

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO (OU CURSO DE DOUTORADO)**

**PROPAGAÇÃO RÁPIDA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*
CRANTZ) COM USO DE GEMAS FOLIARES**

REIZALUAMAR DE JESUS NEVES

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

AGOSTO - 2017

**PROPAGAÇÃO RÁPIDA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*
CRANTZ) COM USO DE GEMAS FOLIARES**

REIZALUAMAR DE JESUS NEVES

Bióloga

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014.

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Produção Vegetal).

Orientador: Dr. Eder Jorge de Oliveira

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

AGOSTO – 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

N513p	<p>Neves, Reizaluamar de Jesus. Propagação rápida de mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) com uso de gemas foliares / Reizaluamar de Jesus Neves. _ Cruz das Almas, BA, 2017. 108f.; il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Eder Jorge de Oliveira</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrária, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciências Agrárias</p> <p>1.Mandioca - Cultivo. 2. Mandioca – Propagação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrária, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 633.88</p>
-------	---

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**PROPAGAÇÃO RÁPIDA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* CRANTZ) COM
USO DE GEMAS FOLIARES**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
REIZALUAMAR DE JESUS NEVES**

Realizada em 30 de Agosto de 2017

Dr. Eder de Oliveira Jorge
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Interno (Orientador)

Dr. Alfredo Augusto Cunha Alves
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

Dr. Diego Fernando Marmolejo Cortes
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

À minha avó Maria de Lourdes, mulher negra, batalhadora e agricultora que contribuiu para o meu encantamento com o ambiente rural, me apresentando ainda na infância a mandiocultura e demonstrando que independente do campo apenas boas sementes devem ser plantadas.

AGRADECIMENTOS

É chegado o momento de propagar todo o carinho recebido ao longo desse trabalho. Por isso agradeço primeiramente a Deus por ter colocado pessoas especiais e competentes ao meu lado e que de alguma forma contribuíram na concretização dessa fase da minha vida.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, ao Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias e à Embrapa Mandioca e Fruticultura pela parceria na realização do mestrado.

À equipe da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em especial aos funcionários Mestre, Seiji, Zara Maria e toda equipe de trabalhadores de campo, pois os mesmos foram essenciais no desenvolvimento deste trabalho.

A meu orientador, Dr. Eder de Oliveira Jorge por ter acreditado no meu potencial, por todo apoio e grandes ensinamentos.

Aos meus amigos agradeço o apoio, incentivo e carinho. Em especial aqueles que estiveram mais próximos durante este trabalho, agradeço a Emily, Gabriela, Lais, Luciana, Murilo, Nayara e Thamyres, amigos de todas as horas, as sugestões e as contribuições.

À toda minha família que vibra a cada nova conquista e fornece todo o apoio necessário para persistir e resistir aos meus objetivos.

Um agradecimento ímpar aos meus irmãos Félix e Manley que são minha base de incentivo e orgulho, e aos meus pais Félix S. Neves (carpinteiro) e M^a Amenailza J. Neves (costureira) que sempre buscaram o incentivo ao estudo e que me ensinaram princípios éticos e morais que guardarei por toda a vida.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
ARTIGO 1	
TÉCNICA DE PROPAGAÇÃO RÁPIDA DE MANDIOCA COM USO DE GEMAS FOLIARES.....	21
ARTIGO 2	
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PRODUTIVO DE PLANTAS DE MANDIOCA PROVENIENTES DE GEMAS FOLIARES.....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84

PROPAGAÇÃO RÁPIDA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) COM USO DE GEMAS FOLIARES

Autora: Reizaluamar de Jesus Neves
Orientador: Dr. Eder Jorge de Oliveira

RESUMO: O aumento da taxa de propagação da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é essencial para rápida substituição de variedades obsoletas por novas variedades, bem como para fornecimento de material propagativo em maior escala. Este trabalho objetivou avaliar a eficiência do método de propagação rápida por gemas foliares e a qualidade destas mudas em condições de campo. As mudas foram extraídas de gemas foliares de três variedades de mandioca (BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09) e o primeiro experimento avaliou as seguintes variáveis: idade da planta matriz; posição da gema foliar nas hastes; tratamento com agroquímicos (fungicidas+inseticidas). Maior desempenho agrônômico (maior brotação, altura da muda e massa seca total) foi identificado em mudas de mandioca provenientes de: 1) plantas matrizes com até seis meses de idade; 2) partes mais herbáceas da planta matriz (superior); 3) tratadas com agroquímicos. Considerando plantas com quatro meses de idade, três ciclos anuais, e em média 80,5% de brotação, seria possível chegar a uma taxa multiplicativa anual de 1:72. No segundo experimento as mudas foram avaliadas em condições de campo considerando a análise das variedades de mandioca (BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09); diferentes origens das mudas (manivas, gemas foliares da porção superior, médio e inferior da haste) e tratamento com agroquímicos. As plantas derivadas de manivas foram superiores em todas as características agrônômicas em comparação com as mudas derivadas de gemas foliares. Contudo, a multiplicação por gemas foliares derivadas da parte superior e mediana das hastes das plantas matrizes, e o uso de agroquímicos no tratamento das mudas apresentou grande potencial para produção de material propagativo com qualidade semelhante às manivas, porém com uma taxa multiplicativa cinco vezes superior.

Palavras-chave: desempenho agrônômico; mudas; propagação vegetativa.

RAPID PROPAGATION OF CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) USING LEAF BUDS

Author: Reizaluamar de Jesus Neves

Master's Advisor: Dr. Eder Jorge de Oliveira

ABSTRACT: Increased propagation rate of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is essential for the quick replacement of obsolete varieties by newer ones, as well as for supplying propagation material on larger scale production. This work aimed to evaluate the efficiency of the rapid propagation method by leaf buds and the quality of their plantlets under field conditions. The plantlets were extracted from leaf buds of three cassava varieties (BRS Kiriris, 98150-06 and 9624-09) and the first experiment evaluated the following variables: plant age, leaf bud position on the stems, and agrochemical treatments (fungicides + insecticides). Higher agronomic performance (higher sprouting, plantlets height and total dry mass) was identified in cassava plantlets from: 1) maturing plants up to six months old; 2) more herbaceous parts of the matrix plant (upper); 3) treated with agrochemicals. Considering plants with four months of age, three cycles per year and on average 80.5% of sprouting it would be possible to reach an annual multiplicative rate of 1:72. In the second experiment the plantlets were evaluated under field conditions considering the analysis of cassava varieties (BRS Kiriris, 98150-06 and 9624-09); different origins of the plantlets (stem cuttings and leaf buds of the upper, middle and lower portion of the stem) and agrochemical treatments. Plants originating from stem cuttings showed superiority in all agronomic characteristics compared to plantlets originating from leaf buds. However, multiplication by leaf buds developed from the upper and middle stems and plantlets treated with agrochemicals presented a great potential for propagation material presenting similar quality to the stem cuttings but with a multiplicative rate five times higher.

Key words: agronomic performance; plantlets; vegetative propagation.

REFERENCIAL TEÓRICO

Centro de Origem e Domesticação

A família *Euphorbiacea*, a qual pertence a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é considerada uma das maiores e mais complexas famílias de angiospermas (SECCO et al., 2012). Rival e Mckey (2008) relataram que a domesticação da mandioca surgiu a partir da ação de ciclos repetidos de recombinação (necessário para gerar variação) e de práticas de seleção realizada pelo homem para fixar determinadas características e manter desempenho agronômico.

A domesticação pode ter ocorrido a partir de um híbrido natural entre duas espécies, sendo *M. pilosa* Pohl um provável genitor (NASSAR et al., 2008). Por outro lado, a hipótese mais aceita aponta a espécie silvestre *M. esculenta* ssp. *flabellifolia* (Pohl) como provável progenitor da cultivada (OLSEN; SCHAAL, 2001).

O provável centro de origem e domesticação é o sul da bacia Amazônica (OLSEN; SCHAAL, 2001), com data estimada em cerca de 10.000 anos atrás (CEBALLOS et al., 2011). O processo de domesticação da mandioca promoveu a inclusão de elevada produção de biomassa e rendimento de amido em diversos ambientes, assim como tolerância à seca e à solos de baixa fertilidade natural (WANG et al., 2014), além da facilidade em ser propagada vegetativamente (CLEMENT et al., 2010).

Nassar et al. (2008) relataram a existência de quatro centros conhecidos de diversidade de espécies de *Manihot*: México, região nordeste e central do Brasil, além de sudoeste do Brasil e da Bolívia, apontando a existência de microcentros de diversidade dentro do Brasil central, com presença de um grande número de espécies concentradas em pequenas áreas, tendo seu surgimento ocasionado pela hibridação frequente entre as espécies silvestres e a topografia heterogênea dos seus habitats, que acabam isolando conjuntos de acessos fragmentados que tendem a conduzir à especiação.

Aspectos botânicos

A mandioca é um arbusto, monoico com produção de flores masculinas e femininas, dispostas na mesma inflorescência (HALSEY et al., 2008). Apresenta dicogamia protogínica, onde as flores masculinas amadurecem 10-14 dias após as flores femininas. Seu período de floração é dependente do genótipo e das condições

ambientais, e em alguns cultivares a floração ocorre entre 4 ou 5 meses após o plantio, enquanto outros podem ter floração tardia ou nem mesmo florescer, com isso o tempo necessário para obtenção de sementes maduras pode levar pelo menos um ano nos cruzamentos possíveis (CEBALLOS et al., 2012).

A propagação da mandioca via sementes, provenientes de cruzamento sexual, é realizada para geração de novas combinações alélicas e conseqüentemente de novos genótipos (CEBALLOS et al., 2012). Algumas variedades possuem o mecanismo de apomixia, no qual as sementes são formadas sem que ocorra a fertilização, esse processo tem grande relevância para programas de melhoramento genético da cultura (NASSAR, 2007). Entretanto, o florescimento assíncrono, aliado com o longo ciclo de reprodução limita a execução dos programas voltados ao melhoramento genético da cultura (BREDESON et al., 2016).

Quando o cultivo da mandioca é realizado por sementes as raízes tendem a ser pivotantes e geralmente existem algumas raízes adventícias que se desenvolvem para se tornar órgãos de armazenamento de amido. Por outro lado, quando a propagação é vegetativa as raízes se desenvolvem na base do corte da maniva e são majoritariamente do tipo adventícia e posteriormente algumas delas são convertidas em raízes tuberosas (CEBALLOS, 2002). O armazenamento do amido nos órgãos de reserva está relacionado com a interação de diversos fatores endógenos e ambientais, apresentando grandes variações a depender da cultivar (FOGAÇA et al., 2010).

O caule é formado por alternância de entrenós, compostos por gemas axilares, onde são gerados os brotos primários (CEBALLOS, 2002). As hastes normalmente se ramificam para a forma dicótoma ou tricótoma (NASSAR, 2000), sendo os cultivares de porte ereto frequentemente preferido pelos agricultores (CEBALLOS et al., 2012). As folhas são simples, compostas por lâmina foliar e pecíolo, classificadas como caducifólias, se desprendendo da planta à medida do seu desenvolvimento, seu tamanho pode variar a depender de cada cultivar e das condições ambientais (CEBALLOS, 2002).

Propagação da espécie

O plantio comercial da mandioca é realizado principalmente pela forma vegetativa, por meio de partes do caule, também chamados de manivas (NASSAR et al., 2010). A propagação vegetativa assexuada ou clonal está relacionada com a

multiplicação de indivíduos com uso de partes vegetativas das plantas, que tem a capacidade de regeneração dos órgãos vegetativos (HARTMANN et al., 2011). Este método de propagação possibilita a fixação das características de maior valor agrônomico na cultura (MCKEY et al., 2010), porém os altos níveis de heteroziguidade presentes nas sementes de mandioca permite que a variabilidade genética da cultura seja mantida (CEBALLOS et al., 2011).

As manivas ideais para plantio devem apresentar em torno de 20 cm de comprimento, coletadas de plantas sadias, isentas de pragas e doenças, com 8 a 12 meses de idade (período de maior vigor vegetativo e nutricional), retiradas do terço médio das plantas matrizes, apresentar diâmetro mínimo de 2,0 cm, de 5 a 7 nós, e peso médio de 88 g (FIALHO; VIEIRA, 2013). Ceballos e Calle (2010) relataram que qualquer parte da haste da mandioca pode ser usada para fazer a propagação da cultura, porém as hastes verdes são mais suscetíveis a patógenos e insetos, além de desidratar rapidamente. Já manivas oriundas de plantas com mais de 18 meses apresentam pouca quantidade de reserva que acabam reduzindo a viabilidade e retardando a germinação. A depender da idade da planta e da cultivar os caules podem produzir de 3 a 12 manivas, e devido a ausência de período de dormência podem ser plantadas imediatamente após a colheita (CEBALLOS et al., 2012).

Este sistema de cultivo apresenta diversas desvantagens que contribuem para o declínio do material de plantio, como a curta vida de prateleira das manivas sementes, a baixa taxa de multiplicação, peso inconveniente e grandes quantidades de material necessário para o plantio, que requer altos custos para manuseio e transporte (ESCOBAR et al., 2006). Além disso, a propagação vegetativa é frequentemente associada à disseminação de patógenos (MCKEY et al., 2010) devido aos sucessivos ciclos de cultivo do material de plantio.

A taxa de propagação da mandioca no campo é bastante lenta em condições normais de cultivo, uma área correspondente a 1 ha de plantio de mandioca gera poucas manivas-sementes para um novo cultivo, que atende apenas uma área de 7-10 ha, enquanto culturas como o milho que apresentam a taxa de multiplicação elevada, uma área de 1 ha de milho pode fornecer sementes suficientes para mais de 100 ha (CEBALLOS, 2001). Uma das principais limitações para o aumento e sucesso das áreas de plantio está relacionada com a falta de material de plantio de boa qualidade das variedades de interesse para os agricultores e processadores (ESCOBAR et al., 2006).

Contextualização da cadeia produtiva da mandioca

O cultivo de mandioca é realizado em sua maioria por agricultores tradicionais, com poucos ou nenhum uso de insumos ou mecanização (CLEMENT et al., 2010). Porém, atualmente a mandioca tem ganhado destaque do ponto de vista econômico, não só pelo seu uso na alimentação, mas principalmente devido ao potencial como matéria prima básica para uma ampla gama de usos nos mais variados segmentos da indústria (BLAGBROUGH et al., 2010).

O amido de mandioca é um dos principais amidos exportados no mundo, por se tratar de uma *commodity*, compete em nível internacional com os mais diversos tipos de amidos, a exemplo do milho, trigo e batata, os quais apresentam características relativamente similares (VILPOUX, 2008). De acordo com a FAO (2012), a produção mundial de mandioca no ano de 2012 teve um crescimento significativo em relação ao ano anterior, sendo impulsionado pelo aumento da procura para aplicações industriais.

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil os plantios de mandioca são realizados basicamente com baixo uso de insumos e tecnologias agrícolas, com produção voltada principalmente para o consumo de farinha, enquanto no Sul e Sudeste do país a maior parte da produção é destinada à indústria de amido e fécula, com adoção de plantios mecanizados e elevada utilização de insumos agrícolas (CHUZEL, 2001).

Além disso, as variações periódicas existentes no cultivo da mandioca diminuem a competitividade no mercado interno e externo, sendo ocasionadas principalmente pela oscilação na produção agrícola com plantio de grandes áreas em períodos de preço alto e expressiva redução das áreas em momentos de baixo preço pago pelas raízes (VILPOUX, 2008). Para atender esse crescente mercado é preciso que se tenha uma estruturação da produção para garantir o funcionamento dessa cadeia, garantido a competitividade do setor.

Sistemas de produção de material propagativo de mandioca

Para que a cadeia produtiva da mandioca possa ser mais competitiva em comparação com outras culturas, é preciso criar alternativas para melhorar a oferta de manivas-semente com elevada qualidade genética e fitossanitária, de modo a garantir patamares mais elevados de produtividade de raízes. De modo geral,

patógenos sistêmicos podem invadir o tecido das hastes, principal via de propagação, sem deixar quaisquer sinais visíveis, com isso grande parte das plantas provenientes de hastes doentes se torna fonte de inóculo primário na nova plantação (CEBALLOS; CALLE, 2010).

O desenvolvimento de técnicas que aumentem a propagação da mandioca é de extrema importância para aplicação futura no desenvolvimento de processos de limpeza clonal da mandioca, que buscam a eliminação de doenças transmitidas pelos sucessivos ciclos do material de plantio, proporcionando rápida produção de manivas-sementes para lavouras comerciais (OLIVEIRA, 2006).

De acordo com a FAO (2013) a falta de um sistema nacional de produção de manivas-semente de mandioca tem levado países da África ao desenvolvimento de sistema de base comunitária para multiplicação rápida de mandioca, que visa fornecer aos agricultores materiais de plantio com qualidade fitossanitária, dividido nos níveis: i) superior (o material é multiplicado sob condições agrônomicas ideais em estações de pesquisa e fazendas governamentais); ii) secundário (multiplicação das hastes em áreas de agricultores, organizações comunitárias ou e ONGs); iii) terciário, na qual o material certificado é então distribuído para multiplicação em diversos locais de produção.

Outra estratégia de multiplicação rápida vem sendo adotada pelo International Institute of Tropical Agriculture (IITA, 2014), envolvendo a seleção de variedades elites e manivas com 2 ou 3 gemas, as quais recebem tratamento contra pragas e doenças, em seguida, mantidas em viveiro até atingir o enraizamento ideal para serem transplantadas diretamente para o campo sob condições adequadas de cultivo, em espaçamento 1,0 m entre fileiras e 0,5 m entre plantas. Nesse sistema as hastes de mandioca podem ser colhidas duas vezes por ano, aos 6 e 8 meses após o plantio, obtendo-se cerca de 50 vezes mais hastes.

De acordo com Lopez (2002) alguns métodos de propagação rápida de mandioca utilizam: 1) indução de brotos e posterior enraizamento, a partir de manivas com 2 a 3 gemas; 2) propagação de gemas foliares, que consiste na indução do enraizamento de uma gema foliar onde cada broto possui potencial para geração de uma planta, podendo ser produzidas cerca de 60.000 plantas a partir de uma planta matriz, enquanto que no método de indução de brotos produz-se cerca de 8.000 manivas por planta matriz. Vários trabalhos disponibilizam protocolos para a rápida multiplicação de mandioca, porém poucos países apresentam um sistema

padrão para produção de maniva-semente para a multiplicação da cultura (FAO, 2013).

O método de propagação vegetativa via estaquia possibilita a obtenção de material de plantio em grande quantidade a partir de poucas matrizes (BORDIN et al., 2005). Por outro lado, a rápida obtenção de grande quantidade de manivas-semente com qualidade genética para novos plantios de mandioca pode ser obtida com o método de propagação por gemas foliares, a qual utiliza uma gema foliar com a folha adulta e pequena porção da haste. As gemas axilares formarão os brotos primários (CEBALLOS, 2002), os hormônios e carboidratos produzidos nas folhas e gemas são transportados para a base do corte (BOTELHO et al., 2005), estando relacionadas ao processo de formação de raízes adventícias nas estacas, embora as auxinas sejam as mais importantes neste processo (BETANIN; NIENOW, 2010).

A capacidade de enraizamento de estacas pode ser influenciada por diversos fatores como variedade, local de coleta da estaca, idade da planta matriz e uso de reguladores vegetais (HARTMANN et al., 2011). O enraizamento das estacas esta relacionado com a interação de substâncias armazenados nas células do tecido vegetal, como hormônios, cofatores e inibidores produzidos nas folhas e gemas, que se diferenciam a depender do estado fisiológico da planta-matriz (BRONDANI et al., 2010).

As estacas se diferenciam de acordo com a sua posição no ramo de origem na planta matriz ou a depender da lignificação dos tecidos são classificadas como herbáceas, semilenhosas e lenhosas (HARTMANN et al., 2011). Amri et al. (2010) observaram que para a propagação vegetativa de jacarandá-africano (*Dalbergia melanoxylon* Gill. & Perr.) as estacas da porção basal (lenhosas) promoveram maior percentual de enraizamento quando comparada as estacas das porções medianas e apicais do ramo, sugerindo que o maior armazenamento de carboidratos nas estacas basais podem ter contribuído para estes resultados. Bordin et al. (2005) relataram que a propagação de videira com uso de estacas semilenhosas pode ser realizada com sucesso, embora as cultivares podem apresentar respostas diferenciadas para o enraizamento das estacas. Nesse contexto observa-se que as espécies apresentam exigências diferentes para o enraizamento.

Diante da baixa taxa de multiplicação da mandioca e das dificuldades inerentes à distribuição rápida de novas variedades melhoradas, ainda é preciso desenvolver e aprimorar técnicas de multiplicação rápida, que sejam de fácil

implementação e uso, com possibilidade de infraestrutura mínima e de fácil construção, atrelado ao baixo custo de produção das mudas. Embora a técnica de propagação da mandioca por meio de gemas foliares seja bastante atraente, ainda existem desafios de implementação prática como a definição do grau de juvenilidade adequado das estacas para permitir um bom enraizamento e desenvolvimento das mudas. Portanto, o desenvolvimento de estudos que visem a definição da época ideal de coleta das estacas conjuntamente com a definição de qual parte da planta matriz deve ser utilizada nas coletas das gemas foliares, ainda são necessários para a elaboração de protocolos padronizados para o estabelecimento da técnica de propagação vegetativa em larga escala.

REFERÊNCIAS

AMRI, E.; LYARUU, H. V. M.; NYOMORA, A. S.; KANYEKA Z. L. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. **New Forests**, v. 39, p.183–194, 2010.

BETANIN, L.; NIENOW, A. A. Propagação vegetativa da corticeira-da-serra (*Erythrina falcata* Benth.) por estaquia caulinar e foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p. 871-880, 2010.

BLAGBROUGH, I. S.; BAYOUMI, S. A. L.; ROWAN, M. G.; BEECHING, J. R. Cassava: An appraisal of its phytochemistry and its biotechnological prospects. **Phytochemistry**, v. 71, p. 1940–1951, 2010.

BORDIN, I.; HIDALGO, P.C.; BÜRKLE, R.; ROBERTO, S.R. Efeito da presença da folha no enraizamento de estacas semilenhosas de porta-enxertos de videira. **Ciência Rural**, v.35, p. 215-218, 2005.

BOTELHO, R. V.; MAIA, A. J.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M.; SCHUCK, E. Efeitos de reguladores vegetais na propagação vegetativa do porta-enxerto de videira '43-43' (*Vitis vinifera* x *V. rotundifolia*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 6-8, 2005.

BREDESON, J. V.; LYONS, J. B.; PROCHNIK, S. E.; WU, G. A.; HÁ, C. M.; EDSINGER-GONZALES, E.; GRIMWOOD, J.; SCHMUTZ, J.; RABBI, I. Y.; EGESI, C. Sequencing wild and cultivated cassava and related species reveals extensive interspecific hybridization and genetic diversity. **Nature Biotechnology**, v. 34, p. 562–570, 2016.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (II) Sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 453-465, 2010.

CEBALLOS, H. **Global cassava strategy for the new millenium**: CIAT's perspective. In: HOWELER, R. H.; TAN, S. L. (eds.). Cassava's potential in Asia in the 21st Century: Present situation and future research and development needs: Proceedings of the sixth Regional workshop, held in Ho Chi Minh City, Vietnam, Feb. 21-25, 2000. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cassava Office for Asia, p. 615-624, 2001.

CEBALLOS, H. **Taxonomia e morfologia de la Yuca**. In: OSPINA, I. A.; CEBALLOS, H. La Yuca en el tercer milenio. Cali: CIAT, Publicacion. 327, p. 16-32. 2002.

CEBALLOS, H.; CALLE, F. **Cassava**. In: FAJARDO, J.; LUTALADIO, N.; LARINDE, M.; ROSELL, C.; BARKER, I.; ROCA, W.; CHUJOY, E. Quality declared planting material Protocols and standards for vegetatively propagated crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 33-39. 2010.

CEBALLOS, H.; KULAKOW, P.; HERSHEY, C. Cassava breeding: current status, bottlenecks and the potential of biotechnology tools. **Tropical Plant Biology**, v. 5, p. 73–87, 2012.

CEBALLOS, H.; RAMIREZ, J.; BELLOTTI, A. C.; JARVIS, A.; ALVAREZ, E. **Adaptation of cassava to changing climates**. In: YADAV, S. S.; REDDEN. B.;

HATFIELD, J. S.; LOTZE-CAMPEN, G.; HALL, A. E. (Eds), Crop adaptation to climate change. Wiley-Blackwell, Hoboken, p 411–425, 2011.

CHUZEL, G. The cassava processing industry in Brazil: traditional techniques, technological developments, innovations and new markets. **The African Journal of Food and Nutritional Security**, v. 1, p. 46-59, 2001.

CLEMENT, C. R.; DE CRISTO-ARAÚJO, M.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; ALVES PEREIRA, A.; PIKANÇO-RODRIGUES, D. Origin and domestication of native Amazonian crops. **Diversity**, v. 2, p. 72–106, 2010.

ESCOBAR, R. H.; HERNÁNDEZ, C. M.; LARRAHONDO, N.; OSPINA, G.; RESTREPO, J.; MUNOZ, L.; TOHME, J.; ROCA, W. M. Tissue culture for farmers: participatory adaptation of low-input cassava propagation in Colombia. **Experimental Agriculture**, v. 42, p. 103–120, 2006.

FIALHO, J. F.; VIEIRA E. A. **Manejo e tratos culturais da mandioca**. In: FIALHO, J. F.; VIEIRA E. A. Mandioca no Cerrado: orientações técnicas. 2 ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 61-86, 2013.

FOGAÇA, C. M.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; CORDEIRO, D. C.; CORREIA, T. D.; FINGER, F. L.; OTONI, W. C.; CARGNIN, A. Microtuberização in vitro de cultivares de mandioca: aspectos morfológicos e anatômicos. **Acta Botanica Basilica**, v. 24, p. 624-630, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Cassava. Food Outlook. p. 34-39, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Save and Grow: Cassava. A guide to sustainable production intensification. Food and agriculture organization of The United Nations. p. 37-57. 2013.

HALSEY, M. E.; OLSEN, K. M.; TAYLOR, N. J.; CHAVARRIAGA-AGUIRRE, P. Reproductive biology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and isolation of experimental field trials. **Crop science**, v. 48, p. 49-58, 2008.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Englewood Clippis, p. 900, 2011.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). **Cassava Training Manual on Rapid Multiplication of Cassava Stems**. IYA Cassava Value Chain Members. p 1-12. 2014.

LOPEZ, J. **Semilla Vegetativa de Yuca**. In: BERNARDO-OSPINA, I. A.; CEBALLOS, H. (Eds), La Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT. p. 49-75, 2002.

MCKEY, D.; ELIAS, M.; PUJOL, B.; DUPUTIE, A. The evolutionary ecology of clonally propagated domesticated plants. **New Phytologist**, v. 186, p. 318–332, 2010.

NASSAR, N. M. A. Cassava genetic resources and their utilization for breeding of the crop. **Genetics and Molecular Research**, v. 6, p. 1151-1168, 2007.

NASSAR, N. M. A. Wild cassava, *Manihot* spp.: biology and potentialities for genetic improvement. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, p. 201-212. 2000.

NASSAR, N. M. A.; GRACIANO-RIBEIRO, D.; GOMES, P. F. HASHIMOTO, D. Y. C. Alterations of reproduction system in a polyploidized cassava interspecific hybrid. **Hereditas**, v. 147, p. 58–61. 2010.

NASSAR, N. M. A.; HASHIMOTO, D. Y. C.; FERNANDES, S. D. C. Wild *Manihot* species: botanical aspects, geographic distribution and economic value. **Genetics and Molecular Research**, v.7, p. 16-28, 2008.

OLIVEIRA, M. A.; FIORINE, R. A. Análise de crescimento em mudas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) provenientes de estacas em diferentes recipientes para cultivo. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 2, p.12-26, 2006.

OLSEN, K.; SCHAAL, B. Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for a southern Amazonian origin of domestication. **American Journal of Botany**, v. 88, p. 131–142, 2001.

RIVAL, L.; MCKEY, D. Domestication and diversity in manioc (*Manihot esculenta* Crantz ssp. *esculenta*, Euphorbiaceae). **Current Anthropology**, v. 49, p. 1119-1128, 2008.

SECCO, R. S.; CORDEIRO, I.; VALE, S. L.; SALES, M. F.; LIMA, L. R.; MEDEIROS, D. An overview of recent taxonomic studies on Euphorbiaceae s.l. in Brazil. **Rodriguésia**, v. 63, p. 227-242. 2012.

VILPOUX, O. F. Competitividade da mandioca no Brasil, como matéria-prima para amido. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.38, 2008.

WANG, W.; FENG, B.; XIAO, J.; XIA, Z.; ZHOU, X.; LI, P.; ZHANG, W.; WANG, Y.; MØLLER, B. L. Cassava genome from a wild ancestor to cultivated varieties. **Nature Communications**, v. 5, p. 1-9, 2014.

ARTIGO 1**PROPAGAÇÃO RÁPIDA DE MANDIOCA COM USO DE GEMAS FOLIARES**

Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Scientia Agricola, em versão na língua inglesa.

Técnica de propagação rápida de mandioca com uso de gemas foliares

Autor: Reizaluamar de Jesus Neves

Orientador: Prof. Dr. Eder Jorge de Oliveira

Resumo: O aumento da taxa de multiplicação de espécies de propagação vegetativa como a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem sido uma busca constante da pesquisa. Este trabalho objetivou avaliar o uso de gemas foliares para propagação rápida de variedades de mandioca. Para formação das mudas foram extraídas gemas foliares de três variedades de mandioca (BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09). Os experimentos foram instalados sob o delineamento de blocos completos casualizados, em esquema fatorial considerando idade da planta matriz – IP (5) × posição da gema foliar nas hastes – PGM (3) × tratamento com agroquímicos – DEF (2). As parcelas experimentais foram compostas por 18 plantas e quatro repetições. As características analisadas foram: porcentagem de brotação das gemas foliares (PBrot), altura das mudas (AlMuda) e massa seca total das mudas (MaSeca). Houve diferença entre as três variáveis analisadas para a maioria das variedades, demonstrando efeitos significativos nas características agrônômicas avaliadas. De modo geral, os principais resultados evidenciaram maior desempenho agrônômico (maior PBrot, AlMuda e MaSeca) em mudas de mandioca provenientes de gemas foliares de: 1) plantas matrizes com até seis meses de idade; 2) partes mais herbáceas (superior); 3) tratadas com agroquímicos (fungicidas+inseticidas). Considerando plantas com quatro meses de idade, três ciclos anuais, e em média 80,5% de brotação, seria possível chegar a uma taxa multiplicativa anual de 1:72, que é muito superior aos métodos tradicionais de multiplicação por manivas maduras com 12 meses de idade (1:5). Estes resultados são importantes, por demonstrarem a possibilidade do uso de gemas foliares de mandioca para produção de mudas com qualidade e de forma rápida para maior multiplicação e difusão de novas variedades ou mesmo estabelecimento de empreendimentos agrícolas em larga escala.

Palavras-chave: enraizamento; estaquia; *Manihot esculenta* Crantz; multiplicação.

A leaf bud technique for rapid cassava (*Manihot esculenta* Crantz) propagation

Author: Reizaluamar de Jesus Neves
Master's Advisor: Dr. Eder Jorge de Oliveira

Abstract: The increase of the multiplication rate of vegetative propagation in species such as cassava (*Manihot esculenta* Crantz) has been searched. This work aimed to evaluate the use of leaf buds in the rapid propagation of cassava varieties. For plantlets generation, leaf buds were extracted from three cassava varieties (BRS Kiriris, 98150-06 and 9624-09). The experiments were set up under the randomized block design, in a factorial scheme considering the age of the matrix plant - IP (5) × position of the leaf buds on the stems - PGM (3) × agrochemical treatments - DEF (2). The experimental plots were composed of 18 plants and four replicates. The analyzed characteristics were leaf sprouting percentage (PBrot), plantlets height (AlMuda) and total dry mass of plantlets (MaSeca). There was a difference between the three variables analyzed for the most varieties demonstrating significant effects on the evaluated agronomic characteristics. In general, the main results showed higher agronomic performance (higher PBrot, AlMuda and MaSeca) in cassava plantlets from leaf buds of: 1) maturing plants up to six months old; 2) more herbaceous (upper) parts; 3) treated with agrochemicals (fungicides + insecticides). Considering four-month-old plants, three annual cycles, and on average 80.5% of sprouting it would be possible to reach an annual multiplicative rate of 1:72, which is much higher than traditional methods of multiplication by mature stem cuttings with 12 months old (around 1:5). These results are important because they demonstrate the possibility of using cassava leaf buds to produce quality plantlets in a rapid way for greater multiplication and diffusion of new varieties or even agricultural establishments on larger scale.

Keywords: rooting; cuttings; *Manihot esculenta* Crantz; multiplication.

INTRODUÇÃO

Dentre as principais culturas alimentares do mundo, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem ganhado espaço importante não só na agricultura de subsistência, mas também na cadeia agroindustrial devido ao potencial do amido para produção de bioetanol e produtos biodegradáveis (EKWE; NJOKU, 2011; PERERA et al., 2014). A mandioca é considerada uma *commodity* de grande importância econômica, e seu amido é comercializado internacionalmente como fonte de matéria-prima para diversos ramos do mercado industrial (CEBALLOS et al., 2015; OSPINA-PATINO; EZEDINMA, 2015; SURYANINGRAT et al., 2015).

A mandioca é amplamente cultivada nas regiões tropicais e subtropicais (SANTANA et al., 2009), produzida principalmente por países em desenvolvimento, a exemplo de Nigéria, Brasil, Indonésia, Tailândia e Congo (HALSEY et al., 2008). Características marcantes como a sua rusticidade, permite a cultura desenvolver em condições marginais, onde culturas como o milho, trigo e arroz, por exemplo, não apresentam desenvolvimento adequado, além de apresentar flexibilidade para a escolha da época da colheita a depender da necessidade do agricultor (CEBALLOS, 2004).

A mandioca é propagada a partir de partes da haste denominadas de manivas, sobretudo nos plantios comerciais. Por outro lado, a mandioca pode ser propagada por sementes, pois é uma espécie monóica que produz tanto flores masculinas quanto femininas (ALVES, 2002). A propagação por sementes ocorre em condições naturais, bem como por cruzamentos dirigidos nos programas de melhoramento da espécie. Como as flores femininas na mesma inflorescência, abrem uma a duas semanas antes das masculinas, fenômeno conhecido como protoginia (ALVES, 2002), existe uma tendência ao cruzamento entre diferentes plantas, de forma a manter a heterozigosidade nos acessos de mandioca. Quase todas as variedades locais e melhoradas conhecidas derivam do cruzamento entre parentais heterozigóticos e as plantas híbridas resultantes do cruzamento são propagadas vegetativamente não apresentando problemas de poliploidia ou fertilidade a exemplo do que ocorre em várias espécies (CEBALLOS et al., 2015).

Ogero et al. (2010) relata que a elevada heterozigosidade da mandioca, a estrutura genética complexa, a ausência de floração em alguns genótipos e a baixa

produção de sementes, muitas vezes associada a germinação irregular, prejudicam os esforços voltados para a reprodução da espécie. As plantas oriundas de sementes apresentam algumas características negativas como desenvolvimento lento no campo, menor tamanho e baixo vigor quando comparadas com plantas derivadas de propagação clonal (ALVES, 2002). Por outro lado, a propagação vegetativa apresenta como principal desvantagem a baixa taxa de multiplicação (ALADELE, 2008). Com isso, dificulta a substituição de variedades locais por variedades melhoradas com maior produtividade e resistência a doenças, além de dificultar o rápido estabelecimento industrial para exploração comercial de grandes áreas de plantio.

Segundo Ukpe e Mustapha (2016), o aumento na produtividade da mandioca é limitado por diversos fatores, sendo a escassez de material de plantio o principal deles. Com isso, é essencial desenvolver técnicas que possibilitem o aumento da taxa de multiplicação associado à qualidade fitossanitária (VIDAL et al., 2015).

A micropropagação *in vitro* de mandioca é uma técnica de produção de material de plantio com qualidade fitossanitária em larga escala e em curto espaço de tempo (ALADELE, 2008), porém esta técnica possui como principal desvantagem o custo elevado (OGERO et al., 2010). Além disso, outra limitação dessa técnica está relacionada à possibilidade do surgimento de variação somaclonal (OSENSA et al., 2017), que poderia descaracterizar o material vegetal.

Algumas técnicas alternativas de multiplicação rápida foram desenvolvidas no intuito de aumentar a taxa de propagação de mandioca em curto espaço de tempo e com menor custo. Uma delas foi desenvolvida por Cock et al. (1976) utilizando manivas de duas gemas, e se baseia na indução de brotos em câmara de propagação e posterior enraizamento em água, produzindo em torno de 36.000 estacas por ano. Porém, são necessários de 8 a 12 meses para obtenção das primeiras mudas à partir dessa técnica, considerando que as gemas devem ter maturidade suficiente para geração de novas plantas. Outro método alternativo é o uso de estaquia de gemas foliares, a qual permite o aumento considerável do fornecimento de estacas pelas plantas matrizes. Nessa técnica a estaca é composta apenas por uma pequena parte da haste contendo uma gema axilar e uma lâmina foliar com pecíolo com potencial de geração de uma nova planta, sendo bastante indicada quando o material a ser propagado é escasso (HARTMANN et al., 2011). A

aplicação dessa técnica tem sido demonstrada na propagação de diferentes culturas como *Camellia sinensis* (L.) (ROUT, 2006) e *Vitis* spp. (LIU et al., 2003).

A técnica de estaquia pode ser influenciada por variados fatores, podendo estes ser intrínsecos à planta matriz, muitas vezes associados a diferenças fisiológicas, ou à presença de gradiente de juvenilidade e conteúdo de carboidratos ao longo da haste (HARTMANN et. al, 2011). Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar a capacidade de brotação das gemas foliares oriundas de diferentes posições da haste de mandioca, em diferentes estádios de desenvolvimento da planta-matriz, bem como o efeito de defensivos químicos no enraizamento das estacas.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Os experimentos foram realizados na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas, Bahia. As variedades selecionadas para a experimentação foram a BRS Kiriris que é amplamente utilizada por agricultores da região dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste brasileiro, bem como novos clones 98150-06 e 9624-09 do programa de melhoramento genético da mandioca da Embrapa. As manivas destas variedades com cerca de 20 cm foram plantadas em julho de 2015 (período com elevada pluviosidade no município de Cruz das Almas – BA), com intuito de fornecer as gemas foliares necessárias para a condução do experimento. Todos os tratos culturais necessários para manutenção das plantas no campo foram realizados de acordo com Souza et al. (2006).

Coleta e montagem do experimento

A parte aérea das plantas foram coletadas no início da manhã para assegurar maior turgidez do material vegetal (HARTMANN et al., 2011) e em seguida encaminhadas para a casa de vegetação para montagem dos experimentos. Inicialmente, foi realizada a redução da lamina foliar (1/3 do tamanho original) e as hastes foram colocadas em recipientes contendo água para evitar o murchamento das folhas. Em seguida, foi realizada a identificação e separação das gemas foliares (Figura 1) provenientes das diferentes posições na haste (ou seja, gemas da posição superior na planta – herbáceo; gemas da posição mediana na planta – intermediário;

gemas da posição inferior na planta – lignificado), e posterior corte das estacas em “V” utilizando bisturi esterilizado. As estacas de gemas foliares foram plantadas em tubetes com capacidade de 290 cm³, contendo vermiculita e areia lavada na proporção 1:1 na parte superior do tubete (1/4 superior), e vermiculita, terra vegetal e fibra de coco na proporção 1:2:1, juntamente com 15 mg de superfosfato simples e 15 mg de sulfato de amônio, na parte inferior do tubete (3/4 inferior). Essa divisão do substrato no tubete é necessária para que as gemas foliares permaneçam em substrato úmido e aerado na fase inicial de germinação e estabelecimento.

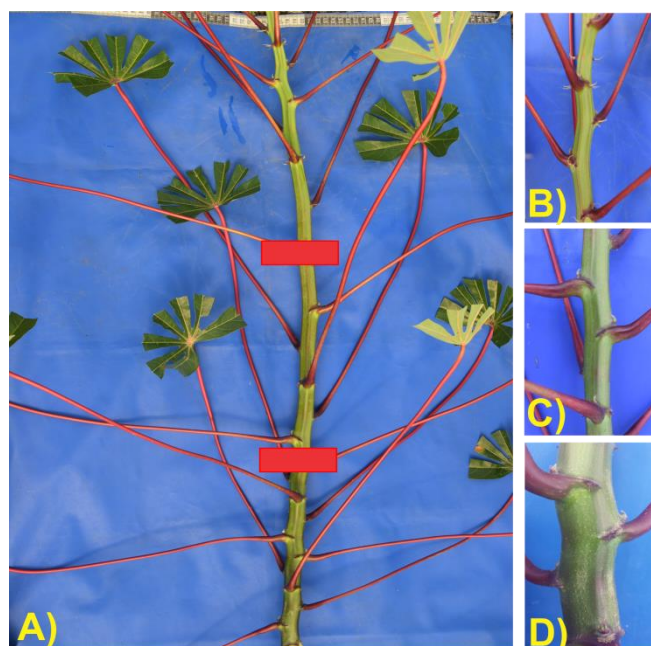


Figura 1. Posição das gemas foliares nas hastes de plantas de mandioca da variedade 98150-06. (A) visão geral da parte aérea das plantas, (B) gemas foliares da posição superior das plantas, (C) gemas foliares da posição mediana das plantas e (D) gemas foliares da posição inferior das plantas.

A estaquia foi realizada em cinco diferentes épocas, sendo a primeira aos 4 meses após plantio (MAP) (novembro de 2015), a segunda aos seis MAP (janeiro de 2016), a terceira aos oito MAP (março de 2016), a quarta aos dez MAP (maio de 2016) e a quinta aos doze MAP (julho de 2016).

Como se trata de cortes feitos nas manivas com subsequente exposição direta desta estrutura vegetal ao substrato, também foi avaliado o efeito do uso de defensivos químicos com função de fungicida/inseticida no controle de fungos causadores de podridão de manivas. O tratamento foi constituído por 160 mg de

Tiametoxam, além de 7,6 mg de Mefenoxam, 9,5 mg de Fludioxonil e 57 mg de Tiabendazol, diluídos em 100 mL de água destilada. As estacas de gemas foliares foram submersas na solução por 3 minutos e em seguida plantadas nos tubetes.

As estacas de gemas foliares foram acondicionadas em casa de vegetação com controle de umidade ($70 \pm 5\%$) e temperatura ($28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) para o desenvolvimento e enraizamento dos brotos. As plantas foram mantidas em casa de vegetação para indução do enraizamento até o momento de atingirem aproximadamente 10 cm de altura, e em seguida as mudas foram mantidas em sombreamento de 50% por cinco dias para posterior transplântio para o campo.

A eficiência do método de produção de mudas de mandioca por estacas de gemas foliares foi avaliada pelo número de plantas geradas por tratamento, bem como pelas características: porcentagem de brotação (PBrot), contabilizando o número de gemas foliares que emitiram brotos; altura das mudas (AlMuda), determinado em centímetros desde a base até o ápice do broto; massa seca total das mudas (MaSeca), obtida pela soma da massa seca da raiz e da parte aérea.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos completos casualizados em esquema fatorial 5 idades da planta matriz (IP) \times 3 posições das gemas na planta (PGM) \times 2 uso de defensivos (DEF), em 4 repetições, com parcelas compostas por 18 plantas.

Antes de proceder a análise dos dados, foi realizada a verificação do atendimento das pressuposições básicas da análise de variância. Em seguida, a análise de variância foi realizada em esquema fatorial triplo, utilizando a função “*ea2*” do pacote *easynova* (ARNHOLD, 2013) implementado no software R (R DEVELOPMENT TEAM, 2016). Posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Houve diferença entre as três variáveis analisadas para a maioria das variedades (exceto para a característica PBrot no clone 9624-09) (Tabela 1), indicando que os fatores idade da planta (IP), posição das gemas na planta (PGM) e uso de defensivos (DEF) podem afetar algumas características agrônômicas na

formação de mudas de mandioca por gemas foliares. Além disso, a interação IP x PGM foi significativa para todas as características, à exceção para PBrot na variedade BRS Kiriris. Situação semelhante foi observada para a interação IP x DEF que não foi importante apenas PBrot nas variedades BRS Kiriris e 98150-06. Por outro lado, a interação entre PGM x DEF foi importante apenas para as características AIMuda (BRS Kiriris e 9624-09) e MaSeca (BRS Kiriris).

Os coeficientes de variação experimental (CV%) foram em sua maioria de baixa magnitude para as três características avaliadas, com valores de 8,35 a 9,32% para a PBrot, de 4,54 a 7,38% para AIMuda e de 6,48 a 8,11% para MaSeca, apenas a variedade 98150-06 apresentou média magnitude do CV% para a variável PBrot (14,37) (Tabela 1), evidenciando que os experimentos foram conduzidos de forma adequada, de forma a garantir elevada confiabilidade nas inferências sobre os fatores ambientais influenciando a produção de mudas de mandioca com uso de gemas foliares.

Os resultados da ANAVA indicaram que a produção de mudas de mandioca à partir de gemas foliares foi influenciada pela interação de diversos fatores, de modo que o detalhamento de cada variável, assim como suas interações é essencial para definir as estratégias mais eficientes para uso da técnica.

A idade da planta na qual a haste foi coletada, afetou diretamente a PBrot, AIMuda e MaSeca das mudas, porém de maneira geral, as três variedades de mandioca apresentaram comportamento semelhante (Tabela 2). Por exemplo, para a característica PBrot houve maior brotação nas gemas oriundas de plantas matrizes com quatro e seis meses de idade para a variedade BRS Kiriris (cerca de 82%), 98150-06 (80,32 a 84,52%) e 9624-09 (78,47 a 90,04%). Após oito meses de idade a PBrot reduziu bastante em todas as variedades, chegando a cerca de 30% em plantas com dozes meses.

Tabela 1: Resumo da análise de variância das características porcentagem brotação (PBrot), altura da muda (AlMuda) e massa seca total das mudas (MaSeca), obtidas por gemas foliares das variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09 oriundas de diferentes partes da planta, diferentes idades da planta e submetidas ou não a tratamentos dom agroquímicos (fungicida + inseticida). Cruz das Almas – BA (2017).

Fontes de variação	GL ¹	Quadrado Médio								
		PBrot (%)			AlMuda (cm)			MaSeca		
		BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09
Bloco	3	64,03	38,56	44,23	0,13	0,35	1,18	0,003	0,005	0,001
Idade da planta (IP)	4	10198,79**	13153,53**	13932,66**	98,70**	255,36**	487,96**	1,33**	2,16**	1,57**
Posição das gemas na planta (PGM)	2	1597,76**	1163,09**	957,79**	214,02**	65,45**	86,48**	2,77**	0,60**	0,67**
Defensivos (DEF)	1	2623,32**	2231,02**	65,91	71,95**	58,33**	48,16**	0,68**	0,54**	0,52**
IP x PGM	8	66,68	475,20**	217,34**	19,15**	121,85**	647,81**	0,36**	1,57***	1,42**
IP x DEF	4	99,94	116,35	629,15**	7,94**	3,83**	23,56**	0,06**	0,05**	0,07**
PGM x DEF	2	63,50	46,63	99,76	2,30**	0,07	4,21**	0,11**	0,00	0,00
Resíduo	87	28,56	80,03	34,12	0,21	0,41	0,10	0,001	0,002	0,001
Coeficiente de variação - CV(%)		8,35	14,37	9,32	5,96	7,38	4,54	6,73	8,11	6,48

¹GL – grau de liberdade; *, ** - Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2: Valores médios das características porcentagem brotação (PBrot), altura da muda (AlMuda) e massa seca total (MaSeca), de mudas obtidas de gemas foliares oriundas de hastes das variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09, coletadas em cinco idades de maturação. Cruz das Almas – BA 2017.

IP	PBrot (%)			AlMuda (cm)			MaSeca (g)		
	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09
4	82,63 a	80,32 a	78,47 b	8,37 b	9,66 b	8,86 b	0,67 c	0,76 b	0,77 b
6	82,40 a	84,52 a	90,04 a	9,29 a	13,01 a	9,79 a	0,83 a	1,05 a	0,84 a
8	65,51 b	70,37 b	67,36 c	9,44 a	9,61 b	7,31 c	0,72 b	0,70 c	0,45 c
10	56,48 c	46,29 c	47,68 d	6,68 c	6,75 c	6,08 d	0,43 d	0,49 d	0,38 d
12	33,10 d	29,86 d	29,86 e	4,64 d	4,41 d	4,01 e	0,25 e	0,25 e	0,24 e

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para cada característica e variedade não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As mudas oriundas de gemas foliares coletadas aos seis MAP apresentaram maior AlMuda em comparação com as demais épocas de coleta para as três variedades, chegando a mais de 9 cm para as variedades BRS Kiriris e 9624-09 e 13 cm para a 98150-06 (Tabela 2). As mudas provenientes de hastes com quatro MAP apresentaram cerca de 8 cm para as variedades BRS Kiriris e 9624-09 e aproximadamente 10 cm para a 98150-06. Semelhantemente à característica PBrot, a partir dos seis MAP a AlMuda reduziu bastante nas mudas, à exceção da variedade BRS Kiriris aos oito MAP. Aos doze MAP as mudas apresentaram cerca de 4 cm de altura.

As maiores médias para a característica MaSeca foram obtidas de gemas foliares com seis MAP para as três variedades (variação de 0,83 a 1,05 g/planta), seguida de quatro MAP para os clones 98150-06 (0,67 g/planta) e 9624-09 (0,77 g/planta) e oito MAP para a variedade BRS Kiriris (0,72 g/planta) (Tabela 2).

Estes resultados são importantes, por demonstrarem que mudas de mandioca oriundas de gemas foliares podem ser obtidas com qualidade desde que não sejam obtidas de plantas com mais de seis MAP. Para a maioria das variedades de mandioca as mudas oriundas de plantas com mais de oito MAP foram inferiores àquelas oriundas de quatro e seis meses. Certamente isso pode refletir em menor qualidade das mudas, pois após os seis MAP houve redução de mais de 60% para PBrot, mais de 50% AlMuda e mais de 70% para MaSeca. Por outro lado, de modo

geral, sabe-se que mudas com maior biomassa contribuem de forma positiva para sua sobrevivência e desenvolvimento em condições de campo (GOMES; PAIVA, 2011), a exemplo daquelas obtidas de plantas com menos de seis MAP.

Considerando a posição de extração das gemas foliares nas plantas matrizes, as mudas oriundas de gemas da posição superior da planta apresentaram maiores médias para todas as características agrônômicas analisadas nas três variedades de mandioca, seguido da parte mediana e inferior (Tabela 3). Houve uma diferença na PBrot, entre 9,7 a 12,6% nas três variedades, quando se utilizou gemas foliares coletadas na posição superior (apical) da planta em comparação com a inferior. Quando comparadas com a inferior, as mudas oriundas de gemas da posição superior da planta apresentaram aumento da AIMuda em torno de 79% para variedade BRS Kiriris e de mais de 30% para os clones 98150-06 e 9624-09. Em relação à MaSeca este aumento foi de 148% para variedade BRS Kiriris, 38% para a 98150-06 e 63% para a 9624-09.

Tabela 3: Valores médios das características porcentagem brotação (PBrot), altura da muda (AIMuda) e massa seca total (MaSeca) de mudas obtidas de gemas foliares oriundas de hastes das variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09 em função da posição das gemas nas plantas matrizes (PGM): superior - S, mediana - M e inferior - I). Cruz das Almas – BA 2017.

PGM	PBrot (%)			AIMuda (cm)			MaSeca (g)		
	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09
S	70,27 a	68,05 a	67,22 a	10,23 a	10,14 a	8,39 a	0,87 a	0,79 a	0,67 a
M	64,16 b	61,38 b	63,33 b	7,13 b	8,19 b	6,83 b	0,52 b	0,59 b	0,53 b
I	57,63 c	57,38 b	57,50 c	5,70 c	7,73 c	6,41 c	0,35 c	0,57 b	0,41 c

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para cada característica e variedade não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O tratamento das gemas foliares com agroquímicos (fungicida + inseticida) resultou em aumento médio de aproximadamente 15% para PBrot em duas das variedades analisadas (BRS Kiriris e 98150-06) (Tabela 4). Além disso, as mudas oriundas de gemas tratadas apresentaram crescimento superior em comparação com as mudas oriundas de gemas não tratadas, variando de 17,5 a 22,4% para as variedades 98150-06 e BRS Kiriris, respectivamente. Situação semelhante foi

observada para MaSeca em todas as variedades avaliadas, na qual a superioridade nas plantas tratadas com defensivos variou de 24,1 a 30,0% para as variedades 98150-06 e BRS Kiriris, respectivamente (Tabela 4). As diferenças significativas observadas nas três características agrônômicas evidenciaram que o tratamento com defensivos químicos deve ser levado em consideração na produção em escala de mudas a partir de gemas foliares, tendo em vista o maior vigor das mudas e enraizamento das mudas tratadas (Figura 2).

Tabela 4: Valores médios das características porcentagem brotação (PBrot), altura da muda (AlMuda) e massa seca total (MaSeca) de mudas obtidas de gemas foliares oriundas de hastes das variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09 em função do tratamento com defensivos agrícolas (fungicida + inseticida). Cruz das Almas – BA 2017.

Defensivos	PBrot (%)			AlMuda (cm)			MaSeca (g)		
	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09	BRS Kiriris	98150-06	9624-09
Controle	59,35 b	57,96 b	63,42 a	6,91 b	7,99 b	6,57 b	0,50 b	0,58 b	0,47 b
Tratado	68,70 a	66,58 a	61,94 a	8,46 a	9,39 a	7,85 a	0,65 a	0,72 a	0,60 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para cada característica e variedade não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Figura 2. Mudanças de mandioca oriundas de gemas foliares da variedade BRS Kiriris. A, C e E: mudas oriundas de gemas da posição superior, mediana e inferior, respectivamente, das plantas sem tratamento com fungicida; e B, D, e F: mudas da posição superior, mediana e inferior das plantas tratadas com agroquímicos (fungicida + inseticida) no momento do preparo das gemas para plantio.

Efeito da idade das plantas matrizes em relação à posição das gemas foliares

Dependendo da idade da planta matriz, a PBrot e o vigor das mudas pode ser afetado pela posição das gemas foliares na haste. De modo geral, para os clones 98150-06 e 9624-09, mudas com maior PBrot, AIMuda e MaSeca foram formadas por gemas foliares extraídas da posição superior das plantas e aos seis MAP (Tabela 5). A PBrot dessas variedades não apresentou diferença significativa entre as diferentes posições de coletas das gemas foliares nas plantas matrizes aos quatro MAP. Por outro lado, para os clones 98150-06 e 9624-09 as gemas foliares coletadas aos quatro MAP da posição inferior das plantas apresentaram mudas com maior vigor considerando as características AIMuda (>13 cm) e MaSeca (>1,39 g).

Tabela 5. Desdobramento da interação entre diferentes posições das gemas foliares nas plantas matrizes (I - inferior; M - intermediário e S - superior) e diferentes idades das plantas matrizes (4, 6, 8, 10 e 12 meses), nas variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09 para as características porcentagem brotação (PBrot), altura da muda (AIMuda) e massa seca total (MaSeca). Cruz das Almas – BA 2017.

IP x PGM	Porcentagem de brotação (%)														
	BRS Kiriris					98150-06					9624-09				
	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
S	87,50 Aa	85,41 Aa	73,61 Ab	63,89 Ac	40,97 Ad	77,08 Ab	97,22 Aa	77,77 Ab	57,64 Ac	30,55 Ad	75,69 Ab	95,13 Aa	76,38 Ab	58,33 Ac	30,55 Ad
M	82,63 ABa	81,25 Aa	65,27 Bb	56,24 Bc	35,41 Ad	77,77 Aab	87,49 Aa	66,66 Bb	43,05 Bc	31,94 Ac	80,55 Ab	90,27 ABa	68,75 Bc	45,14 Bd	31,94 Ae
I	77,77 Ba	80,55 Aa	57,64 Cb	49,30 Cc	22,91 Bd	86,11 Aa	68,84 Bb	66,66 Bb	38,19 Bc	27,08 Ac	79,16 Aa	84,72 Ba	56,94 Cb	39,58 Bc	27,08 Ad
IP x PGM	Altura da muda (cm)														
	BRS Kiriris					98150-06					9624-09				
	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
S	11,65 Ab	13,05 Aa	13,42 Aa	7,43 Ac	5,59 Ad	5,88 Cd	19,16 Aa	12,75 Ab	7,34 Ac	5,59 Ad	5,42 Cd	15,56 Aa	9,06 Ab	6,47 Ac	5,45 Ad
M	7,69 Bb	9,22 Ba	7,79 Bb	6,12 Bc	4,83 Bd	7,85 Bc	12,22 Ba	9,11 Bb	7,00 Ac	4,79 Bd	7,93 Ba	7,13 Bb	6,42 Bc	6,27 Ac	4,32 Bd
I	5,77 Cb	5,61 Cb	7,13 Ca	6,50 Ca	3,49 Cc	15,27 Aa	7,65 Cb	6,99 Cb	5,91 Bc	2,86 Cd	13,24 Aa	6,69 Cb	6,45 Bb	5,49 Bc	2,27 Cd
IP x PGM	Massa seca total (g)														
	BRS Kiriris					98150-06					9624-09				
	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
S	1,04 Ab	1,42 Aa	1,05 Ab	0,55 Ac	0,27 Ad	0,32 Cd	1,76 Aa	1,00 Ab	0,59 Ac	0,28 Ad	0,36 Cd	1,62 Aa	0,64 Ab	0,47 Ac	0,27 Ae
M	0,64 Bb	0,73 Ba	0,62 Bb	0,37 Bc	0,24 Ad	0,56 Bc	0,93 Ba	0,70 Bb	0,53 Ac	0,25 ABd	0,55 Ba	0,51 Ba	0,35 Bc	0,41 Bb	0,23 Abd
I	0,34 Cb	0,33 Cb	0,48 Ca	0,38 Bb	0,23 Ac	1,40 Aa	0,46 Cb	0,40 Cbc	0,37 Bc	0,21 Bd	1,39 Aa	0,39 Cb	0,37 Bb	0,27 Cc	0,21 Bd

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, para cada característica e variedade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variedade BRS Kiriris, as maiores PBrot foram obtidas com uso de gemas foliares coletadas de plantas com quatro e seis MAP, independentemente da sua posição na haste, embora haja uma diferença de 5% na PBrot na posição inferior em comparação as mudas do terço superior aos quatro MAP (Tabela 5). Por outro lado, mudas com maior AIMuda foram obtidas de gemas foliares da posição superior da planta com seis e oito MAP (variação de 13,05 a 13,42 cm), enquanto para MaSeca os melhores resultados foram obtidos de mudas oriundas de gemas foliares da posição superior da planta coletadas aos seis MAP. Embora os dados demonstrem que as mudas oriundas de plantas matrizes da variedade BRS Kiriris até os seis MAP sejam superiores às mudas das demais idades da planta, observou-se que até os oito MAP os parâmetros agrônômicos foram aceitáveis para produção de mudas de mandioca de alta qualidade. A partir dos oito MAP, as mudas provenientes destas plantas apresentam forte queda nas características PBrot, AIMuda e MaSeca.

Efeito da idade da planta matriz em função do tratamento com agroquímicos

O tratamento com agroquímicos apresentou efeitos distintos para PBrot, pois a variedade BRS Kiriris e o clone 98150-06 apresentaram maior PBrot nas mudas submetidas ao tratamento com defensivos independentemente da idade das plantas matrizes (Tabela 6). Especificamente nas mudas provenientes de plantas matrizes com doze MAP não houve diferença entre o controle e as plantas tratadas, possivelmente como resultado do baixo desempenho geral das mudas com esta idade. Por outro lado, para o clone 9624-09 o efeito positivo do uso dos defensivos foi observado apenas em mudas provenientes de plantas com seis e oito MAP.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre o uso de agroquímicos (N: sem fungicida e inseticida, TR: com fungicida e inseticida) e diferentes idades das plantas matrizes (4, 6, 8, 10 e 12 meses), nas variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09 para as características porcentagem brotação (PBrot), altura da muda (AlMuda) e massa seca total (MaSeca). Cruz das Almas – BA 2017.

		Porcentagem de brotação (%)														
		BRS Kiriris					98150-06					9624-09				
IP x DEF		4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
	N	75,46 Ba	78,24 Ba	60,65 Bb	50,92 Bc	31,48 Ad	74,53 Ba	82,87 Aa	63,42 Bb	41,66 Bc	27,31 Ad	82,87 Aa	86,11 Ba	65,28 Ab	55,55 Ac	27,31 Bd
	TR	89,81 Aa	86,57 Aa	70,37 Ab	62,03 Ac	34,72 Ad	86,11 Aa	86,17 Aa	77,31 Aa	50,92 Ab	32,40 Ac	74,07 Bb	93,98 Aa	69,44 Ab	39,81 Bc	32,40 Ad
		Altura da muda (cm)														
		BRS Kiriris					98150-06					9624-09				
IP x DEF		4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
	N	6,68 Bb	8,43 Ba	8,69 Ba	6,39 Bb	4,36 Bc	8,70 Bb	11,91 Ba	8,73 Bb	6,46 Bc	4,16 Ad	7,44 Bb	9,16 Ba	6,59 Bc	5,79 Bd	3,88 Ae
	TR	10,06 Aa	10,15 Aa	10,19 Aa	6,97 Ab	4,92 Ac	10,63 Ab	14,12 Aa	10,50 Ab	7,04 Ac	4,66 Ad	10,28 Aa	10,42 Aa	8,03 Ab	6,37 Ac	4,15 Ad
		Massa seca total (g)														
		BRS Kiriris					98150-06					9624-09				
IP x DEF		4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
	N	0,53 Bc	0,73 Ba	0,63 Bb	0,39 Bd	0,24 Ae	0,68 Bb	0,92 Ba	0,61 Bc	0,47 Bd	0,24 Ae	0,61 Bb	0,78 Ba	0,42 Bc	0,32 Bd	0,23 Ae
	TR	0,82 Ab	0,93 Aa	0,80 Ab	0,47 Ac	0,26 Ad	0,84 Ab	1,18 Aa	0,80 Ab	0,52 Ac	0,26 Ad	0,93 Aa	0,90 Aa	0,49 Ab	0,45 Ab	0,25 Ac

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, para cada característica e variedade não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O uso do tratamento com agroquímicos proporcionou um aumento significativo no vigor das mudas oriundas de estacas com quatro, seis, oito e dez MAP para todas as variedades de mandioca (Tabela 6). Entretanto, o maior efeito benéfico dos defensivos ocorreu em mudas provenientes de plantas matrizes com quatro MAP, considerando principalmente o maior aumento em AIMuda (ou seja 50,6%, 22,2% e 38,17% para as variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09, respectivamente, em comparação com as demais idades das gemas). O mesmo ocorreu para MaSeca nas variedades BRS Kiriris (aumento de 54,7%) e 9624-09 (aumento de 52,5%).

Para as plantas com 12 MAP o tratamento com agroquímicos proporcionou aumento significativo apenas para as características PBrot no clone 9624-09 e AIMuda na variedade BRS Kiriris (Tabelas 6). Para as demais características e variedades de mandioca o efeito dos agroquímicos foi o mesmo comparado ao controle em mudas provenientes de plantas com 12 MAP.

Efeito do tratamento com agroquímicos e da posição de coleta das gemas foliares nas plantas matrizes

Independentemente da posição das gemas nas plantas matrizes, as gemas foliares tratadas com defensivos químicos resultaram em mudas com maiores médias para as características PBrot, AIMuda e MaSeca nas três variedades em comparação com as mudas provenientes de gemas não tratadas (Tabela 7). Principalmente para a variedade BRS Kiriris e o clone 98150-06 houve aumento médio de 16% na PBrot (independente da posição da gema foliar), podendo chegar a 20% na posição intermediária das gemas foliares nestas variedades. Para a característica AIMuda o aumento médio foi de 15% para todas as variedades podendo chegar a 26% na posição inferior na BRS Kiriris, 20% na 98150-06 posição mediana e 24% na 9624-09 posição superior da gema foliar. Por outro lado, o maior ganho expressivo foi na MaSeca cujo aumento médio (independente da posição da gema foliar) foi de 27,5%, podendo chegar a 41%, 28% e 30% na posição inferior das variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09, respectivamente. Estes resultados evidenciam que o tratamento com os defensivos pode resultar em maior número e maior vigor das mudas oriundas de gemas foliares, sendo um componente potencializador da produção de mudas de mandioca em larga escala utilizando a gemas foliares.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre o uso de agroquímicos (N: sem fungicida e inseticida, TR: com fungicida e inseticida) e diferentes posições das gemas foliares nas plantas matrizes (I - inferior; M - intermediário e S - superior), nas variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09 para as características porcentagem brotação (PBrot), altura da muda (AIMuda) e massa seca total (MaSeca). Cruz das Almas – BA 2017.

PGM x DEF	Porcentagem de brotação (%)								
	BRS Kiriris			98150-06			9624-09		
	S	M	I	S	M	I	S	M	I
N	66,94 Ba	58,33 Bb	52,77 Bc	64,44 Ba	55,83 Bb	53,61 Bb	69,72 Aa	63,61 Ab	56,94 Ac
TR	73,61 Aa	69,99 Aa	62,50 Ab	71,66 Aa	66,94 Aab	61,15 Ab	64,72 Ba	63,05 Aa	58,05 Ab
PGM x DEF	Altura da muda (cm)								
	BRS Kiriris			98150-06			9624-09		
	S	M	I	S	M	I	S	M	I
N	9,17 Ba	6,51 Bb	5,05 Bc	9,44 Ba	7,46 Bb	7,08 Bb	7,49 Ba	5,89 Bc	6,34 Bb
TR	11,28 Aa	7,75 Ab	6,35 Ac	10,85 Aa	8,93 Ab	8,39 Ac	9,29 Aa	6,94 Ac	7,32 Ab
PGM x DEF	Massa seca total (g)								
	BRS Kiriris			98150-06			9624-09		
	S	M	I	S	M	I	S	M	I
N	0,73 Ba	0,49 Bb	0,29 Bc	0,73 Ba	0,52 Bb	0,50 Bb	0,59 Ba	0,36 Bc	0,46 Bb
TR	1,00 Aa	0,55 Ab	0,41 Ac	0,85 Aa	0,66 Ab	0,64 Ab	0,75 Aa	0,46 Ac	0,60 Ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, para cada característica e variedade não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na maioria das situações, as mudas provenientes de gemas foliares extraídas da posição superior da planta e tratadas com defensivos apresentaram maiores valores médios para as três características (Tabelas 7), exceto para PBrot na variedade 9624-09 que apresentou maior média para as gemas coletadas da posição superior da planta sem tratamento (69,72%). Portanto, as mudas com qualidade máxima da variedade BRS Kiriris foram obtidas de gemas extraídas na parte superior das hastes e tratadas com defensivos (PBrot = 73,61%, AIMuda = 11,28 cm e MaSeca = 1,00 g); clone 98150-06 (PBrot = 71,66%, AIMuda = 10,85 cm e MaSeca = 0,85 g); e clone 9624-09 (PBrot = 64,7%, AIMuda = 9,29 cm e MaSeca = 0,75 g).

Ao contrário do observado para as mudas oriundas de gemas da posição superior das plantas, nos quais houve consistência entre as diferentes variedades de mandioca quanto ao desempenho das mudas, as gemas foliares das posições mediana e inferior originaram mudas com desempenho diferente dependendo da variedade e do tratamento com defensivo agrícola. Por exemplo, para a BRS Kiriris, as mudas provenientes de gemas da posição mediana das plantas matrizes sempre foram inferiores às mudas oriundas de gemas da posição superior e superiores às mudas oriundas de gemas foliares da posição inferior das hastes, independente do tratamento com os defensivos (Tabela 7). Já para o clone 98150-06, considerando as gemas não tratadas, não foi observada diferença significativa entre as mudas das gemas localizadas na parte mediana e inferior para PBrot, AIMuda e MaSeca (Tabela 7). Por outro lado, quando tratadas as mudas das gemas foliares extraídas da parte mediana da haste apresentaram maiores médias para AIMuda em comparação com a porção inferior, porém sem diferenças significativas entre estas partes da planta matriz para MaSeca (Tabela 7). Para o clone 9624-09, as mudas oriundas das gemas foliares da parte inferior da haste originaram mudas com maiores valores para AIMuda e MaSeca quando comparado a mudas provenientes de gemas da posição mediana independentemente do uso de agroquímicos (Tabela 7).

DISCUSSÃO

De modo geral, as mudas oriundas de gemas foliares extraídas de plantas matrizes com seis MAP apresentam maior porcentagem de brotação, altura da muda

e massa seca total, resultando em mudas de mandioca com maior vigor. De acordo com Alves (2002), a mandioca tem maior atividade metabólica e maior taxa de crescimento de folhas e hastes no período compreendido entre 3 e 6 meses após o plantio, tendo como consequência maior crescimento vegetativo. Esta característica pode, portanto, influenciar positivamente no enraizamento das mudas, explicando a maior taxa de sobrevivência e maior vigor das mudas oriundas de plantas com seis meses de idade. Outros fatores a serem levados em consideração referem-se ao balanço hormonal em função da idade da planta. Em outras espécies, como a teca (*Tectona grandis* Linn. f.), a idade da planta matriz influenciou no enraizamento das estacas, pois o balanço adequado entre auxinas endógenas e ausência de substâncias inibitórias do enraizamento observado em estacas com maior grau de juvenilidade foi um fator crucial para melhor desempenho das mudas desta espécie (HUSEN; PAL, 2006).

Geralmente à partir dos 10 meses após o plantio as plantas de mandioca encontram-se em período de dormência, em que ocorre decréscimo da taxa de produção de folhas e finalização do período vegetativo (ALVES, 2002). Este fato pode justificar a dificuldade na produção de mudas de gemas foliares oriundas de plantas matrizes com idade mais avançada, considerando a redução na brotação, na altura e na matéria seca das mudas. Em plantas mais velhas pode haver menor disponibilidade de substâncias importantes para o enraizamento das gemas foliares, como açúcares solúveis e amido que atuam conjuntamente com a auxina para garantir maior brotação e sobrevivência das mudas (HUSEN; PAL, 2007).

As estacas caulinares podem ser classificadas de acordo a natureza do tecido do caule, como herbáceas, semi-lignificadas e lignificadas (HARTMANN et. al, 2011), e de modo geral, a posição da coleta da gema foliar na planta matriz pode influenciar na porcentagem de enraizamento da estaca (BONA et al., 2012). No presente trabalho, a maior taxa de brotação e qualidade das mudas de mandioca obtidas de gemas foliares foi obtida à partir de hastes herbáceas (apicais), havendo de modo geral, um aumento na brotação e na qualidade da muda em função do menor grau de lignificação dos tecidos. Estes resultados foram similares aos observados por Bona et al. (2012), o qual relataram que estacas apicais, com menor grau de lignificação, apresentam condições fisiológicas ideais, como presença de auxinas e substâncias essenciais para maior enraizamento das mudas de lavanda (*Lavandula dentata* L.). Zalesny et al. (2003) também relataram que as

estacas caulinares podem apresentar desempenho diferenciado no enraizamento devido à existência de diferenças na atividade organogênica ao longo do ramo, nos níveis de carboidratos e auxinas essenciais na iniciação do enraizamento das estacas. Estas observações são bastante coerentes para explicar a maior brotação de gemas foliares presentes em partes mais herbáceas da planta de mandioca, pois a auxina é um hormônio que está relacionado com o crescimento vegetal e sua síntese ocorre em regiões meristemáticas, responsáveis pelo desenvolvimento de novos tecidos e órgãos na planta (VERNOUX et al., 2010). Além disso, para que ocorra o enraizamento das estacas é necessário que haja um balanceamento entre giberelinas, citocininas e outros cofatores de enraizamento (HARTMANN et al., 2011).

O efeito positivo promovido pelo tratamento com agroquímicos no vigor das mudas de mandioca pode ser explicado devido à capacidade de alguns produtos promoverem o chamado efeito fitotônico além do efeito protetor, que geralmente ativa reações fisiológicas nas plantas que resultam em aumento na germinação e vigor das plantas (HORII et al., 2007). Um destes produtos é inseticida tiametoxam, do grupo dos neonicotinóides (MAIENFISCH et al., 2001), que a depender da espécie pode atuar como bioativador, capaz de atuar na expressão de proteínas, modificando de forma positiva metabolismo e a morfologia vegetal. De fato, este efeito bioativador tem sido relatado como efeito secundário em algumas espécies de propagação clonal como a cana-de-açúcar, na qual o uso de inseticidas sistêmicos utilizados sobretudo para controle de cigarrinhas (*Mahanarva fimbriolata*), a exemplo do tiametoxam, também resultam em incrementos no diâmetro do colmo e na massa seca do sistema radicular. O efeito fisiológico do tiametoxam pode ser evidenciado pelo aumento do volume do sistema radicular da cana-de-açúcar, e por conseguinte, o aumento na sobrevivência das estacas e maior vigor das plantas (PEREIRA et al., 2010).

Alguns fungicidas também podem ocasionar efeitos fisiológicos positivos nas plantas, promovendo aumento da germinação e vigor das sementes (MATOS et al., 2013). Os fungicidas classificados como sistêmicos a exemplo de metalaxil, tiabendazol e fludioxonil, pertencentes aos grupos químicos Acilalaninato, Benzimidazol e Fenilpirrol, respectivamente, são absorvidos e translocados pela muda, o que aumenta a sua capacidade de ação nos tecidos das plantas (IVIC, 2010). O uso conjunto do inseticida tiametoxam além dos fungicidas metalaxil-M,

tiabendazol e fludioxonil, no desenvolvimento de mudas de mandioca à partir de gemas foliares sugere que a utilização destes agroquímicos tenham atuado não somente no efeito protetor das mudas (MATOS et al., 2013). Outros autores observaram a influência da combinação de fungicida/inseticida no tratamento de sementes soja e verificaram que o uso de lambda-cialotrina + piraclostrobina promoveu aumento do rendimento desta cultura (HENRY et al., 2011).

Efeito da interação idade da planta matriz versus posição das gemas foliares na planta matriz

Em geral mudas com maior vigor foram obtidas a partir da extração de gemas foliares da parte superior das plantas matrizes com seis MAP. As mudas oriundas de partes da planta mais lignificadas apresentaram menor desenvolvimento do sistema radicular acarretando na produção de mudas de menor qualidade. Uma exceção a esta situação ocorreu nas mudas oriundas de gemas foliares coletadas da posição superior das plantas matrizes dos clones 98150-06 e 9624-09 com quatro MAP, que estavam bastante tenras, o que pode justificar a elevada percentagem de brotação das gemas foliares e o melhor vigor das mudas oriundas da parte inferior das hastes das plantas matrizes com quatro MAP. A menor brotação das gemas foliares da posição superior das plantas com quatro meses de maturação pode estar relacionada à maior desidratação das hastes herbáceas e conseqüente redução na brotação e enraizamento das mudas. Independente destas exceções, parece haver uma forte tendência na redução das características PBrot, AIMuda e MaSeca da parte superior para a parte inferior das hastes.

Em algumas espécies arbóreas como corticeira-do-banhado (*Erythrina cristagalli* L.), Gratieri-Sossella et al. (2008) demonstraram que estacas herbáceas coletadas de plantas juvenis com menos de um ano de idade apresentaram maior vigor em comparação com estacas lenhosas. Por outro lado, espécies de propagação assexuada podem apresentar diferentes respostas ao enraizamento em função do tipo de estaca utilizada (HARTMANN et al., 2011). Zalesny et al. (2003) avaliaram o efeito das diferentes posições das estacas nas plantas matrizes de *Populus* spp. e relataram maior porcentagem de enraizamento em estacas basais, sugerindo uma relação positiva entre o teor de carboidratos e o diâmetro das estacas. Portanto, é notório que a produção de plantas com maior taxa de enraizamento e maior vigor depende da espécie, sendo que para mandioca hastes

de plantas juvenis e não lenhosas apresentam alta viabilidade na produção de mudas por gemas foliares.

Outro fator a ser levado em consideração na produção de mudas de mandioca por gemas foliares são as variedades a serem propagadas, pois pode haver resposta diferencial das variedades, pois o período de maturação das hastes pode variar de acordo com o material genético utilizado, ocasionando respostas diferenciadas no enraizamento das estacas. Foi observado, que diferentes variedades de mandioca plantadas nas mesmas condições apresentaram distintos níveis de desenvolvimento e maturação fisiológica (Figura 3). No caso do clone 98150-06 as gemas da parte inferior da haste apresentam maior desenvolvimento (Figura 3A) em comparação com as gemas da variedade BRS Kiriris (Figura 3B). Essa diferença no desenvolvimento das gemas pode ter uma relação direta com vigor das mudas, conforme dados apresentados na Tabela 5.



Figura 3. Diferenças na morfologia das gemas foliares da posição inferior das plantas em duas variedades de mandioca aos quatro meses após plantio. (A) clone 98150-06; (B) variedade BRS Kiriris. Cruz das Almas – BA, 2017.

Efeito da interação idade da planta matriz *versus* tratamento com agroquímicos

Associado à maior percentagem de brotação, altura de planta e teor de matéria seca das mudas oriundas de gemas foliares provenientes de plantas matrizes com até seis MAP, o efeito benéfico com o uso de agroquímicos foi acentuado nas mudas de mandioca tratadas. De acordo com Hartmann et al. (2011), o uso de reguladores de crescimento é uma das formas de promover o melhor enraizamento de espécies de propagação vegetativa. Independente da idade das

plantas matrizes houve uma diferença positiva nas características agrônômicas mensuradas nas mudas tratadas. Exceção a esta tendência ocorreu nas plantas de todas as variedades de mandioca aos doze meses de idade, em que não houve diferença nas plantas tratadas e não tratadas, o que demonstra que mesmo utilizando substâncias com potencial de indução de vigor, a produção de mudas à partir de gemas foliares de plantas com elevada maturidade fisiológica é inviável. Estes resultados corroboram estudos prévios que apontam a necessidade de se utilizar material propagativo com níveis adequados de substâncias endógenas de reserva e fitorreguladores para a obtenção de respostas positivas ao tratamento químico (HARTMANN et al., 2011; SAIFUDDIN et al., 2013). Amri et al. (2010) e Graves (2002) também demonstraram que o tratamento com reguladores vegetais aplicados em estacas juvenis, promovem maior porcentagem de enraizamento quando comparado com estacas com maior maturidade. Para Rout (2006) a menor resposta do tratamento com reguladores vegetais em estacas maduras está relacionada com a redução da sensibilidade aos promotores de enraizamento devido ao maior grau de envelhecimento dos tecidos.

Além dos hormônios, o nível de açúcares solúveis e teores de amido presente nas células do caule também desempenham um papel positivo no enraizamento das estacas (ZHANG et al., 2013). Em plantas de mandioca com maturidade fisiológica, a translocação do amido ocorre predominantemente para as raízes da planta (ALVES, 2002). Isso poderia explicar os resultados que demonstraram que o potencial fisiológico das estacas juvenis influencia diretamente na obtenção e qualidade das mudas.

Efeito da interação tratamento com agroquímicos *versus* posição das gemas foliares na planta matriz

O tratamento das gemas foliares com agroquímicos foi um importante componente para a produção de mudas de mandioca com qualidade, pois resultou em maior porcentagem de brotação, maior biomassa e melhor desenvolvimento das mudas, independente da posição das gemas na planta matriz, para a maioria das variedades estudadas. Exceção foi observada apenas no clone 9624-09, na qual as plantas sem tratamento com defensivos foram superiores às mudas derivadas das gemas foliares da parte superior das plantas matrizes tratadas.

Os resultados demonstraram que mesmo utilizando o tratamento com agroquímicos as mudas provenientes das gemas foliares das posições intermediárias e inferiores das plantas matrizes não superaram as médias obtidas pelas mudas derivadas da posição superior da planta para as características altura e massa seca total das mudas. Por outro lado, em sistemas de propagação rápida de mandioca, a exemplo do uso de gemas foliares, o aproveitamento das gemas de toda a planta matriz pode aumentar a taxa de multiplicação. Este raciocínio associado ao uso de agroquímicos poderia resultar em maior percentagem de brotação (65,7% e 60,2% em gemas tratadas e não tratadas), maior altura de plantas (8,6 cm e 7,2 cm em gemas tratadas e não tratadas), e maior teor de matéria seca das mudas (0,7 g e 0,5 g em gemas tratadas e não tratadas). Portanto, é notório que o uso dos agroquímicos como o tiametoxan, metalaxil-M, tiabendazol e fludioxonil podem trazer ganhos no vigor das mudas de mandioca produzidas com uso de gemas foliares.

O efeito bioativador do tiametoxan tem sido demonstrado no tratamento de sementes de algumas espécies como trigo, na qual houve aumento no desenvolvimento radicular, no conteúdo protéico e na massa seca (MACEDO; CASTRO, 2011), e em pepino com notável aumento do comprimento das raízes (VIEIRA et al., 2014). Estes autores relatam que o aumento do vigor das sementes pode favorecer no estabelecimento inicial das mudas em condições de campo, embora a atividade biotivadora do tiametoxan pode variar de acordo com a espécie em estudo (MACEDO; CASTRO, 2011).

Respostas positivas do uso de fungicidas no vigor de mudas também têm sido reportadas. Taye et al. (2013) relataram aumento da germinação, altura da plântula, número médio de folhas e do peso fresco e seco das mudas ao utilizarem metalaxil-M no tratamento de sementes de milho. O efeito positivo do uso combinado de fludioxonil com metalaxil-M também foi observado por Oliveira et al. (2013) ao tratarem sementes de soja, com maior estímulo à produção de raízes. Por outro lado, Brzezinski et al. (2015) avaliaram o efeito combinado de tiabendazol e inseticidas no tratamento de sementes de soja, e relataram que esta combinação favoreceu o estabelecimento da cultura, mas não alterou o rendimento da lavoura. Portanto, o efeito positivo do tratamento depende de uma combinação de vários fatores, como a fórmula do produto e o modo de ação, e da qualidade física e fisiológica das sementes.

Considerações gerais da propagação de mudas de mandioca por gemas foliares

Um aspecto importante para se adotar um determinado método de multiplicação clonal é o tempo necessário para atingir as metas de produção de mudas. Isso é especialmente importante em mandioca, cujas taxas de propagação anual são muito baixas (1:5 a 1:10, dependendo da variedade) e que, portanto, qualquer método que possa promover melhorias nestas taxas multiplicativas, certamente trará impactos importantes, seja na disseminação de uma nova variedade ou na implantação de grandes lavouras de forma rápida para atender demandas industriais. Assim, independente da variedade e da posição das gemas nas hastes das plantas matrizes, verificou-se que a percentagem de brotação das gemas foliares derivadas de plantas matrizes com quatro e seis MAP foi acima de 82% em comparação com aproximadamente 50% das gemas foliares oriundas de plantas matrizes acima de oito MAP. Esta mesma observação pode ser feita para a altura das mudas (8,83 cm, 11,34 cm e 9,33 cm, respectivamente para as variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09 até os seis MAP em comparação com 6,92 cm, 9,93 cm, e 5,80 cm, respectivamente para as gemas acima dos oito MAP) e teor de matéria seca (0,75 g, 0,91 g, e 0,80 g, respectivamente para as variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09 até os seis MAP em comparação com 0,47 g, 0,48 g, e 0,36 g, respectivamente para as gemas acima dos oito MAP).

Embora não tenha sido contabilizado o número de gemas foliares por época de colheita, é possível especular de forma realística cerca de 30 gemas foliares por planta até os seis MAP. Com isso, considerando plantas com quatro MAP, três ciclos anuais, e em média 80,5% de brotação, seria possível chegar a uma taxa multiplicativa anual de 1:72. Com plantas matrizes com seis MAP e em média 85,7% de brotação, seria possível chegar a uma taxa multiplicativa anual de 1:51. Independentemente da situação adotada as taxas multiplicativas com uso de gemas foliares são muito mais elevadas em comparação ao método tradicional de multiplicação de manivas. Entretanto, outras questões técnicas devem ser levadas em consideração ao adotar este tipo de multiplicação que tem maior custo por requerer investimentos mínimos em casas-de-vegetação ou telados com controle de umidade, além de maior mão-de-obra para produção das mudas.

CONCLUSÃO

1. A produção de mudas de mandioca com uso de gemas foliares é uma estratégia auxiliar para aumentar a taxa de multiplicação da mandioca algumas dezenas de vezes em comparação com a multiplicação convencional por manivas;
2. Maior percentagem de brotação e maior vigor de mudas de mandioca podem ser obtidas com uso de gemas foliares da parte superior das plantas matrizes até seis MAP;
3. O efeito bioativador dos agroquímicos foi bastante efetivo para aumentar a brotação e o vigor das mudas de mandioca derivadas de estacas herbáceas coletadas nas fases juvenis das plantas matrizes, contribuindo para um aumento da capacidade de enraizamento das mudas.

REFERÊNCIAS

- ALADELE, S. E.; KUTA, D. D. Environmental and genotypic effects on the growth rate of in vitro cassava plantlet (*Manihot esculenta*). **African Journal of Biotechnology**, v. 7, p. 381-385, 2008.
- ALVES, A. A. C. **Cassava botany and physiology**. In: HILLOCKS R. J, THRESH J. M, BELLOTTI A. C (eds), Cassava: Biology, Production and Utilization, CABI Publishing, p. 67-89, 2002.
- AMRI, E.; LYARUU, H. V. M.; NYOMORA, A. S.; KANYEKA, Z. L. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. **New Forests**, v. 39, p. 183–194, 2010.
- ARNHOLD, E. Package in the R environment for analysis of variance and complementary analyses. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.50, p. 488-492, 2013.

BONA, C. M.; BIASETTO, I. R.; MASETTO, M.; DESCHAMPS, C.; BIASI, L. A. Influence of cutting type and size on rooting of *Lavandula dentata* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 8-11, 2012.

BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; FRANÇA- NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. J.; ZUCARELI, C. Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, v.37, p.147-153, 2015.

CEBALLOS, H.; IGLESIAS, C. A.; PEREZ, J. C.; DIXON, A. G. O. Cassava breeding: opportunities and challenges. **Plant Molecular Biology**, v. 56, p. 503–516, 2004.

CEBALLOS, H.; KAWUKI, R. S.; GRACEN, V. E.; YENCHO, G. C.; HERSHEY, C. H. Conventional breeding, marker-assisted selection, genomic selection and inbreeding in clonally propagated crops: a case study for cassava. **Theoretical and Applied Genetics** v. 128, p. 1647-1667, 2015.

COCK, J. H.; WHOLEY, D.; LOZANO, J. C.; TORO, J. C. **Sistema rápido de propagación de yuca**. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Series ES-20. p. 13, 1976.

EKWE, K. C.; NJOKU, D. N. Participatory approach: farmers' competence status in the use of improved cassava stem multiplication technology in Nigeria. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**. v. 6, p. 30-34, 2011.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Viveiros Florestais: propagação sexuada. Viçosa: UFV; p. 116, 2011.

GRATIERI-SOSSELLA, A.; PETRY, C.; NIENOW, A. A. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli* L.) (Fabaceae) pelo processo de estaquia. **Revista Árvore**, v.32, p.163-171, 2008.

GRAVES, W. R. IBA, juvenility, and position of ortets influence propagation of Carolina buckthorn from softwood cuttings. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 20, p. 57–61, 2002.

HALSEY, M. E.; OLSEN, K. M.; TAYLOR, N. J.; CHAVARRIAGA-AGUIRRE, P. Reproductive biology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and isolation of experimental field trials. **Crop science**, v. 48, p. 49-58, 2008.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Englewood Clippis, p. 900, 2011.

HENRY, R. S.; JOHNSON, W. G.; WISE, K. A. The impact of a fungicide and an insecticide on soybean growth, yield and profitability. **Crop Protection**. v. 30, p. 1629-1634, 2011.

HORII, P. M.; MCCUE, P.; SHETTY, K. Enhancement of seed vigor following insecticide and phenolic elicitor treatment. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 623-632, 2007.

HUSEN, A.; PAL, M. Metabolic changes during adventitious root primordium development in *Tectona grandis* Linn. f. (teak) cuttings as affected by age of donor plants and auxin (IBA and NAA) treatment. **New Forests**, v. 33, p. 309–323, 2007.

HUSEN, A.; PAL, M. Variation in shoot anatomy and rooting behavior of stem cutting in relation to age of donor plants in teak (*Tectona grandis* Linn. F). **New Forests**, v. 31, p. 57–73, 2006.

IVIC, D. **Curative and eradivative effects of fungicides**. In: CARISSE, O. (ed), Fungicide, Intech Publishers, p.3-22, 2010.

LIU, S. M.; SYKES, S. R.; CLINGELEFFER, P. R. A method using leafed single-node cuttings to evaluate downy mildew resistance in grapevine. **Vitis**, v. 42, p. 173-180, 2003.

MACEDO, W. R.; CASTRO, P. R. de C. Thiamethoxam: molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 100, p. 299-304, 2011.

MAIENWSCH, P.; ANGST, M.; BRANDL, F.; FISCHER, W.; HOFER, D.; KAYSER, H.; KOBEL, W.; RINDLISBACHER, A.; SENN, R.; STEINEMANN, A.; WIDMER, H. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, v. 57, p. 906–913, 2001.

MATOS, C. D. S. M. D.; BARROCAS, E. N.; MACHADO, J. D. C.; ALVES, F. C. Health and physiological quality of corn seeds treated with fungicides and assessed during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, p. 10-16, 2013.

OGERO, K.; GITONGA, N. M.; OMBORI, O.; NGUGI, M. **Cassava production and limitation of propagation through tissue culture**. Contributions of agricultural sciences towards achieving the Millenium Development Goals. FaCT Publishing, p. 148-155. 2010.

OLIVEIRA, V. A.; MARTINS, L. P.; GONÇALVES, R. C.; BENÍCIO, L. P. F.; COSTA, D. L.; LUDWIG, J. Use of seed treatment with fungicide in control of *Colletotrichum truncatum* and physiological quality of soybean seeds *Glycine max*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, p. 98- 106, 2013.

OSENA, G.; AMUGUNE, N. O.; NYABOGA, E. N. Genetic stability of cassava plants regenerated through organogenesis using microsatellite markers. **Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 19-28, 2017.

OSPINA-PATINO, M. T.; EZEDINMA, C. Understanding the linkage of urban and rural markets of cassava products in Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 3804-3813, 2015.

PEREIRA, J. M.; FERNANDES, P. M.; VELOSO, V. R. S. Efeito fisiológico do inseticida thiamethoxam na cultura da cana-de-açúcar. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 77, p. 159–164, 2010.

PERERA, P. I. P.; ORDÓÑEZ, C. A.; LOPEZ-LAVALLE, L. A. B.; DEDICOVA, B. A milestone in the doubled haploid pathway of cassava: A milestone in the doubled haploid pathway of cassava (*Manihot esculenta* Crantz): cellular and molecular assessment of anther-derived structures. **Protoplasma**, v 251, p. 233–246, 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

ROUT, G. R. Effect of auxins on adventitious root development from single node cuttings of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze and associated biochemical changes. **Plant Growth Regulation**, v. 48, p. 111–117, 2006.

SAIFUDDIN, M.; NORMANIZA, O.; RAHMAN, M. M. Influence of different cutting positions and rooting hormones on root initiation and root-soil matrix of two tree species stem cuttings. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 15, p. 427–434, 2013.

SANTANA, M. A. A Simple and low-cost strategy for micropropagation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **African Journal of Biotechnology**, v. 8, p. 3789-3897, 2009.

SOUZA, L.S., FARIAS, R.N. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas – BA. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 817, 2006.

SURYANINGRAT, I. B.; AMILIA, W.; CHOIRON, M. Current condition of agroindustrial supply chain of cassava products: a case survey of East Java, Indonesia. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 3, p. 137-142, 2015.

TAYE, W.; LAEKEMARIAM, F.; GIDAGO, G. Seed germination, emergence and seedling vigor of maize as influenced by pre-sowing fungicides seed treatment. **E3 Journal of Agricultural Research and Development**, v. 3, p. 035-041, 2013.

UKPE, E.; MUSTAPHA, S. M. F. D S. Agricultural knowledge management: a case study of Nigeria cassava production process. **Journal of Agricultural Science and Research**, v 3, p. 11-16, 2016.

VERNOUX, T.; BESNARD, F.; TRAAS, J. Auxin at the shoot apical meristem. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, v. 2, p. 1-14, 2010.

VIDAL, A. M.; VIEIRA, L. J; FERREIRA, C. F.; SOUZA, F. V. D.; SOUZA, A. S.; LEDO, C. A. S. Genetic fidelity and variability of micropropagated cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) evaluated using ISSR markers. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, p. 7759-7770, 2015.

VIEIRA, J. F.; SOARES, V. N.; VILLELA, F. A.; ESPINOLA, J. E.; CASTANHO, F. R.; ALMEIDA, T. L. Use of thiamethoxam as bioactivator on cucumber seed physiological quality and seedling performance. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, p. 317–321, 2014.

ZALESNY, R. S.; HALL, R. B.; BAUER, E. O.; RIEMENSCHNEIDER, D. E. Shoot position affects root initiation and growth of dormant unrooted cuttings of *Populus*. **Silvae Genetica**, v. 52, p. 273–279, 2003.

ZHANG, J.; CHEN, S.; LIU, R.; JIANG, J.; CHEN, F.; FANG, W. Chrysanthemum cutting productivity and rooting ability are improved by grafting. **The Scientific World Journal**, v. 2013, p. 1-7, 2013.

ARTIGO 2**POTENCIAL PRODUTIVO DE PLANTAS DE MANDIOCA PROPAGADAS POR
GEMAS FOLIARES**

Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico *Acta Scientiarum. Agronomy*, em versão na língua inglesa.

Potencial produtivo de plantas de mandioca propagadas por gemas foliares

Autor: Reizaluamar de Jesus Neves

Orientador: Prof. Dr. Eder Jorge de Oliveira

Resumo: Novas técnicas de multiplicação rápida de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) têm sido desenvolvidas e precisam de suporte técnico para uso em maior escala. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônomo em condições de campo de mudas de mandioca obtidas pela técnica de estaquia de gema foliares em comparação com manivas. O trabalho foi conduzido no Recôncavo da Bahia (Cruz das Almas), utilizando o delineamento de blocos completos casualizados em esquema fatorial com 3 variedades (BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09) × 4 origens das mudas (convencional com manivas de 20 cm, gemas foliares coletadas da posição superior, mediana e inferior da haste) × 1 tratamento com agroquímicos (controle e tratado) em 2 repetições com parcelas compostas por 8 plantas cada. As características analisadas foram: peso da parte aérea (PPA); número de ramificações (NR); altura da haste com padrão adequado para plantio (AHP); peso das raízes por planta (PR); número de raízes (NRP); teor de matéria seca nas raízes (DMC). Considerando a origem das mudas, houve um decréscimo acentuado nas características agrônomicas que variou de 23% (NR) a 62% (PPA). Entretanto, a origem das mudas apresentou pouca influência no DMC. O tratamento das mudas com agroquímicos promoveu ganhos significativos para todas as características, que variou de 26% (NRP) a 46% (PPA). A BRS Kiriris foi menos responsiva à multiplicação por gemas foliares, independentemente da posição das gemas foliares. As mudas derivadas de gemas foliares da porção superior e mediana foram capazes de gerar plantas com qualidade de haste similares aquelas derivadas de manivas, sobretudo nos clones mais produtivos (9624-09 e 98150-06). Mesmo apresentando comportamento agrônomo inferior em condições de campo, a multiplicação por gemas foliares é capaz de gerar cerca de cinco vezes o número de propágulos em comparação com a multiplicação convencional, e por isso pode ser uma alternativa viável para multiplicação rápida de mandioca.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, maniva-semente, propagação, vigor.

Productive potential of cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) propagated by leaf buds

Author: Reizaluamar de Jesus Neves

Master's Advisor: Dr. Eder Jorge de Oliveira

Abstract: New techniques of rapid multiplication of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) have been developed and it needs technical support to use on larger scale. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance in field conditions of cassava plantlets obtained by leaf buds cutting technique in comparison with stem cuttings. The work was conducted in the Recôncavo of Bahia (Cruz das Almas) using the randomized block design in factorial scheme with 3 varieties (BRS Kiriris, 98150-06 and 9624-09) × 4 origins of the plantlets (conventional – stem cuttings of 20 cm, leaf buds of the upper, middle and lower stem part) × 1 agrochemicals (control and treated) in 2 replicates with plots of 8 plants. The analyzed characteristics were: shoot weight (PPA), number of branches (NR), height of the stem with suitable pattern for mechanized planting (AHP), weight of roots per plant (PR), number of roots (NRP), dry matter content in the roots (DMC). Considering the origin of the plantlets, there was a remarkable decrease in the agronomic characteristics that ranged from 23% (NR) to 62% (PPA). However, the origin of the plantlets showed low influence in the DMC. The treatment of plantlets with agrochemicals promoted significant gains for all characteristics, ranging from 26% (NRP) to 46% (PPA). The BRS Kiriris was less responsive to leaf bud multiplication, regardless of the position of the leaf buds on stems. The plantlets originating from leaf buds of the upper and middle parts were able to generate stem-like plants similar to stem-derived ones, especially in the more productive clones (9624-09 and 98150-06). Although presenting lower agronomic behavior under field conditions, multiplication by leaf buds may generate about 5 times the number of propagules in comparison with the conventional multiplication, and therefore it could be a viable alternative for rapid multiplication of cassava.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, seed-maniva, propagation, vigor.

INTRODUÇÃO

A ampla adaptabilidade agroecológica faz da mandioca a terceira fonte mais importante de energia nos trópicos (HASIBUAN; NAZIR, 2017). Todavia, alguns gargalos apontados como a baixa taxa de multiplicação do material vegetal continuam ainda sendo um desafio para os melhoristas e produtores de mandioca (CEBALLOS et al., 2015). O método convencional de plantio de mandioca via propagação assexuada por meio de manivas, aliado com o ciclo longo da cultura, têm dificultado o desenvolvimento e implantação dos programas de melhoramento genético da cultura (BREDESON et al., 2016), considerando que são necessários cerca de cinco a seis anos entre a hibridação dos parentais e os ciclos iniciais de avaliação e seleção para finalizar um ciclo de melhoramento (BOONCHANAWIWAT et al., 2011; OKOGBENIN, 2012). Para os produtores, o maior desafio é produzir quantidade suficiente de material de propagação para substituir variedades obsoletas por novas variedade melhoradas nas áreas de plantio. O relatório da FAO (2013) aponta que para obtenção de ganhos no sistema produtivo da mandioca é necessário que ocorra diminuição das restrições relacionadas principalmente com a multiplicação e distribuição do material de plantio, visando a intensificação sustentável da produção da cultura. Nesse sentido, algumas técnicas de propagação têm sido utilizadas para contornar esses problemas.

A técnica de micropropagação *in vitro* de mandioca permite a produção de um número elevado de mudas, principalmente livre de doenças de forma rápida e em menor espaço em comparação com os métodos convencionais de produção de mudas (ALADELE; KUTA, 2008). Porém, alguns dos fatores limitantes dessa técnica referem-se à necessidade de infraestrutura laboratorial, mão-de-obra qualificada e sobretudo, pelo elevado custo de produção destas mudas em comparação com sistemas convencionais de propagação (OGERO et al., 2010). Por outro lado, algumas técnicas alternativas de multiplicação rápida foram desenvolvidas no intuito de aumentar a taxa de propagação de mandioca com menor custo, utilizando manivas com duas ou três gemas, com corte das brotações e posterior enraizamento em água (RODRIGUES et al., 2008), mas trata-se de um trabalho árduo, considerando a necessidade de mão-de-obra intensiva na formação das mudas. Remison et al. (2015) destacaram que uma forma de aumentar a disponibilização de material de plantio em larga escala, na cultura da mandioca,

seria com a redução das unidades nodais da estaca, ou seja, reduzindo o comprimento da maniva.

As hastes da mandioca são formadas por unidades nodais compostas por gemas axilares, as quais são responsáveis pelo desenvolvimento de novos brotos (CEBALLOS, 2002). As folhas das hastes produzem os carboidratos necessários para manutenção das unidades nodais, assim como influencia no crescimento radicular (COCK, 2012). Com isso, a aplicação da técnica de estaquia com gemas foliares para propagação de mandioca torna-se viável, pois permite a multiplicação do material de plantio a partir de uma única folha e uma unidade nodal oriundas de plantas matrizes com quatro ou cinco meses de plantio (BURGOS et al., 2009).

Apesar do potencial como uma nova técnica de multiplicação rápida de mandioca, não foram encontrados na literatura trabalhos que demonstraram o desempenho agrônômico das mudas produzidas a partir da técnica de estaquia com gemas foliares em mandioca. Por outro lado, o desempenho de mudas obtidas de estacas derivadas de plantas micropropagadas à partir de meristemas foi superior em número de raízes de armazenamento e peso por planta em comparação com estacas de plantas cultivadas em campo (ACEDO; LABANA, 2008). Em outras espécies como *Olea europaea* L., Bati et al. (2006) estudaram o desempenho vegetativo e produtivo de plantas micropropagadas em comparação com plantas enxertadas e não-enxertadas, e indicaram que a propagação *in vitro* pode ser uma ferramenta rápida e poderosa nesta espécie, apesar de haver importantes diferenças fenológicas (menor peso e produção de frutos) atribuídas a modificações genéticas induzidas pela propagação *in vitro*.

Na propagação convencional da mandioca em condições de campo Remison et al. (2015) apontaram que a taxa de brotação e o crescimento vegetativo está relacionado com o número de gemas nas estacas, considerando sua relação com o desenvolvimento das raízes e brotos, embora o tamanho do material propagativo não tenha afetado os componentes de produtividade e teor de matéria seca, peso e tamanho das raízes. Porém, o conhecimento sobre o comportamento das mudas, propagadas por estaquia de gemas foliares em mandioca sob condições de campo ainda é escasso, se comparada ao plantio com diferentes tamanhos de manivas. Trabalhos referentes a propagação vegetativa pela técnica de estaquia com gemas foliares, em sua maioria são relacionados apenas até fase de enraizamento de estacas, sendo pouco conhecido os efeitos no crescimento e desenvolvimento das

plantas em condições de campo. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho em condições de campo das mudas de mandioca obtidas pela técnica de estaquia de gema foliar, considerando características agrônomicas de produtividade e qualidade das hastes, em comparação com o método convencional de propagação da mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e preparo das mudas

O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas (BA), localizada a 12°40'19" S e 39°06'22" O, com altitude de 226 m. Foram utilizadas mudas das variedades BRS Kiriris, e dos clones 98150-06 e 9624-09 obtidas com uso de gemas foliares. Para formação das mudas, a parte aérea das plantas matrizes com seis MAP foram coletadas e mantidas em recipientes com água, para posterior redução da lamina foliar (1/3 do tamanho original). Em seguida foi realizada a identificação e separação das gemas foliares (Figura 1) provenientes das diferentes posições na haste (ou seja, terço superior – herbáceo; terço médio – intermediário; terço inferior – lignificado) e posterior corte das estacas em "V" utilizando bisturi esterilizado.

As estacas das gemas foliares foram plantadas em tubetes com capacidade de 290 cm³, contendo uma mistura de vermiculita e areia lavada na proporção 1:1 na parte superior do tubete (1/4 superior), e vermiculita, terra vegetal e fibra de coco na proporção 1:2:1, juntamente com 15 mg de super simples e 15 mg de sulfato de amônio, na parte inferior de cada tubete (3/4 inferior). Essa divisão do substrato no tubete se faz necessária para que as gemas foliares permaneçam inicialmente em substrato inerte e com menor capacidade de retenção de umidade para garantir maior germinação.

As estacas de gemas foliares foram acondicionadas em casa de vegetação com controle de umidade (70%±5%) e temperatura (28°C±2°C) para o desenvolvimento e enraizamento dos brotos. As plantas foram mantidas em casa de vegetação para indução do enraizamento até o momento de atingirem aproximadamente 10 cm de altura, e em seguida as mudas foram mantidas em sombreamento de 50% por cinco dias para posterior transplântio para o campo.

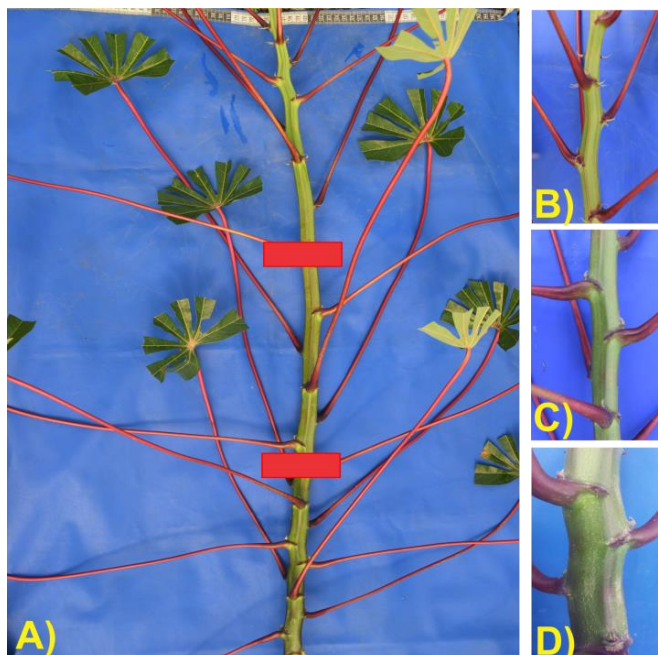


Figura 1. Posição das gemas foliares nas hastes de plantas de mandioca 98150-06 para produção das mudas. (A) visão geral da parte aérea das plantas, (B) gemas foliares do terço superior, (C) gemas foliares do terço mediano, e (D) gemas foliares do terço inferior das plantas.

Também foram produzidas mudas das três variedades a partir de manivas de 20 cm retiradas de hastes com dez MAP. O plantio das manivas foi feito em sacos de 1 kg contendo o seguinte substrato: vermiculita, terra vegetal e fibra de coco na proporção 1:2:1, 75mg de super simples e 75g de sulfato de amônio para cada kg do substrato. As plantas foram mantidas sob telado com sombreamento de 50% para indução do enraizamento por um período de 15 dias para posterior transplântio para o campo.

Foi avaliado também o efeito do uso de agroquímicos com efeito fungicida/inseticida no controle de patógenos causadores de podridão de manivas, considerando que foram feitos cortes nas manivas e gemas foliares, com subsequente exposição do tecido vegetal ao substrato. O tratamento foi constituído por 160 mg de Tiametoxam, além de 7,6 mg de Mefenoxam, 9,5 mg de Fludioxonil e 57 mg de Tiabendazol, diluídos em 100mL de água destilada. As estacas de gemas foliares e as manivas foram submersas na solução por 3 minutos e em seguida plantadas nos tubetes e sacos de 1kg. O controle foi composto por manivas ou gemas foliares não tratadas com os agroquímicos.

A área experimental foi preparada de forma convencional com uma aração e duas gradagens, em seguida, as covas foram abertas manualmente, com enxada, no espaçamento de 0,80 m x 0,80 m, utilizando o sistema de fileiras simples. As mudas foram transplantadas para campo aos 90 dias após a estaquia, sendo o experimento instalado sob o delineamento de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 3 variedades (BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09) x 4 origem das mudas (provenientes de manivas, gemas foliares do terço superior, médio e inferior das plantas matrizes) x 1 tratamento com agroquímicos (controle e tratamento fúngico/inseticida), com duas repetições e parcelas compostas por 8 plantas. Todos os tratamentos culturais necessários foram realizados de acordo com Souza et al. (2006) e o fornecimento suplementar de água foi realizado via irrigação por aspersão quando os teores de água no solo estavam abaixo da capacidade de campo.

Características avaliadas

As avaliações foram realizadas nas oito plantas de cada parcela dez MAP. Antes da colheita das raízes foram avaliadas as seguintes características: 1) peso da parte aérea por planta (PPA); 2) número de ramificações por planta (NR); e 3) altura da haste com padrão adequado para plantio (AHP): medida em metros da porção da haste ideal para plantio. No momento da colheita foram avaliados: 1) peso das raízes por planta (PR); 2) número de raízes por planta (NRP); teor de matéria seca nas raízes (DMC), por meio de amostragem de três raízes selecionadas de diferentes plantas, e posterior secagem em estufa com circulação de ar forçado a 60°C até peso constante.

Análise estatística

Após a coleta dos dados, os mesmos foram convertidos para médias por parcelas. Antes de proceder a análise das variáveis, foi realizada a verificação do atendimento das pressuposições básicas da análise de variância. Em seguida, a análise de variância foi realizada em esquema fatorial triplo, utilizando a função "ea2" do pacote *easynova* (ARNHOLD, 2013) implementado no software R (R DEVELOPMENT TEAM, 2016). Em seguida, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Análise de variância

A análise de variância revelou que as fontes de variação “variedades”, “origem das mudas” e “tratamento com agroquímicos” apresentaram diferenças significativas para todas as características, exceto para DMC, para a qual não houve significância do efeito do tratamento com agroquímicos (Tabela 1). Por outro lado, algumas interações entre as fontes de variação foram significativas, sobretudo para variedade x origem das mudas (PPA, AHP e PR), variedade x tratamento com agroquímicos (PPA e DMC), e origem das mudas x tratamento com agroquímicos (PPA, AHP e PR). Por outro lado, para as características NR e NRP não houve interação entre nenhum dos fatores analisados, evidenciando que os efeitos podem ser analisados separadamente. As estimativas do coeficiente de variação (CV%) apresentaram magnitudes variadas, dependendo da característica avaliada. CV acima de 20% foram identificados para as características PPA (30,74%) e NR (22,92%), enquanto para as características AHP, PR, NRP e DMC os valores de CV ficaram abaixo de 20% (Tabela 1). As características agrônômicas mensuradas neste trabalho sofrem grande influência ambiental (AINA et al., 2007; AKINWALE et al., 2010), e por isso é esperado CV de maior magnitude.

Tabela 1: Resumo da análise de variância para peso da parte aérea (PPA), número de ramificações (NR), altura da haste das plantas (AHP), peso de raízes (PR), número de raízes (NRP) e teor de massa seca das raízes (DMC) em plantas de mandioca propagadas com uso de gemas foliares e manivas.

Fontes de variação	GL ¹	Quadrado Médio					
		PPA	NR	AHP	PR	NRP	DMC
Bloco	1	0,01	0,16	0,01	0,07	0,22	1,92
Variedade (Var)	2	4,40***	3,63***	1,33***	3,02***	3,74***	73,27***
Origem das mudas (OM)	3	4,27***	1,55***	0,47***	5,14***	28,00***	2,74*
Tratamento (Trat)	1	1,72***	3,49***	0,33***	2,67***	12,23***	0,02
Var x OM	6	0,30*	0,37	0,05***	0,14*	0,26	0,80
Var x Trat	2	0,32*	0,23	0,00	0,04	0,47	4,73*
OM x Trat	3	0,25*	0,16	0,02*	0,41**	0,70	1,64
Resíduo	23	0,09	0,20	0,01	0,05	0,39	0,92
CV (%)		30,74	22,92	11,84	18,12	14,55	2,16

¹GL: grau de liberdade; *, **, ***: significativo a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Em relação à fonte de variação “variedade” houve consistência no desempenho agrônomo das três variedades para as características avaliadas, de modo que o clone 9624-09 apresentou maiores estimativas para PPA (1,51 kg planta⁻¹), NR (2,47), AHP (0,87 m), PR (1,76 kg planta⁻¹) e NRP (4,86) (Tabela 2). Para DMC, o clone 98150-06 foi mais responsivo em relação às demais variedades por apresentar 46,17% de matéria seca nas raízes. Dentre as variedades testadas a BRS Kiriris apresentou desempenho agrônomo inferior para todas as características, exceto para NR e NRP, para as quais não houve diferença para o clone 98150-06.

Tabela 2: Médias de características agrônomicas avaliadas em plantas das variedades BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09 produzidas por meio de manivas e com uso de gemas foliares extraídas da posição superior (S), médio (M) ou inferior (I) de hastes, submetidas (TR) ou não (N) ao tratamento com agroquímicos.

Variáveis	PPA (kg planta ⁻¹)	NR	AHP (m)	PR (kg planta ⁻¹)	NRP	DMC (%)
BRS Kiriris	0,46 c	1,52 b	0,33 c	0,89 c	3,95 b	42,05 c
98150-06	1,04 b	1,89 b	0,79 b	1,33 b	4,11 b	46,17 a
9624-09	1,51 a	2,47 a	0,87 a	1,76 a	4,86 a	45,12 b
S	0,86 b	2,11 ab	0,69 b	1,20 b	4,04 b	44,95 a
M	0,68 b	1,79 bc	0,58 c	1,02 bc	3,33 c	44,42 ab
I	0,59 b	1,56 c	0,47 d	0,80 c	3,31 c	43,81 b
Manivas	1,88 a	2,38 a	0,93 a	2,28 a	6,54 a	44,61 ab
N	0,81 b	1,69 b	0,58 b	1,09 b	3,80 b	44,43 a
TR	1,19 a	2,23 a	0,75 a	1,56 a	4,81 a	44,47 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para cada variável e fator não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); PPA - peso da parte aérea; NR - número de ramificações; AHP - altura da haste; PR - peso médio de raízes; NRP - número de raízes e DMC – teor de matéria seca nas raízes.

Considerando a origem das mudas, houve um decréscimo acentuado para as características PPA, PR e NRP, ou seja, 62%, 56% e 46%, respectivamente, na média das plantas provenientes de gemas foliares em relação às plantas obtidas pelo método de propagação convencional por meio de manivas (Tabela 2). Em média, as plantas oriundas das variedades 9624-09, 98150-06 e BRS Kiriris apresentaram PR superior em 75%, 94% e 111%, respectivamente, em comparação com as plantas propagadas por gemas foliares, dentro de cada variedade (Figura 2).



Figura 2. Visão geral das raízes em diferentes variedades de mandioca considerando três variedades e origens do material propagativo. (A, B e C): propagação convencional com manivas de 20 cm; (D, E, F): gemas foliares coletadas da posição superior das plantas matrizes; (G, H, I): gemas foliares coletadas da posição mediana das plantas matrizes; (J, L, M) gemas foliares coletadas da posição inferior das plantas matrizes; (A, D, G, J): variedade BRS Kiriris; (B, E, H, L) clone 98150-06; e (C, F, I, M) clone 9624-09.

Reduções menores de 23% e 37% foram observadas para NR e AHP, respectivamente. Todavia, a origem das mudas apresentou pouca influência no DMC, considerando que apenas as mudas oriundas de gemas foliares da posição inferior das hastes foram diferentes dos demais tratamentos. No total a redução na média das plantas derivadas de gemas foliares em comparação com manivas foi de 0,5%. Sobretudo, para NR, AHP, PR e NRP, houve uma tendência de redução nas características das mudas derivadas de gemas foliares da posição superior para a inferior das plantas matrizes. No futuro, deve-se levar em consideração esta observação para que a comparação com as mudas derivadas dos métodos convencionais de propagação sejam mais similares.

A utilização do tratamento com agroquímicos promoveu ganhos significativos nas médias da maioria das características analisadas (Tabela 2). Os ganhos foram significativos tanto para características da parte aérea (aumento de 46%, 31% e

29% para PPA, NR e AHP, respectivamente), quanto para características de raízes (aumento de 43% e 26% para PR e NRP, respectivamente). Já para DMC não houve influência do tratamento com agroquímicos com as variedades não tratadas, cujas médias foram de 44,47% (tratados) e 44,43% (não tratados). Portanto, o aumento de vigor das plantas proporcionado pelo tratamento com agroquímicos não resultou em alteração no teor de matéria seca das raízes. É notório que a característica DMC em mandioca é influenciada principalmente por diferenças genéticas (KUNDY et al., 2015), sendo que o aprimoramento de tratos culturais e o uso de hormônios ou transgênicos tem resultado em poucos resultados práticos.

Efeito das variedades em relação à origem das mudas

Ao considerar a análise das características que apresentaram interação entre variedades *versus* origem das mudas, verificou-se que o uso de mudas provenientes de gemas foliares, independente da posição de coleta das gemas foliares nas plantas matrizes resultou na redução das características PPA, AHP e PR quando comparado à multiplicação por manivas que tradicionalmente contém entre 5 a 8 gemas (Tabela 3). Em relação ao componente varietal, a BRS Kiriris foi menos responsiva à multiplicação por gemas foliares, independente da posição das gemas foliares para as três características agrônômicas da parte aérea e raiz das plantas de mandioca. Como exemplo, ao considerar a AHP que representa a porção útil da haste da planta que apresenta qualidade para ser propagada em novos plantios, verificou-se que as plantas derivadas de gemas foliares da BRS Kiriris, não produziram hastes com padrão adequado para uso comercial (<0,31 m).

Adicionalmente ao considerar apenas as plantas derivadas de gemas foliares verificou-se que a posição superior das plantas matrizes foi capaz de gerar plantas com maior AHP e PR, sobretudo nos clones de mandioca mais responsivos a exemplo do 9624-09 e 98150-06 (Tabela 3). Em alguns casos, não houve diferença na AHP em plantas derivadas de gemas foliares da posição superior em comparação com as manivas, a exemplo do clone 9624-09 (redução de 7%). No caso do clone 98150-06, houve diferença na AHP das plantas derivadas destes dois últimos métodos de propagação, porém a redução não foi muito acentuada (17%). Com isso, indica-se que a estaquia de gemas foliares seja realizada prioritariamente com as estacas provenientes da posição superior da haste, visando a produção de manivas-sementes com melhor qualidade de plantio.

Tabela 3. Desdobramento da interação variedades de mandioca (BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09) e origem das mudas produzidas (oriundas de manivas ou gemas foliares extraídas do terço superior, médio ou inferior de plantas matrizes de mandioca), para três características agronômicas.

Característica	Variedade	Origem das mudas			
		Gema foliar – superior	Gema foliar – médio	Gema foliar – inferior	Manivas
PPA (kg planta ⁻¹)	BRS Kiriris	0,34 Bb	0,26 Bb	0,21 Bb	1,03 Ca
	98150-06	0,92 Ab	0,76 ABb	0,70 ABb	1,77 Ba
	9624-09	1,31 Ab	1,04 Ab	0,85 Ab	2,84 Aa
AHP (m)	BRS Kiriris	0,31 Bb	0,25 Bb	0,10 Bc	0,79 Ba
	98150-06	0,82 Ab	0,70 Abc	0,67 Ac	0,99 Aa
	9624-09	0,94 Aab	0,78 Abc	0,74 Ac	1,02 Aa
PR (kg planta ⁻¹)	BRS Kiriris	0,76 Cb	0,78 Bb	0,42 Bb	1,61 Ca
	98150-06	1,16 Bb	1,03 ABb	0,86 Ab	2,26 Ba
	9624-09	1,69 Ab	1,27 Abc	1,13 Ac	2,97 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável e variedade não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); PPA - peso da parte aérea; AHP - altura da haste; PR - peso médio de raízes por planta.

Efeito das variedades em função do tratamento com agroquímicos

O tratamento com agroquímicos propiciou aumento da PPA em todas as variedades de mandioca, embora tenha havido aumento significativo, cerca de 0,70 kg planta⁻¹, apenas no clone 9624-09 (Tabela 4). A ausência do tratamento fúngico não resultou em diferença entre os clones 98150-06 e 9624-09 para a característica PPA (0,93 e 1,16 kg planta⁻¹, respectivamente), mas apenas em relação à BRS Kiriris (0,36 kg planta⁻¹). Por outro lado, quando as plantas foram tratadas com os agroquímicos, as três variedades de mandioca apresentaram diferenças entre si para PPA, sendo que os clones 9624-09, 98150-06 e a variedade BRS Kiriris apresentaram 1,86, 1,15 e 0,56 kg planta⁻¹, respectivamente.

Para DMC houve incrementos proporcionado pelo tratamento com agroquímicos no material de propagação apenas na variedade BRS Kiriris (aumento de 1,30%). Em termos varietais o DMC foi semelhante entre os clones 98150-06 e 9624-09, mas superiores à BRS Kiriris (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de médias da interação variedades de mandioca (BRS Kiriris, 98150-06 e 9624-09) em função do tratamento (TR) ou não (N) do material de propagação com agroquímicos, para duas características agronômicas.

Característica	Tratamento	Variedades		
		BRS Kiriris	98150-06	9624-09
PPA (kg planta ⁻¹)	N	0,36 Ab	0,93 Aa	1,16 Ba
	TR	0,56 Ac	1,15 Ab	1,86 Aa
DMC (%)	N	41,40 Bb	46,47 Aa	45,41 Aa
	TR	42,70 Ab	45,88 Aa	44,83 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável e variedade não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). PPA - peso da parte aérea; e DMC – teor de matéria seca nas raízes.

Efeito da origem das mudas em função do tratamento com agroquímicos

De modo geral, observou-se que o tratamento com defensivos nas plantas oriundas da multiplicação por gemas foliares das posições superior e mediano e de manivas com agroquímicos proporcionou incremento para as características agronômicas PPA, AHP e PR (Tabela 5). Os incrementos com o uso dos agroquímicos na PPA variaram de 21%, 13% e 42% nas plantas propagadas por gemas foliares da posição superior, terço mediano e por manivas, respectivamente (Tabela 5). Para a característica AHP, os incrementos variaram entre 30% (gema foliar posição mediana nas plantas matrizes) a 33% (gema foliar posição superior nas plantas matrizes e provenientes de manivas). Aumentos ainda maiores foram observados para PR, ou seja, 34%, 41% e 57% nas plantas propagadas por gemas foliares coletadas da posição superior, posição mediana e por manivas, respectivamente. Plantas oriundas de propagação por gemas foliares coletadas na posição inferior das plantas matrizes responderam positivamente ao tratamento com agroquímicos, mas não houve significância pelo teste de médias (Tabela 5).

Independente do tratamento as plantas derivadas de manivas foram superiores às plantas produzidas por gemas foliares para as três características agronômicas (PPA, AHP e PR). Entretanto, o tratamento com agroquímicos acentuou a superioridade das mudas derivadas de manivas. Por exemplo, as plantas derivadas de manivas apresentaram maior PPA em comparação com aquelas derivadas de gemas foliares (independente da porção da planta matriz) em 17% e 45%, sem e com tratamento com agroquímicos, respectivamente. Para a

característica AHP a superioridade das plantas oriundas de manivas em relação às derivadas de gemas foliares foi de 57% e 65% sem e com tratamento com agroquímicos, respectivamente. Por outro lado, esta diferença foi ainda mais acentuada para PR na qual o material propagativo derivado de manivas e não tratado com defensivos apresentou cerca de 105% a mais de peso de raízes por planta em comparação com as plantas derivadas de gemas foliares. Para as manivas tratadas, este aumento foi ainda maior (141%). Portanto, os agroquímicos promoveram maior vigor e crescimento das plantas, independente do tipo de muda utilizado, porém, percentualmente os efeitos mais marcantes no uso destes agroquímicos ocorreram nas raízes em comparação com as características da parte aérea.

Tabela 5. Análise de médias da interação origem das mudas (oriundas de manivas ou gemas foliares extraídas do terço superior, médio ou inferior de plantas matrizes de mandioca) e tratamento (TR) ou não (N) com agroquímicos, para três características agronômicas.

Característica	Tratamento	Origem das mudas			
		Gema foliar – superior	Gema foliar – médio	Gema foliar – inferior	Manivas
PPA (kg planta ⁻¹)	N	1,20 Bb	1,19 Bb	1,15 Ab	1,39 Ba
	TR	1,46 Ab	1,35 Ab	1,27 Ab	1,98 Aa
AHP (m)	N	0,59 Bb	0,50 Bbc	0,44 Ac	0,80 Ba
	TR	0,79 Ab	0,65 Ac	0,50 Ad	1,07 Aa
PR (kg planta ⁻¹)	N	1,03 Bb	0,85 Bb	0,71 Ab	1,77 Ba
	TR	1,38 Ab	1,20 Abc	0,89 Ac	2,79 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável e variedade não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). PPA - peso da parte aérea; AHP - altura da haste; PR - peso médio de raízes por planta.

DISCUSSÃO

Qualidade experimental e efeitos das variáveis principais

Dependendo das condições experimentais e de ambiente, além do material utilizado pode haver influências negativas importantes na precisão experimental (COUTO et al., 2013). Porém, as características agronômicas estudadas

apresentaram, em sua maioria, valores dos coeficientes de variação classificados como de baixa e média magnitude (PIMENTEL GOMES, 2009) indicando adequada confiabilidade dos resultados. Apenas as características PPA e NR apresentaram CV% de elevada magnitude, porém os valores foram similares aos reportados por Burgos et al. (2009) e Viana et al. (2002) para a variável PPA na cultura da mandioca. Segundo Borges et al. (2010), altos valores referentes ao coeficiente de variação são comumente encontrados quando a variável de estudo esta relacionada a estruturas subterrâneas, o que dificulta o controle ambiental.

As três variedades de mandioca apresentam diferenças quanto aos atributos agronômicos da parte aérea e raiz, as quais podem ser devido ao *background* genético do material. Além de diferenças no *pool* gênico utilizado nos cruzamentos para geração destas variedades, a BRS Kiriris foi selecionada em regiões de caatinga e Mata Atlântica, enquanto os clones 98150-06 e 9624-09 foram selecionados na região do Recôncavo da Bahia. Isto de certa forma pode ajudar a explicar o melhor desempenho dos clones 98150-06 e 9624-09 em comparação com a variedade BRS Kiriris, sobretudo para as características PPA, AHP, PR e DMC, considerando a maior adaptação destes clones no local de avaliação destes experimentos.

Em relação ao desempenho agronômico das plantas oriundas da multiplicação por gemas foliares (com uma gema), foi observado o desenvolvimento de mudas com menor vigor quando comparada à multiplicação convencional por manivas (5 a 8 gemas). Outros autores avaliaram os efeitos do comprimento da maniva (10, 15, 20, 25 e 30 cm) no crescimento e rendimento de raízes em mandioca e relataram que a maioria dos atributos agronômicos reduziram significativamente a medida que se reduziu o comprimento das manivas (REMISON et al., 2015). Bridgemohan e Bridgemohan (2014) avaliaram o efeito do número de gemas na produção e acúmulo de matéria seca nas raízes de mandioca, e demonstraram que o conteúdo inicial de matéria seca (6 a 15 g) e o número de gemas nas manivas (1 a 3) influenciaram significativamente no crescimento e desenvolvimento da cultura. Estes autores observaram que o material propagativo contendo três gemas apresentou quantidade de matéria seca, capaz de influenciar positivamente na produtividade e no acúmulo final de matéria seca nas raízes, quando comparado a manivas com apenas uma única gema. Outro fator que contribui para o melhor desenvolvimento das plantas à partir de manivas de maior

tamanho é o fato de que até os 30 dias após o plantio o crescimento da parte aérea e raízes em mandioca são influenciados pelas reservas presentes na maniva (ALVES, 2002).

Outro importante componente a ser levado em consideração neste trabalho foi o efeito positivo da combinação de agroquímicos (tiametoxam, metalaxil-M, tiabendazol e fludioxonil) no tratamento das gemas foliares e de manivas de mandioca, o que resultou em ganhos significativos para a maioria das características agrônômicas avaliadas durante a colheita dos experimentos. Relatos sobre o uso de agroquímicos como promotores de desenvolvimento em mandioca são escassos. Entretanto, a aplicação de promotores de enraizamento e crescimento em mandioca têm sido reportados da literatura, a exemplo do trabalho de Burgos et al. (2009) que demonstraram que o uso de auxinas no tratamento de estacas de mandioca não alterou de forma significativa o desempenho e a produtividade da cultura. As variações encontradas foram associadas ao desempenho das cultivares per si em detrimento dos tratamentos com hormônios.

Como resultado do presente trabalho, foi demonstrado que o tratamento de manivas ou gemas foliares de mandioca antes do plantio com diversos defensivos químicos com ação fungicida e inseticida, podem não somente proteger as plantas contra ataques iniciais de pragas e doenças, mas também promover vigor e maior desenvolvimento de raiz e parte aérea. Estes resultados corroboram resultados de outras culturas, na qual a utilização de determinados inseticidas promoveu não somente o efeito protetor, mas auxiliar no vigor das plantas a depender da espécie estudada (HORII; SHETTY, 2007). Os benefícios da utilização de fungicidas e/ou inseticidas nos processos fisiológicos das plantas têm sido demonstrados em diversos trabalhos, possibilitando não só melhor resposta de defesa das plantas (LARSEN; FALK, 2013) como potencializando o vigor e estabelecimento de plântulas no campo (ABATI et al., 2014).

Mesmo com o aumento da produtividade de raízes e do crescimento vegetativo promovido pelo uso dos agroquímicos, não houve aumento proporcional e significativo no teor de matéria seca das raízes. Kundy et al. (2015) relataram que esta característica é influenciada principalmente por fatores genéticos, com controle de poucos genes, e cujos esforços feitos pelo melhoramento da cultura pode ser uma alternativa mais viável para proceder maiores mudanças nos seus teores em comparação com outros métodos culturais. Além, disso métodos alternativos de

propagação rápida de mandioca tendem a priorizar o desenvolvimento da parte aérea em detrimento da produção de raízes, que neste processo, seria uma característica secundária de avaliação.

Variedades de mandioca possuem respostas diferenciais em função da origem das mudas

As variedades de mandioca responderam de forma diferente aos tipos de mudas desenvolvidas, considerando os aspectos genéticos inerentes aos materiais avaliados na qual os clones 9624-09 e 98150-06 foram mais responsivos em comparação com a BRS Kiriris. Além disso, dependendo da origem das mudas (manivas ou gemas foliares), as variedades apresentaram comportamentos discrepantes, por exemplo para PPA houve diferença para as três variedades ao se comparar as plantas derivadas de manivas, porém apenas a 9624-09 e BRS Kiriris apresentaram diferenças nas plantas oriundas de gemas foliares da posição mediana e inferior das manivas (Tabela 3). De acordo com Hartmann et al. (2011) o suprimento dos nutrientes presentes nas estacas influencia no padrão do desenvolvimento das mudas havendo, portanto, favorecimento das plantas derivadas de material propagativo com mais reservas. Por outro lado, Fogaça et al. (2010) argumentaram que o processo de tuberização da mandioca depende da interação de fatores endógenos e ambientais, com grande variação entre as cultivares. Assim, observa-se que as diferenças entre os tratamentos para as características avaliadas neste trabalho podem ter sido influenciadas pela diferença na composição dos nutrientes presentes nas manivas e gemas foliares aliados a constituição genética das variedades.

O desempenho agrônômico superior de plantas oriundas de manivas quando comparado ao desempenho de plantas propagadas por gemas foliares, pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes nas manivas em relação aos materiais de propagação com uma única gema foliar. Sabe-se que no processo de enraizamento das estacas há uma grande demanda de nutrientes para sustentar todos os processos metabólicos e fisiológicos necessários para o desenvolvimento das plântulas. Como nas manivas existe uma maior quantidade de substâncias de reserva, as plantas se desenvolvem mais rápido quando comparadas a plantas propagadas por gema foliar. De fato, Yomeni et al. (2012) relataram que diferenças de vigor na parte aérea das plantas de mandioca podem afetar o balanço dos

nutrientes de reservas necessários para o crescimento inicial das plantas. Isso de certa forma ajuda a explicar o melhor desempenho das plantas derivadas de manivas.

As plantas propagadas por gemas foliares apresentaram desempenho diferenciado em condições de campo em função da posição de coleta das gemas na planta matriz. A origem da estaca influencia a taxa de enraizamento, e por consequência modifica a qualidade da muda (BONA et al., 2012). Neste trabalho as mudas derivadas de gemas foliares da parte superior das plantas matrizes apresentaram as maiores médias para as variáveis PPA, AHP e PR, porém foram observadas diferenças significativas apenas para a AHP nas variedades 98150-06 e 9624-09, e para PR na variedade 9624-09. O melhor desempenho obtido com as estacas da posição apical pode estar relacionado a maior atividade de células meristemáticas presentes nessa região, assim como maiores níveis de hormônios internos e cofactores (HARTMANN et al., 2011). A variação no enraizamento das mudas relacionada a posição de coleta das estacas tem sido reportada em outras espécies (HUSEN, 2004; HUGHES; SMITH, 2014). Zalesny et al. (2003) relataram que o enraizamento das estacas é o requisito biológico mais importantes para o estabelecimento das plantas com consequente manutenção do estande, e por isso é preciso utilizar material propagativo que possam garantir alta taxa de brotação e formação de raízes.

Variedades de mandioca podem apresentar respostas diferenciadas ao uso de agroquímicos

Naturalmente as variedades de mandioca apresentam características distintas em função do seu *background* genético, que podem resultar em diferentes respostas a fatores externos, como o uso de agroquímicos. Por exemplo, para a característica PPA, somente o clone 9624-09 apresentou resposta significativa ao tratamento com agroquímicos, enquanto para DMC apenas a BRS Kiriris apresentou diferença positiva entre as mudas tratadas e o controle. Esse efeito pode ser atribuído ao fato de que o uso de agroquímicos pode ocasionar modificação em determinadas vias metabólicas, considerando que a economia de energia que seria gasta no reparo celular como resposta de defesa ao ataque de patógenos ou condição de estresse, pode ser alocada para o crescimento e manutenção de tecidos vegetais (AFIF et al., 2014). Alguns autores têm relatado que as respostas dos agroquímicos podem variar de acordo com a espécie (MACEDO; CASTRO, 2011) e até mesmo entre

cultivares de uma mesma espécie (ABATI et al., 2014). Em espécies de propagação clonal como o pessegueiro, a variação na taxa de enraizamento em função da concentração do regulador de crescimento, variou entre diferentes cultivares (TSIPOURIDIS et al., 2005). Assim, a resposta diferenciada das cultivares de mandioca ao uso de agroquímicos não foi uma resposta incomum para este tipo de investigação.

Como não foram observados efeitos negativos do tratamento com agroquímicos nas variedades, novas pesquisas devem ser realizadas para explorar o efeito do aumento das dosagens dos agroquímicos em variedades que apresentam dificuldade no enraizamento das estacas e menor vigor inicial no estabelecimento da cultura. Neste processo, a potencialização do efeito dos reguladores vegetais no tratamento de estacas de mandioca deve ser feita com a manutenção da disponibilidade de água e nutrientes no início do plantio (SOUZA et al., 2010), sobretudo, considerando que as mudas derivadas de gemas foliares são bastante sensíveis no processo de implantação dos campos de multiplicação e que o plantio em condições de sequeiro pode resultar em fracasso deste sistema.

Dependendo da origem o uso de agroquímicos pode potencializar o crescimento de mudas de mandioca

Considerando que a utilização de reguladores vegetais estimula o desenvolvimento do sistema radicular, de modo a permitir que as plantas aumentem a capacidade de absorção de água e nutrientes do solo, essenciais para o estabelecimento da planta (SILVA et al., 2014), verificou-se que o tratamento com agroquímicos pode aumentar o rendimento dos plantios comerciais de mandioca para diversos atributos agronômicos, sobretudo em plantas derivadas de manivas e de gemas foliares da parte superior e mediana das plantas matrizes. Esta resposta diferencial do uso de agroquímicos em função da origem do material vegetal, provavelmente se deve ao fato de que as mudas derivadas de gemas foliares da porção inferior das hastes matrizes, são mais lignificadas e com ausência de cofatores necessários ao enraizamento ou até mesmo a presença de compostos que inibem a formação de raízes necessárias para a manutenção e nutrição destas mudas (HARTMANN et al., 2011). Neste último tipo de muda, mesmo tendo havido uma melhoria em algumas características agronômicas de desempenho quando os agroquímicos foram utilizados (1,15 para 1,27 kg planta⁻¹ de PPA; 0,44 para 0,50 m

de AHP, e 0,71 para 0,89 kg planta⁻¹ de PR, em mudas controles e tratadas com agroquímicos), estas diferenças não foram significativas pelo teste de médias. Portanto, os níveis endógenos de fitorreguladores e também a maior lignificação dos tecidos das estacas da parte inferior da planta matriz, podem ter inibido o efeito do tratamento com agroquímicos, considerando que a enzima responsável pela síntese de lignina atua também na degradação da auxina (HARTMANN et al., 2011).

O ácido indol butírico (IBA) é uma das auxinas sintéticas mais utilizadas no tratamento de estacas visando estimular o desenvolvimento das raízes e por consequência maior crescimento das mudas (EL-ESLAMBOLY, 2014). Em mandioca o tratamento com agroquímicos promoveu aumento no desenvolvimento e crescimento das mudas, sendo seu efeito mais evidente nas manivas com 20 cm. Isso pode estar relacionado a maior área de contato da maniva com os agroquímicos, de modo que maiores níveis de hormônios e cofatores endógenos tenham sido produzidos e interagido positivamente com o tratamento exógeno, resultando em maiores incrementos nas características agronômicas analisadas no momento da colheita destas plantas (HARTMANN et al., 2011). O desempenho na formação das mudas depende das posições de coleta do material vegetal, pois a indução do enraizamento está relacionada com a diferença do estado nutricional da planta matriz. Saifuddin et al. (2013) estudaram os efeitos da aplicação de reguladores vegetais em diferentes posições de coleta do material propagativo em duas espécies de árvores (*Leucaena leucocephala* e *Peltophorum pterocarpum*), e constataram efeitos positivos ao utilizarem estacas da posição basal tratadas com auxinas sintéticas. De acordo com os autores, este tipo de material propagativo possui maior armazenamento de carboidratos e atividade organogênica em comparação com as demais posições de coleta no ramo. Por outro lado, Ezekiel (2010) apontaram que estacas com maior grau de lignificação requerem maiores dosagens de reguladores vegetais para promover o enraizamento das estacas.

De modo geral, há uma grande discrepância sobre o tipo de material propagativo ideal para produção otimizada de mudas em larga escala em diversas espécies vegetais, considerando que em algumas delas os resultados mais promissores advêm do uso de estacas basais e medianas (AMRI et al., 2010), enquanto outros relataram melhor desempenho com uso de estacas apicais (WENDLING et al., 2016). Até mesmo na cultura da mandioca existem resultados contrastantes dependendo do tipo de material utilizado para a propagação da

espécies, pois no presente trabalho verificou-se que mudas derivadas de gemas foliares da porção superior da planta (mais herbáceas) tendem a resultar em mudas mais vigorosas em comparação com gemas foliares da parte inferior da planta matriz. Por outro lado, quando a propagação é feita por manivas, alguns autores têm relatado que o uso da porção inferior das hastes em plantios em campo resultou em maior rendimento de raízes e parte aérea com comparação com as demais partes da haste (YOMENI et al., 2012).

Perspectivas para multiplicação rápida de mandioca com uso de gemas foliares em larga escala

Um dos principais desafios que dificultam a difusão de novas variedades de mandioca e a expansão do plantio para diferentes áreas é a baixa taxa de multiplicação convencional por manivas, que atualmente varia entre 1:5 a 1:10 dependendo da variedade (CEBALLOS et al., 2011). Por outro lado, considerando a viabilidade das gemas foliares e a taxa de brotação, seria possível chegar a uma taxa multiplicativa anual de 1:51 a 1:72, dependendo da variedade e do material de origem (dados não publicados). Portanto, o método de propagação por gemas foliares é muito interessante para se ganhar escala na produção de material básico. Entretanto, em comparação com o método convencional de plantio por meio de manivas, o desempenho agrônomico das plantas oriundas de gemas foliares em condições de campo, independentemente da porção de extração das gemas nas plantas matrizes foi menor para todas as variedades. Assim, no processo de multiplicação de mandioca com o uso de gemas foliares deve utilizar um sistema de produção diferente daquele adotado por manivas. Além disso, esta técnica também não deve ser utilizada com a finalidade de servir como material propagativo para plantios comerciais visando a produção de raízes, tendo em vista o menor potencial produtivo em comparação com as plantas derivadas de manivas.

Se considerarmos os dados obtidos neste estudo sobre o número médio de ramificações por planta e a altura das hastes úteis para uso em plantios comerciais, seria possível obter 13,8 e 7,7 manivas por planta (com 16 cm de comprimento) nas plantas oriundas de manivas e gemas foliares (considerando apenas plantas oriundas da porção superior e mediana das plantas matrizes), respectivamente. Ainda, considerando uma taxa multiplicativa média entre os métodos de 1:7 (manivas) e 1:61 (gemas foliares) e um ciclo de dois anos para entrega do material

vegetal aos agricultores (primeiro ano para geração das mudas e um segundo ano para multiplicação em campo) a taxa multiplicativa seria de 1:97 e de 1:472 nos métodos de propagação por manivas e gemas foliares, respectivamente. Portanto a eficiência da multiplicação por gemas foliares seria cerca de 5 vezes superior à propagação por manivas, entregando o material vegetal com a mesma qualidade aos produtores. Além disso, na colheita das variedades multiplicadas ainda seria possível gerar cerca de 17,3 e 35,6 t.ha⁻¹ de raízes nos métodos de propagação por gemas foliares e manivas, respectivamente, o que certamente poderia contribuir para redução dos custos de produção das hastes e ao mesmo tempo produzir uma quantidade muito maior de material propagativo.

Os resultados obtidos no presente estudo trazem informações importantes para a otimização do sistema de produção de material propagativo de mandioca de forma rápida via uso de gemas foliares. Apesar do menor potencial produtivo da parte aérea e raízes em comparação com as mudas derivadas das de manivas de 20 cm, este estudo relaciona indicadores agronômicos importantes para serem levados em consideração na montagem de um novo sistema de produção de material propagativo de mandioca com o uso de gemas foliares.

CONCLUSÕES

1. Plantas de mandioca derivadas de manivas com 20 cm de comprimento, apresentaram melhor desempenho agronômico para atributos da parte aérea e raízes em comparação com mudas derivadas de gemas foliares;
2. Plantas obtidas pela técnica de gemas foliares do terço superior e mediano das hastes das plantas matrizes foram mais promissoras para serem utilizadas como novo método de propagação rápida de mandioca;
3. O tratamento do material de plantio com agroquímicos permitiu melhor estabelecimento das plantas em condições de campo, independente da origem das mudas, promovendo maior incremento da parte aérea e produtividade de raízes;
4. Em comparação com as plantas derivadas de manivas, o método de propagação por gemas foliares pode fornecer cerca de cinco vezes mais propágulos por unidade de área, além de aproximadamente metade da produção de raízes.

REFERÊNCIAS

ABATI, J.; ZUCARELI, C.; FOLONI, J. S. S.; HENNING, F. A.; BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A. Treatment with fungicides and insecticides on the physiological quality and health oh wheat seeds. **Journal of Seed Science**, v.36, p.392-398, 2014.

ACEDO, V. Z.; LABANA, C. U. Rapid propagation of released Philippine cassava varieties through tissue culture. **Journal of Root Crops**, v. 34, p. 108–114, 2008.

AFIFI, M.; LEE. E.; LUKENS, L.; SWANTON, C. Thiamethoxam as a seed treatment alters the physiological response of maize (*Zea mays*) seedlings to neighbouring weeds. **Pest Management Science**, v. 71, p. 505-514, 2014.

AINA, O. O.; DIXON, A. G. O.; AKINRINDE, E. A. Genetic variability in cassava as it influences storage root yield in Nigeria. **Journal of Biological Sciences**, v. 7 p. 765-770, 2007.

AKINWALE, M. G.; AKINYELE, B. O.; DIXON, A. G. O.; ODIYI, A. C. Genetic variability among forty-three cassava genotypes in three agroecological zones of Nigeria. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 2, p. 104-109, 2010.

ALADELE, S. E.; KUTA, D. D. Environmental and genotypic effects on the growth rate of in vitro cassava plantlet (*Manihot esculenta*). **African Journal of Biotechnology**, v. 7, p. 381-385, 2008.

ALVES, A. A. C. **Cassava botany and physiology**. In: HILLOCKS R. J, THRESH J. M, BELLOTTI A. C (eds), Cassava: Biology, Production and Utilization, CABI Publishing, p. 67-89, 2002.

AMRI, E.; LYARUU, H. V. M.; NYOMORA, A. S.; KANYEKA, Z. L. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. **New Forests**, v. 39, p. 183–194, 2010.

ARNHOLD, E. Package in the R environment for analysis of variance and complementary analyses. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.50, p. 488-492, 2013.

BATI, C. B.; GODINO, G.; MONARDO, D.; NUZZO, V. Influence of propagation techniques on growth and yield of olive trees cultivars 'Carolea' and 'Nocellara Etnea'. **Scientia Horticulturae**, v. 109, p. 173–182, 2006.

BONA, C. M.; BIASETTO, I. R.; MASETTO, M.; DESCHAMPS, C.; BIASI, L. A. Influence of cutting type and size on rooting of *Lavandula dentata* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 8-11, 2012.

BOONCHANAWIWAT, A.; SRAPHET, S.; BOONSENG, O.; LIGHTFOOT, D. A.; TRIWITAYAKORN, K.; QTL underlying plant and first branch height in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Field Crops Research** v. 121, p. 343–349, 2011.

BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 643-649, 2010.

BREDESON, J. V.; LYONS, J. B.; PROCHNIK, S. E.; WU, G. A.; HÁ, C. M.; EDSINGER-GONZALES, E.; GRIMWOOD, J.; SCHMUTZ, J.; RABBI, I. Y.; EGESI, C. Sequencing wild and cultivated cassava and related species reveals extensive interspecific hybridization and genetic diversity. **Nature Biotechnology**, v. 34, p. 562–570, 2016.

BRIDGEMOHAN, P.; BRIDGEMOHAN, R. S. H. Effect of initial stem nodal cutting strength on dry matter production and accumulation in cassava. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 6, p. 67-72, 2014.

BURGOS, A. M.; CENÓZ, P. J.; PRAPRAUSE, J. Efecto de la aplicación de auxinas sobre el proceso de enraizamiento de estacas de dos cultivares de mandioca

(*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 9 p. 539-546, 2009.

CEBALLOS H, DE LA CRUZ G. **Taxonomía y morfología de la yuca**. In OPSINA B, CEBALLOS H, ed. La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT. p. 17-33, 2002.

CEBALLOS, H.; KAWUKI, R. S.; GRACEN, V. E.; YENCHO, G. C.; HERSHEY, C. H. Conventional breeding, marker-assisted selection, genomic selection and inbreeding in clonally propagated crops: a case study for cassava. **Theoretical and Applied Genetics** v. 128, p. 1647-1667, 2015.

CEBALLOS, H.; RAMIREZ, J.; BELLOTTI, A. C.; JARVIS, A.; ALVAREZ, E. **Adaptation of cassava to changing climates**. In: YADAV, S. S.; REDDEN, R. J.; HATFIELD, J. L.; LOTZE-CAMPEN, H.; HALL, A. E. (ed), Crop adaptation to climate change. Wiley-Blackwell, Oxford, UK; p. 411-425, 2011.

COCK, J. H. **A basic energy source in the tropics**. In: HOWELER, R. H. (ed), The Cassava Handbook. A reference manual based on the Asian regional cassava training course held in Thailand, (CIAT Publication), p. 23–38, 2012.

COUTO, M. F.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Classification of the coefficients of variation for sugarcane crops. **Ciência Rural**, v. 43, p. 957-961, 2013.

EL-ESLAMBOLY, A. A. S. A. Effect of watermelon propagation by cuttings on vegetative growth, yield and fruit quality. **Egyptian Journal of Agricultural Research**, v. 92, p. 553-579, 2014.

EZEKIEL, A. Viable options and factors in consideration for low cost vegetative propagation of tropical trees. **International Journal of Botany**, v. 6, p. 187–193, 2010.

FOGAÇA, C. M.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; CORDEIRO, D. C.; CORREIA, T. D.; FINGER, F. L.; OTONI, W. C.; CARGNIN, A. Microtuberização in vitro de cultivares

de mandioca: aspectos morfológicos e anatômicos. **Acta Botanica Basilica**, v. 24, p. 624-630, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Save and Grow: Cassava**. A guide to sustainable production intensification. Rome, p. 37-57, 2013.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Englewood Clippis, p. 900, 2011.

HASIBUAN, S.; NAZIR, N. The development strategy of sustainable bioethanol industry on iconic Sumba island, Eastern Indonesia. **International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology**, v. 7, p. 276-283, 2017.

HORII, P. M.; SHETTY, K. Enhancement of seed vigor following insecticide and phenolic elicitor treatment. **Bioresource Technology**, v.98, p.623-632, 2007.

HUGHES, M. A.; SMITH, J. A. Vegetative propagation of putatively laurel wilt-resistant redbay (*Persea borbonia*). **Native Plants**, v. 15, p. 42–50, 2014.

HUSEN, A. Clonal propagation of *Dalbergia sissoo* Roxb. by softwood nodal cuttings: effects of genotypes, application of IBA and position of cuttings on shoots. **Silvae Genetica**, v. 53, p. 50–55, 2004.

KUNDY, A. C.; MKAMILO, G. S.; MISANGU, R. N. Genetic variability among six traits in twelve cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes in southern Tanzania. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 5, p. 33-38, 2015.

LARSEN, R. J.; FALK, D. E. Effects of a seed treatment with a neonicotinoid insecticide on germination and freezing tolerance of spring wheat seedlings. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 93, p. 535-540, 2013.

MACEDO, W. R.; CASTRO, P. R. de C. Thiamethoxam: molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 100, p. 299-304, 2011.

OGERO, K.; GITONGA, N. M.; OMBORI, O.; NGUGI, M. Cassava production and limitation of propagation through tissue culture. **Contribution of Agricultural Sciences towards achieving the Millenium Development Goals**, v. 1, p. 148 -155, 2010.

OKOGBENIN, E.; KAHYA, S. S.; FREGENE, M. **Use of biotechnology tools in cassava breeding**. In: HOWELER, R. H. (ed), The Cassava Handbook. A reference manual based on the Asian regional cassava training course held in Thailand, (CIAT Publication), p. 119–145, 2012.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, p. 451, 2009.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REMISON, S. U.; OMORODION, E.; EIFEDYI, E. K. A re-examination of the effects of length of stem cuttings on the growth and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Nigerian Annals of Natural Sciences**, v. 15, p. 9-13, 2015.

RODRIGUES, A. R.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; RODRIGUES, G. S.; BARROS, M. M. Avaliação da capacidade de enraizamento, em água, de brotações, ponteiros e estacas herbáceas de clones de mandioca de mesa. **Agro@mbiente On-line**, v.2, p.37-45, 2008.

SAIFUDDIN, M.; NORMANIZA, O.; RAHMAN, M. M. Influence of different cutting positions and rooting hormones on root initiation and root-soil matrix of two tree

species stem cuttings. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 15, p. 427–434, 2013.

SILVA, J. V.; MIGLIORANZA, É.; DE OLIVEIRA, E. C.; FELTRAN, J. C. Mandioca 'IAC 14' tratada com reguladores vegetais e bioestimulante. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 10, p. 38-48, 2014.

SOUZA, L.S., FARIAS, R.N. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas – BA. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 817, 2006.

SOUZA, M. J. L. D.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS, R. C. D.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 45-53, 2010.

TSIPOURIDIS, C.; THOMIDIS, T.; MICHAILIDES, Z. Influence of some external factors on the rooting of GF677, peach and nectarine shoot hardwood cuttings. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 45, p. 107–113, 2005.

VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T.; LOPES, S. C.; CECON, P. R.; DA SILVA, A. A. Avaliação de métodos de preparo de manivas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Ciência e Agrotecnologia**, Edição Especial, p. 1383-1390, 2002.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Araucaria clonal forestry: types of cuttings and mother tree sex in field survival and growth. **Revista Cerne**, v. 22, p. 19-26, 2016.

YOMENI, M. O.; AKORODA, M. O.; DIXON, A. G. O. **Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) stems quality for root production effectiveness**. In: Proceedings of the 11th triennial Symposium of the ISTRC-AB held at Memling Hotel: Tropical roots and tuber crops and the challenges of globalization and climate changes, p. 261-269, 2012.

ZALESNY, R. S.; HALL, R. B.; BAUER, E. O.; RIEMENSCHNEIDER, D. E. Shoot position affects root initiation and growth of dormant unrooted cuttings of *Populus*. **Silvae Genetica**, v. 52, p. 273–279, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação de alternativas para melhoria na taxa de multiplicação da mandioca é de grande importância, considerando a lenta taxa de propagação em comparação com outras culturas. Este estudo demonstrou que a propagação rápida de mandioca utilizando gemas foliares apresenta potencial para ser incorporada como alternativa na produção de material de plantio em larga escala. A utilização de estacas da posição superior de plantas matrizes juvenis, tratadas com agroquímicos permitiu o desenvolvimento de maior quantidade de mudas com qualidade em curto espaço de tempo comparado ao método tradicional de propagação de mandioca. Embora as mudas obtidas com a estaquia de gemas foliares tenham apresentado menor rendimento quando comparadas as plantas do método convencional, em condições favoráveis, a técnica de estaquia de gemas foliares pode fornecer, no primeiro ciclo de plantio, além de material propagativo uma produtividade razoável de raízes tuberosas, já no segundo ciclo de plantio o aumento da taxa de propagação pode aumentar em até cinco vezes.

Os resultados obtidos, portanto, demonstram que a propagação de mandioca com gemas foliares é um método promissor para auxiliar no desenvolvimento e implantação dos programas de melhoramento genético da cultura e no lançamento de material de propagação para substituir variedades obsoletas por novas variedades melhoradas nas áreas de plantio, auxiliando no rápido estabelecimento industrial para exploração comercial de grandes áreas de plantio. Dessa forma torna-se possível atender a crescente demanda do mercado da cultura, com a oferta de manivas-semente com elevada qualidade genética e fitossanitária, garantindo à estruturação do funcionamento da cadeia produtiva da mandioca, aliada a competitividade do setor.