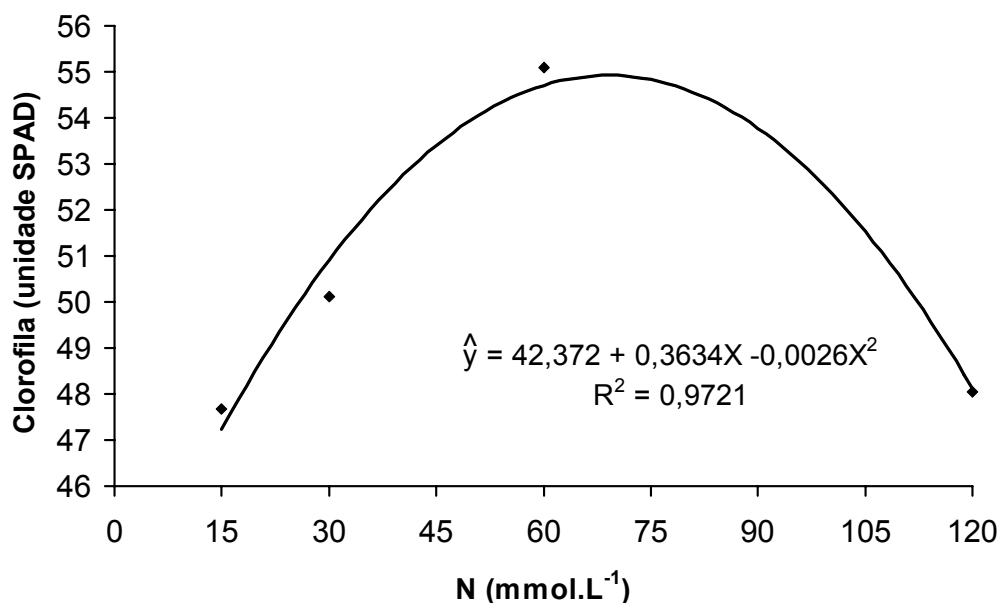


Figura 16 – Estimativa de teor de clorofila, em folhas de mandioca, variedade Lisona, cultivada em solução nutritiva, em função de doses de nitrogênio. Vitória da Conquista - BA, 2003.

O nitrogênio na matéria seca da folha correlacionou-se positivamente com o teor de clorofila (Tabela 30). Esse resultado está de acordo com trabalho realizado, com milho, por Argenta *et al.* (2001).

O resultado das correlações obtidas com as médias dos tratamentos para proteína bruta na matéria seca da folha (Tabela 30), são as mesmas encontradas para nitrogênio na matéria seca da folha. Isso deve-se ao fato, de que o método utilizado para avaliar a proteína bruta tenha sido a multiplicação do fator 6,25 pelo resultado do nitrogênio encontrado na matéria seca foliar.

Tabela 30 – Correlações entre as características clorofila, teor de ácido cianídrico nas folhas (HCN), porcentagem de nitrogênio na matéria seca das folhas (N) e porcentagem de proteína bruta na matéria seca das folhas (PB). Vitória da Conquista – BA, 2003

	HCN	N	PB
SPAD	-0,12	0,51*	0,53*
HCN		-0,11	-0,12
N			1,00*

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

Não houve correlação entre ácido cianídrico e porcentagem de proteína bruta na matéria seca das 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.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

- O nitrogênio, aplicado no solo, influenciou o desenvolvimento da parte aérea da mandioca promovendo maior altura da planta e peso total. Não contribuiu para aumentar o estande inicial, o estande final e o número de brotações.
- A produtividade de raízes tuberosas, a porcentagem de matéria seca e de amido em raízes tuberosas e o rendimento de farinha, não foram influenciados pela aplicação de nitrogênio.
- A utilização de nitrogênio no solo, não proporcionou aumento no índice de área foliar, teor de clorofila e porcentagem de nitrogênio e proteína bruta na matéria seca foliar.
- O teor de ácido cianídrico nas folhas, só foi influenciado pelo efeito das doses crescentes de nitrogênio, aplicado no solo, quando este foi determinado aos 90 dias após a emergência.
- Não houve efeito do nitrogênio aplicado no solo, sobre o teor de ácido cianídrico de raízes tuberosas, aos 360 dias após a emergência.
- Em todos os tratamentos observou-se tendência de redução do teor de ácido cianídrico, nas folhas, dos 90 aos 360 dias de idade.
- Foi encontrada correlação positiva entre nitrogênio na matéria seca foliar e teor de ácido cianídrico na raiz tuberosa.
- As plantas cultivadas em solução nutritiva, com concentração de até 30 mmol.L⁻¹ de N, apresentaram aumento de matéria seca da parte aérea e raízes. O teor de clorofila

e porcentagem de nitrogênio e proteína bruta na matéria seca foliar, foram influenciados, positivamente, pelo aumento das concentrações de nitrogênio até 60 mmol.mL⁻¹.

- Verificou-se efeito linear decrescente da dose de nitrogênio usada na solução nutritiva sobre peso de matéria seca de folha e raiz.
- O efeito da concentração de nitrogênio na solução nutritiva sobre porcentagem de nitrogênio e proteína bruta na matéria seca foliar foi quadrático. Estimou-se pela equação de regressão, que o maior teor de nitrogênio na matéria seca foliar foi de 6,09% com 80,50 mmol.L⁻¹ de N e o maior teor de proteína bruta na matéria seca da folha foi de 38,30% com de 81,55 mmol.L⁻¹ de N na solução nutritiva.
- No experimento realizado em solução nutritiva não foi encontrada correlação entre nitrogênio na matéria seca das folhas e ácido cianídrico. O teor de clorofila correlacionou-se positivamente com nitrogênio e proteína bruta na matéria seca foliar.

6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, S. R. M.; SANT'ANA, R.; MOSQUIM, P. R.; CAMBRAIA, J. Assimilação do nitrogênio pelas plantas de *Panicum maximum*, cv. Vencedor, submetidas a diferentes proporções $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, Embrapa Cerrados, Planaltina, n.13, p. 1-20, 2001.
- ALVES, A. A. C.; SILVA, A. F. Cultivo da mandioca para a região semi-árida. Cruz das Almas, Embrapa CNPMF, 2003. Versão eletrônica (Sistema de Produção, 12).
- AMON, B. O. E.; ADETUNJI, S. A. The response of maize, yam and cassava to fertilizer in a rotation experiment in the savannah zone of western Nigeria. **Nigerian Agric. J.**, Lagos, v. 10, n. 1, p. 18-26, 1973.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BARTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e nitrogênio na folha do milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 158-167. 2001.
- ASHER, C. J. Symptoms of nutritional disorders in cassava. **Journal Science Agriculture**, Queensland, n. 65, p. 311-322, 1975.

AZEVEDO, J. N.; LIMA, P.S. C.; SOUZA, A. B. DE; NASCIMENTO, H. T. S. DO. Níveis de toxicidade nas raízes e folhas e teores de proteína em diferentes componentes da parte aérea de onze cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 17, n. ½, p. 47-52, 1998.

BAINBRIDGE, Z.; WELLINGS, K.; POULTER, N. H.; MLINGI, N. L. V. Introducing improved cassava processing technologies in Southern Tanzania. **Acta Hort.**, 375, p. 393-399, 1994.

BOLHUIS, G. G. The toxicity of cassava roots. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 2, n. 3, p. 176-185, 1954.

BORGES, M. F.; FUKUDA, W. M. G.; CALDAS, R. C. Avaliação de três métodos para determinação de cianeto em mandioca, **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas, v. 12, n.1/2 p. 75-83, 1993.

BORGES, M. F.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p.1559-1565, 2002.

BOURDEAUX, P.; MAFUTA, M.; HANSON, A.; ERMANS, A. M. Cassava toxicity: the role of linamarine. In: ERMANS, A. M. O. **Role of cassava in the etiology of endemic goitre and creatinism**. Ottawa, Internatinal Development Reserach Center, 1980. p. 15-29.

CARVALHO, V. D.; CARVALHO, J. G de. Princípios tóxicos da mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 5, p. 82-88, 1979.

CAVALCANTE, J.; ARAÚJO, G. G. L. de. Parte aérea da mandioca na alimentação de ruminantes na região semi-árida. Petrolina, Embrapa Semi-Árido, 2000. 21 p. (Circular técnica).

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**. Madison, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.

CHEING, B. N. Evaluation of harvesting systems of tapioca for leaf forage production. **B. Agr. Science**, Kuala, n. 88, p. 48-56, 1983.

CLARKSON, D. T.; HANSON, J. B. The mineral nutrition of higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, n. 31, p. 239-298, 1980.

COCK, J. H. **La yuca: nuevo potencial para un cultivo tradicional**. Cali, CIAT, 1990, 240 p.

COCK, J. H. Cassava: a basic energy source in the tropics. **Science**, Washington, v. 218, n. 457, p. 755-762, 1982.

COCK, J. H. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo de la planta de yuca. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Yuca, investigación, producción y utilización**. Cali, 1982. P. 51-73.

COCK, J. H. Fisiología de la planta y desarrollo. In: CURSO SOBRE PRODUCCIÓN DE YUCA, Instituto Colombiano Agropecuario, Medellín, 1975.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. São Paulo, Nobel, 1983, 382 p.

CONN, E. E. Cyanogenic glucosides. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 17, p. 519-526, 1969.

CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; NATIVIDADE, M.A. E.; ABREU, C. M. P.; XISTO, A. L. R. P.; CARVALHO, V. D. Farinha de folha de mandioca I – Efeito da secagem das folhas sobre a atividade da linamarase. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 368-374, 2002.

COURSEY, D. G. **Cassava as food: toxicity and technology**. London: International Development Research Center, 1973. 186 p. 21 cm. Incluye índice.

DOMINGUEZ, C. E.; CEBALLOS, L. F.; FUENTES, C. Morfología de la planta de yuca. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Yuca: investigación, producción y utilización**. Cali, 1982, p. 29-49.

DU, L.; BOKANGA, M.; MOLER, B. L.; HALKIER, B. A. Biosynthesis of cyanogenic glucosides in cassava. **Phytochemistry**, Copenhagen v. 39, n. 2, p. 323-326, 1995.

EDIJALA, J. K.; OKOH, P. N.; ANIGORO, R. Chemical assay of cyanide levels of short-time-fermented cassava products in the Abraka area of Delta State, Nigeria. **Food Chemistry**, n. 64, p. 107-110, 1999.

ELIAS, M.; NAMBISAN, B.; SUDHAKARAN, P. R. Catabolism of linamarin in cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). **Plant Science**, n. 126, p. 155-162, 1977.

EVANS, J. R. Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C³ plants. **Oecologia**, n. 78, p. 9-19, 1989.

FAO. Agriculture. Statistics division. Disponível em: <<http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&language=EN&hostname=apps.fao.org&version=default>>. Acesso em: 21 de ago. de 2002.

FERNANDES, M. S.; ROSSIELLO, R. O. P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. In: Simpósio sobre calagem e adubação de pastagens, 1, Nova Odessa, 1985. **Anais...** Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1985, 93-123.

FOMUNYAN, R. T.; ADEGBOLA, A. A.; OKE, L. D. The stability of cyanohydrins. **Food Chemistry**, London, v. 17, p. 221-225, 1985.

FUKUDA, W. M.; CALDAS, R. C. Relação entre os conteúdos de amido e farinha em mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 6, p. 57-63, 1987.

FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L.; MOREIRA, J. A. A.; GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**. Campinas, v. 55, n 1, p. 171-175, 1996.

GREENWOOD, D. J.; GASTAL, F.; LEMAIRE, G.; DRAYCOTT, A.; MILLARD, P.; NEETSON, J. J. Growth raet and % N of field grown crops: theory and experiments. **Annals of Botany**, 67, p. 181-190, 1991.

GROSSMANN, J.; FREITAS, A. C. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. **Revista Agrônômica**, v. 160/162, n.4, p. 75-80, 1950.

HÁK, R.; NÁTR, L. Effect of nitrogen starvation and recovery on gas exchange characteristics of young leaves. **Photosynthetica**, ano 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 Chemistry**, n. 77, p. 107-114, 2002.

HYDAYAT, A.; ZUARAIDA, N.; HANARIDA, I.; D. S. Cyanogenic content of cassava root of 179 cultivars grown in Indonesia. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 13, p. 71-82, 2000.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. **California, Agricultural Experimental Station Circular**, Berkeley, (circular 347), p. 1-32, 1950.

HOWELER, R. H. Nutricion mineral e fertilizacion de la yuca. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Yuca, investigacion, producion y utilizacion**. Cali, 1982. 317-357.

IITA. Cassava Productivity in the Lowland and Midaltitude Agroecologies of Sub-Saharan Africa. Disponível em : < <http://www.iita.org/research/annrpt/projann14.pdf> >. Acesso em: 01 de dez. 2003.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 21 de ago. de 2003.

JAWORSKI, W. A. Nitrate reductase assay in intact plant tissue. **Biochemical Biophysys Research Comm.** n. 43, p. 1274-1279, 1971.

JOSEPH, T.; YEOH, H. H.; LOH, C. S. Linamarin content and genetic stability of cassava plants derived by somatic embryogenesis. **Euphytica**, n. 120, p. 7-13, 2001.

LANG, C. A. Simple microdetermination of Kjeldahl nitrogen in biological materials. **Analytical Chemistry**, ano 30, n. 10, p. 1682-1692, 1958.

LOPES, S. C.; ALMEIDA, L. P.; VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T. Determinação de ácido cianídrico em variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) na microrregião de Vitória da Conquista-BA. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 16, n.2, p. 133-136, 1997.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; CARVALHO, A. P. de; ASSIS, C. M. de A. O.; DEAK, L. G. L.; IGUE, T. Testes regionais de variedades de mandioca de mesa no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 6, 1990, **Anais...** Londrina, SBM, 1990, 72 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo, 1981, 596 p.

McMAHON, J. M.; WHITE, W. L. B.; SAYRE, T. R. Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, ano 46, n. 288, p. 731-741, 1995.

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**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 761-769, 2003.

MOORBY, H.; NYE, P. H.; WHITE, R. E. The effect of phosphate nutrition of young plants on nitrate reductase activity and xylem exudation, and their relation to H ion efflux from the roots. **Plant and Soil**, Massachusett, n.105, p. 257-263, 1988

NAMBISAN, B. Cyanogenesis in cassava. In: ROCA, W. M.; THORO, A. M., eds. **Proceedings of first international scientific meeting of the cassava biotechnology network**, Cartagena, p. 424-427, 1992.

NAMBISAN, B.; SUNDARESAN, S. Distribution of linamarin and its metabolising enzymes in cassava tissue. **Journal of the Science Food and Agricultural**, London, n. 66, p. 503-508, 1994.

NAMBISAN, B.; SUNDARESAN, S. Spectrophotometric determination of cyanoglucosides in cassava. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Washington, v. 67, p.641-643, 1984.

NOGUEIRA, F. D.; GOMES, J. de C. Mandioca. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação, Eds. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. C. G.; ALVAREZ V, V. H. Viçosa, 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*). **Journal of Agricultural Science**, v. 86, n. 2, p. 401-406, 1976.

ODIGBO, E. U. Cassava: production, processing, and utilization. **Handbook of tropical foods**, New York. v. 26, n. 4, p. 146-147, 1983.

ONABOLU, A. O.; OLUWOLE, O. S.; BOKANGA, M.; ROSLING. H. Ecological variation of intake of cassava food and dietary cyanide load in Nigerian communities. **Public Health Nutrition**, v. 4, n. 4, p. 871-876, 2001.

PIVA, G. Na evaluation of feeding stuffs: alternatives for poultry diets. *Feed Int.* p. 26-30, 1987.

POULTON, J. E. Cyanogenesis in plants. **Plant Physiology**, Stanford, n. 94, p. 401-405, 1990.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises Estatísticas no SAEG**. Viçosa, UFV, 2001, 301 p.

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., eds. **Cultivo de tejidos en la agricultura, fundamentos y aplicaciones**. Cali, CIAT, p. 403-420. 1991.

SARMA, J. S.; KUNCHAI, D. Trends and prospects for cassava in the third world. In: SARMA, J. S., ed. **Summary proceedings of a workshop on trends e prospects os cassava in the third world**. Washington, International Food Policy Research Institute-IFPRI, p. 20-35.1989.

SARMAENTO, B. S. **Caracterização da fécula de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) no período de colheita de cultivares de uso industrial.** São Paulo, USP, 1997. 162 p. Tese (Doutorado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas), Universidade de São Paulo. 1997.

SAYRE, R. T.; Cyanogenesis in cassava. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9, 1996. São Pedro, SP. **Resumos...**São Pedro: CERAT/SBM, 1996. p. 71.

SEAGRI. **Conhecendo a agricultura baiana: da unidade produtiva ao PIB do agronegócio.** Salvador, Secretária da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária, 2003, 57 p.

SEHTIYA H. L.; GOYAL, S. S. Comparative uptake of nitrate by intact seedlings of C₃ (barley) and C₄ (corn) plants: Effect of light and exogenously supplied sucrose. **Plant and Soil**, v. 227, n 1/2, p. 185-190, 2000.

SELMAR, D. Translocation of cyanogenic in cassava. In: BOKANGA, M.; ESSERS, A. J. A.; POULTERN, N.; ROSLING, H.; TEWE, O. Eds. International workshop on cassava safety, Nigeria, p. 61-67, 1994.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa, UFV, 2002. 235 p.

SILVA, J. R. B. da; SILVA, M. G. da; TELES, F. F. F.; RAMOS, A. S. **Plano nacional integrado da cultura da mandioca.** Cruz das Almas, EMBRAPA-CNPMF, 1993. 25 p.

SINWAMBANA, M. S. C.; FERGUSON, T. U.; OSIRU, D. S. D. The effects of time to first shoot removal on leaf vegetable quality in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal Science Food Agriculture**, Barking, v. 60, p. 319-325, 1992.

SIRITUNGA, D.; SAYRE, R. T. Generation of cyanogen-free transgenic cassava. **Planta**, n. 217, p. 367-373, 2003.

SOLOMONSON, H. P.; BARBER, J. M. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. Stanford, n. 41, p. 225-253, 1990.

SOPADE, A. P. The fate of cyanogens during the cooking of cassava in *mumu*, a traditional oven in Papua New Guinea, **International Journal of Food Sciences and Technology**, n. 35, p. 173-182, 2000.

TAKÁCS, E.; TÉCSI, L. Effects of $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^-$ ratio on photosynthetic rate, nitrate reductase activity and chloroplast ultrastructure in three cultivars of red pepper (*Capsium annuum* L.). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 140, p. 298-305, 1992.

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**. Fortaleza. p. 7-33, 1972.

TELES, F. F. F. Toxicidade crônica da mandioca na África e América Latina. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas, v. 14, n.1/2 p. 107-116, 1995.

TORO, J. C.; CAÑAS, A. Determinacion del contenido de materia seca y almidon en yuca por el sistema de gravedad especifica. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Yuca: investigacion, producion y utilizacion**. Cali, 1982, p. 28-49.

TSAY, J. S.; FUKAI, S.; WILSON, G. L. Growth and yield of cassava as influenced by intercropped soybean and by nitrogen application. **Field Crops Research**. n. 21, p. 83-94, 1989.

VETER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, v. 38, p. 11-36. 2000.

VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T.; LOPES, S. C.; CECON, R.; SILVA, A. A. Efeito do comportamento e de incisões no córtex da mandioca sobre o cultivo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n. 5, p. 1263-1269, 2001.

VIDIGAL-FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G.; MAIA, R. R.; SAGRILO, E.; SIMON, G. A.; LIMA, R. S. Avaliação de cultivares de mandioca na região noroeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 69-75, 2000.

VIDIGAL, M. C. G.; VIDIGAL FILHO, P. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; BRACCINI, A. de L. Análise de parâmetros genéticos e correlações simples e canônicas entre características morfoagronômicas e da qualidade das raízes em cultivares de mandioca adaptadas ao noroeste paranaense. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 16, p. 41-48, 1997.

WHEATLEY, C.; GÓMEZ, G. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. **Qual. Plant Foods Hum Nutr.**, The Hague. n. 35, p. 121-129, 1985.

WHITE, W.; ARIAS-GARZON, D; MACMAHOM, J.; SAYRE, R. Cyanogenesis in cassava: the role of hydroxynitrile lyase in root cyanide production. **Plant Physiology**, n. 116, p. 1219-1225, 1998.

YADAVA, U. I. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **Hort Science**, Alexandria, v.21, n. 6, p. 1449-1450, 1986.

YEOH, H. H.; OH, H. Y. Cyanide content of cassava. **Agricultural Journal**, Malaysian, v. 52, n. 1, p. 24-28, 1979.

YEOH, H. H.; SUN, F. Assessing cyanogen content in cassava-based food using the enzyme-dipstick method. **Food and Chemical Toxicology**, n. 39, p. 649-653, 2001.

ZAGO, C. P. **Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes**. In: Manejo cultural do sorgo para forragem. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1997. 65 p. (Circular técnica, EMBRAPA/CNPMS,17)

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J.L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1117- 1122, 2003. 15