

## INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE NA CULTURA DA MANDIOCA

Genotype environment interaction of cassava crop production

Magno Luiz de ABREU<sup>1</sup>Silvio José BICUDO<sup>1,2</sup>Elizeu Luiz BRACHTVOGEL<sup>1</sup>Felipe CURCELLI<sup>3</sup>Eduardo Barreto AGUIAR<sup>1</sup>**RESUMO**

No Brasil, a mandioca tem grande importância econômica e social, constituindo-se num dos principais produtos básicos da alimentação da população, principalmente na forma de farinha, mas com grande potencial também para o consumo *in natura*. A mesma é cultivada em terras baixas (<2000m) das regiões equatoriais ou tropicais, principalmente no Brasil (com destaque para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste). Por isso, a mandioca é freqüentemente cultivada em agricultura de subsistência por apresentar bom desenvolvimento em solos pobres, resistência a pragas e doenças e adaptação há diferentes regiões edafoclimáticas. O gênero *Manihot* e sua alta heterozigosidade é o mais favorecido pelos cruzamentos naturais intra-específicos, dessa forma resultou em grande número de variedades com características de adaptação a condições de ambiente e morfologia diferenciadas e variadas. Assim, esta revisão tem por intuito analisar os principais fatores que afetam e influenciam no cultivo da mandioca, frente às mudanças nas condições ambientais, bem como seus mecanismos de adaptação e variabilidade genética da cultura e seu reflexo na produtividade.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta*, condições edafoclimáticas, adaptação, variabilidade genética.

**SUMMARY**

In Brazil, cassava has great economic and social importance, been one of the main products for human alimentation, mainly in floor form, but with great potential for *in natura* consumption. The cassava is cultivated in lowlands (<2000m) of tropics, specially in Brazil, (mainly at North, North-West and Central-West regions). Therefore, the cassava is frequently cultivated in subsistent agriculture, because good development in poor soils, pest and diseases resistance and wide adaptation to different regions. The high variability of *Manihot* species was promoted by intra-specific crosses, resulting in many varieties different morphologicaly and with wide adaptation to different edafoclimatic regions. Thus, the aim of this review is to analyze the main factors influencing the cassava culture, as on the climate change context as adaptation mechanisms, genetic variability and yield consequences.

**Keywords:** *Manihot esculenta*, edaphoclimatic conditions, adaptation, genetic variability.

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP). Caixa Postal 237, CEP 18603-970 – Botucatu-SP. e-mail: magno\_abreu@fca.unesp.br, elizeub@fca.unesp.br, aguiareb@fca.unesp.br .

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP). Caixa Postal 237, CEP 18603-970 – Botucatu-SP. e-mail: sjbicudo@fca.unesp.br.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP). Caixa Postal 237, CEP 18603-970 – Botucatu-SP. e-mail: curcelli@fca.unesp.br.

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertencente à família Euforbiácea, sendo uma importante cultura tropical, e constitui uma das principais fontes de alimentação humana consumida por cerca de 500 milhões de pessoas em todo o mundo, utilizada na alimentação animal e na indústria de processamento (FAO 2002; TAKAHASHI & GONÇALO, 2005). A mandioca é cultivada em terras baixas (<2000m) das regiões equatoriais ou tropicais, principalmente no Brasil (com destaque para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste). No Brasil, a cultura ocupa uma área de 1,6 milhões de hectares, atingindo uma produção de 21,8 milhões de toneladas de raízes tuberosas (FAO, 2002). É cultivada também no Oeste da Índia, África e nos países asiáticos (HERSHEY & AMAYA, 1989). O gênero *Manihot* é um táxon americano com o centro de origem e domesticação ainda em discussão. Duas espécies apresentam importância econômica: a *Manihot esculenta* Crantz (mandioca), com raízes tuberosas para produção de farinha, amido e consumo in natura, e *M. glaziovii*, para produção de látex. A mandioca é frequentemente cultivada em agricultura de subsistência por apresentar bom desenvolvimento em solos pobres, resistência a pragas e doenças e adaptação há diferentes regiões edafoclimáticas (HERSHEY, 1992). O gênero *Manihot* e sua alta heterozigiosidade é o mais favorecido pelos cruzamentos naturais intra-específicos, dessa forma resultou em grande número de variedades com características de adaptação a condições de ambiente e morfologia diferenciadas e variadas (LORENZI, 2003).

Neste sentido, esta revisão tem por objetivo explicar algumas características desta planta e interação com ambiente e as diferentes respostas fenotípicas, frente a mudanças nas condições

ambientais, bem como seus mecanismos de adaptação e variabilidade genética da cultura e seu reflexo na produtividade.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### Variabilidade Genética

A grande variabilidade genética existente nos cultivos apresenta características favoráveis para a conservação in situ e estudos de diversidade genética e evolução. As plantas cultivadas, principalmente etnovarietades, representam uma forma de recurso genético que deve ser preservado e conservado, pois poderá ser utilizado pelos melhoristas em programas de melhoramento, especialmente na transferência de caracteres qualitativos (FARALDO ET AL, 1999).

O Brasil é considerado o principal centro de diversidade e a Amazônia, o provável centro de origem da espécie (ALLEM, 1994). A caracterização e avaliação do germoplasma, quanto ao seu potencial de uso, segundo (MORALES 1995), representam um componente estratégico para as atividades de pesquisa e desenvolvimento, agregando valor ainda maior, se estiver adicionado ao conhecimento e o interesse social e industrial. A importância da mandioca, sob o ponto de vista genético, nesse sistema de agricultura está relacionada com a presença de um grande número de variedades por roça, sendo importante fonte de diversidade genética, principalmente para características específicas (únicas) não encontradas nos materiais melhorados (COSTA et al, 2003).

Os acessos de mandioca do Brasil estão distribuídos em sete bancos ativos de germoplasma regionais, localizados na Amazônia (Oriental e Ocidental), Tabuleiros Costeiros, Semi-árido, Cerrados, Subtrópico e em Campinas-SP. Apesar da reconhecida variabilidade genética existente nesses bancos, o

germoplasma de mandioca tem sido pouco estudado, sob o ponto de vista genético. É importante conhecer a maneira como essa variabilidade está distribuída. É essencial conhecer a estrutura genética, uma vez que, os padrões de distribuição da variabilidade genética estão correlacionados com o sistema reprodutivo. A escassez de informações, principalmente aquelas relacionadas à caracterização genética e a carência de estudos sobre o conhecimento da diversidade genética das espécies, com potencial econômico para a região, faz com que a conservação e caracterização de germoplasma tornem-se necessária, visando assegurar informações sobre essas fontes de genes para a utilização futura que, além de prevenir as perdas desses recursos são fundamentais para o sucesso da produção agrícola (COSTA et al, 2003). A mandioca, ao longo do tempo, vem sendo propagada vegetativamente pela interferência humana, contudo manteve a reprodução sexuada ativa, promovendo a amplificação da variabilidade genética e possibilitando aos melhoristas selecionar genótipos de maior importância agrônômica (SILVA et al, 2001). A variação genética presente na cultura da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz.) é resultado da seleção natural e cultural durante a evolução da espécie, na pré e pós domesticação, nos diversos ambientes, a seleção resultou numa ampla diversidade genética de clones com adaptação específica a condições locais (BARELLI et al, 2005). Apesar da mandioca se adaptar às mais diferentes condições edafoclimáticas, a mesma apresenta elevada interação genótipo x ambiente, indicando que um mesmo material dificilmente se comporta de maneira semelhante em todas as regiões ecológicas, tornando necessária a avaliação a nível local ( FUKUDA; IGLESIAS, 2003).

### Interação de Genótipos com Ambientes

A Interação de genótipos com ambientes pode ser definida como sendo o efeito diferencial dos ambientes sobre os genótipos (CHAVES, 2001). De outro modo, resulta da resposta diferencial dos genótipos à variação ambiental. Segundo (FERREIRA, 2005) o termo interação não mostra-se adequado, pois significa “ação que exerce mutuamente entre duas ou mais coisas, ou duas ou mais pessoas; ação recíproca”.

As características relacionadas à produção vegetal estão condicionadas ao controle genético do organismo, ao ambiente em que é cultivado e à interação entre esses dois fatores. As diferentes respostas fenotípicas frente as mudanças nas condições ambientais resultam em comportamentos distintos dos genótipos, caracterizando a interação (YAMAMOTO, 2006).

A reação das plantas às condições em que são submetidas no ambiente de cultivo, juntamente com a integração de um sistema muito bem regulado geneticamente, é responsável pela ativação do metabolismo secundário. Assim, variações do meio ambiente, principalmente aquelas diferentes do habitat natural, conduzem a modificações nos indivíduos quanto aos perfis de composição dos metabólitos secundários (RETAMAR, 1994; ZOGHBI et al., 1998) de forma muito dinâmica, sendo estes responsáveis pelas relações entre o indivíduo e o ambiente onde ele se encontra.

A interferência de algumas variações no fenótipo da planta é classicamente representada pela localidade de cultivo, genótipos e anos diferentes, assim como pela interação entre os três fatores (BORÉM & MIRANDA, 2005). O fenótipo é resultado da ação conjunta do genótipo, do ambiente e da interação entre o genótipo e o ambiente. Esse último componente reflete as diferentes sensibilidades dos genótipos

às variações do ambiente, resultando em mudanças de seus desempenhos. Existem dois tipos de interação segundo (RAMALHO, 1993) a interação simples indica a presença de genótipos adaptados a uma ampla faixa de ambientes; assim, a recomendação de cultivares pode ser feita de forma generalizada e a interação complexa indica a presença de material adaptado a ambientes particulares, tornando a recomendação restrita a ambientes específicos.

Modelos multiplicativos auxiliam na identificação de cultivares mais ajustados a condições ambientais específicas, ou sub-conjuntos de cultivares que não exibam interações complexas (TERASAWA JUNIOR, 2006). Sendo que em sua interação com o ambiente os principais parâmetros edafoclimáticos que pesa na variabilidade genética para a cultura da mandioca são temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e fotoperíodo, regime hídrico e características físico-químicas de solos (LORENZI, 2003).

### Condições Edafoclimáticas

O Brasil por ser um país continental e possuir condições adequadas para o desenvolvimento agrícola (solos e clima) destaca-se atualmente como um dos principais produtores e exportadores de diversos produtos agrícolas. Entretanto, devido á sua grande extensão territorial, é comum que ocorra no país adversidades climática que podem afetar direta ou indiretamente a produção agrícola dos diversos produtos produzidos, tais como seca, granizo, geadas, vendaval, chuvas em excesso, dentre outras.

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) por sua vez é conhecida pela rusticidade e pelo papel social que desempenha, principalmente, entre as

populações de baixa renda. Sua adaptabilidade aos diferentes ecossistemas possibilita seu cultivo em diversos países, notadamente naqueles em desenvolvimento, onde predomina o clima tropical (FUKUDA & IGLESIAS, 2003). O crescimento, desenvolvimento da planta da mandioca e a produtividade das raízes da mesma são afetados por condições ambientais específicas durante o seu ciclo. Os fatores que influenciam o desenvolvimento da cultura podem ser de ordem abiótica (fatores edafoclimáticos), biótico (crescimento, desenvolvimento e produtividade) e manejo cultural e variedade.

A busca por altos rendimentos a baixos custos implica em conhecer mais detalhadamente o ambiente no qual a cultura está inserida, com o objetivo de racionalizar as relações entre os diferentes fatores de produção visando o máximo desempenho. Entre esses fatores de ordem abiótica (edafoclimáticos) estão inclusos: temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e fotoperíodo, regime hídrico e características físico-químicas de solos (LORENZI, 2003).

### Fatores Climáticos

A temperatura do ar é um dos fatores de maior importância no crescimento e desenvolvimento da cultura da mandioca, tendo influencia em praticamente todo o ciclo da cultura desde a germinação até a colheita das raízes. A planta, que tem ciclo de cultivo bianual, requer clima quente. Segundo SOUZA & SOUZA (2000) com relação à temperatura, a faixa ideal situa-se entre os limites de 20 a 27 °C (média anual), podendo a planta crescer bem entre 16 e 38 °C, uma vez que temperaturas baixas retardam a germinação, diminuem a taxa de formação de folhas, o peso seco total e o peso seco de raízes. Temperaturas médias anuais do ar entre 16°C e 35°C são

adequadas à cultura. A melhor faixa situa-se entre 25°C e 27°C; sendo que abaixo de 15 °C há redução gradual da atividade vegetativa (MAPA, 2008, LORENZI, 2003). A temperatura afeta vários processos fisiológicos da cultura, sendo a fotossíntese, a respiração e a transpiração os mais afetados (CAVALCANTI FILHO, 1999). A importância da temperatura do ar na agricultura tem sido observada há algum tempo.

Os primeiros estudos relacionando desenvolvimento vegetal com a temperatura do ar são creditados a René A. F. de Réaumur na França, por volta de 1730. Ele observou que o somatório da temperatura do ar era praticamente constante para completar o ciclo de desenvolvimento de várias espécies em diferentes anos (STRECK, 2002 APUD SCHONS, 2007). Essa constante assumida por Réaumur, foi chamada de soma térmica, com unidade de °C dia (PEREIRA et al., 2002). Dependendo do genótipo, os graus °C dia, na sua forma mais simples de cálculo acumulam-se acima de uma temperatura base (McMASTER & WILHELM, 1997). A soma térmica mede o tempo biológico que leva em conta o efeito da temperatura nos processos fisiológicos da planta, portanto, é uma medida de tempo mais realística do que o tempo expresso em dias do calendário civil, como por exemplo, dias após a semeadura ou transplante.

Para a utilização da soma térmica são necessários que se saiba que o desenvolvimento e o crescimento das plantas são processos independentes, que podem ocorrer simultaneamente ou não (WILHELM & McMASTER, 1997). Desenvolvimento refere-se à diferenciação celular, iniciação e aparecimento de órgãos e se estende até a senescência da cultura, enquanto que crescimento é o aumento irreversível de uma grandeza física como massa, área, altura, diâmetro e volume (WILHELM & McMASTER, 1997). Como exemplo de variáveis

de desenvolvimento tem-se a velocidade de emissão de folhas, a qual ao ser integrado no tempo fornece o número de folhas acumuladas na haste principal (NF), o qual é uma excelente medida de desenvolvimento vegetal e formação das raízes tuberosas. Por isso, trabalhos visando o melhoramento de genótipos adaptados às diferentes regiões térmicas são realizados, de acordo com (LORENZI, 2003) que relata que a interação da temperatura e variedades é significativa, observando ainda maiores produtividades de acordo com as variedades utilizadas em cada ambiente térmico.

#### **Umidade relativa do ar**

A umidade relativa do ar (UR) compreende a proporção da pressão de vapor de água atual e a pressão de saturação do ar do ambiente a uma determinada temperatura, expressa em porcentagem (TEODORO, 2003). A UR tem importância fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas, na conservação de sementes e controle de perda de água das plantas para a atmosfera (SILVA et al, 2002 apud COSTA, 2007). Em regiões quentes e úmidas a demanda evaporativa é reduzida devido ao ambiente fica próximo da saturação, por isso a quantidade de água que pode ser absorvida pelo ar diminui, reduzindo assim a evapotranspiração (Allen et al, 1998).

A umidade do ar por volta de 60 a 70% favorece o rápido desenvolvimento durante o período de crescimento. Segundo SHARKAWY, 1989, os estômatos das folhas de mandioca respondem diretamente a mudanças na umidade atmosférica, fechando-se rapidamente sob condições secas e, desta forma, restringindo o suprimento de CO<sub>2</sub>; como consequência disto, as taxas fotossintéticas correlaciona-se com as mudanças na condutância, estas afetadas por

mudanças no DPV. Esta resposta rápida dos estômatos de mandioca ao ar seco tem implicações importantes para uma cultura de ciclo longo, a qual necessita sobreviver por vários meses sem chuva, na maioria das áreas onde a espécie é cultivada economicamente. Sob tais condições de deficiência hídrica, os estômatos se abrem naquelas horas do dia onde o DPV é baixo, reduzindo a sua abertura quando as condições de demanda atmosférica são elevadas, maximizando, desta forma, a eficiência do uso água.

### Fotoperíodo

O comprimento de um dia é conhecido como *fotoperíodo* e as respostas do desenvolvimento das plantas ao fotoperíodo são chamadas *fotoperiodismo* (LORENZI, 2003). Muitas espécies, tanto vegetais como animais, têm o seu ciclo vital (ou pelo menos parte dele) regulado pelo fotoperíodo. Porém, são nos estudos da fenologia vegetal que as atenções e as aplicações do fotoperiodismo sempre foram maiores. Do ponto de vista agrônomo, o maior interesse pelo estudo do fotoperiodismo decorre das respostas de muitas espécies importantes à variação na duração do dia, no processo de indução ao florescimento, afetando fortemente todo o desenvolvimento fenológico das plantas. Algumas espécies e cultivares respondem a comprimentos relativos de dias longos, enquanto outras respondem a dias curtos e, ainda outras são capazes de responder a todos os comprimentos (GARNER & ALLARD, 1920).

A mandioca requer alta luminosidade e em condições contrárias podem diminuir o índice de área foliar e sofrer aumento de internódios, dessa forma reduzirem a produção de raízes. Um fotoperíodo até 12 horas é benéfico para a cultura da mandioca e acima disso pode provocar danos

na partição de fotoassimilados e ao florescimento da mesma, no entanto a pouca interferência da radiação solar na produção. Percebe-se que se torna, mas sujeitos a alterações plantios realizados em regiões subtropicais em latitudes maiores (LORENZI, 2003). Alguns relatos sobre a interferência do fotoperíodo é feita por SHONS, 2006 e segundo MATTHEWS & HUNT (1994) a taxa da emissão de folhas em mandioca não é afetada pelo fotoperíodo. O fotoperíodo afeta a taxa de desenvolvimento da mandioca no sentido de que um aumento do fotoperíodo reduz o tempo necessário para aparecerem às ramificações simpodiais (MATTHEWS & HUNT 1994). Assim caracterizando a mandioca com uma cultura de dia curta.

### Regime hídrico

A água é fator fundamental na produção de qualquer cultura, seu déficit ou excesso afetam o desenvolvimento e a produtividade final dos cultivos agrícolas. A maioria das culturas durante o ciclo de desenvolvimento consome grandes quantidades de água, sendo que 98% do total consumido é por transpiração (REICHARDT & TIMM, 2004). O conhecimento das relações água-solo-planta-atmosfera é fundamental para melhorar o manejo da cultura da mandioca, até mesmo naquelas onde não se pratica a irrigação. Assim, torna-se possível manejar a cultura de modo que os períodos críticos da lavoura, em relação à água, coincidam com a estação de maior disponibilidade hídrica. Os períodos críticos em relação à água ocorrem nos primeiros cinco meses após o plantio, coincidindo com os estágios de enraizamento e tuberização da mesma (LORENZI, 2003).

A estimativa ou medida da umidade do solo é fundamental, pois ela indica em que condições hídricas o solo se encontra. Essa informação é

essencial para determinar a quantidade de água a ser aplicada na irrigação, se necessário, e níveis de amido armazenado. A umidade do solo acima do ponto de murcha tem pouca interferência na taxa de crescimento (CAMARGO & ORTOLANI, 1964). A avaliação das condições da umidade do solo fornece informações importantes para diversos fins, tais como nos estudos de troca entre o solo e a atmosfera e, principalmente, nas atividades agrícolas como, por exemplo, para a estimativa dos efeitos das secas ou enchentes sobre a queda dos rendimentos agrícolas (Rossato, 2005).

A necessidade hídrica ideal da mandioca é na faixa de 1000 a 1500 mm, com distribuição uniforme durante o ano, mas pode suportar dependendo da fase vegetativa ou estágio da cultura e variedade utilizada em precipitações que variam de 600 a 4000 mm por ciclo vegetativo (LORENZI, 2003). A mandioca se adapta a diferentes condições de umidade de solo e podem receber menos de 800 mm de chuva por ano, sendo que a tolerância ao déficit hídrico é uma característica importante para a planta. No entanto, sabe-se que o suprimento adequado de água para a planta é essencial nas fases de enraizamento e tuberização, que correspondem do primeiro ao quinto mês após o plantio (EMBRAPA, 2006). Porém, a cultura semeada em áreas de baixas precipitações (750 mm/ano), sobrevive a períodos áridos de 5 a 6 meses, sendo admitida a hipótese dela ter sido originada numa região com período de estiagem bem definido, o que a torna tolerante ao fenômeno de déficit hídrico, sendo isto possível devido ao seu sistema radicular bem desenvolvido, fibroso e profundo, podendo explorar grande volume de solo, de onde retira água e nutrientes para o seu desenvolvimento (CAVALCANTI FILHO, 1999). A cultura da mandioca é muito cultivada também em regiões semi áridas, com 500 a 700 mm de

chuva por ano ou menos, necessitando adequar a época de plantio, para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo, quando as plantas já formaram suas raízes tuberosas, não influenciando em reduções na produção (SOUZA & SOUZA, 2000).

Segundo COCK (1982), a mandioca possui utilização de água bastante eficiente, reduzindo sua área foliar e fechando rapidamente seus estômatos com pequenas reduções de umidade, o que causa decréscimo na taxa de crescimento da planta. A planta, ao usar os mecanismos de defesa contra a perda de água, diminui o número e o tamanho de folhas, bem como a sua duração, havendo uma renovação do dossel, efeito semelhante ocorre com o déficit hídrico, quando a planta aparenta estar em estado de dormência, perdendo as folhas completamente e encurtando os espaços internodais (CAVALCANTE, 2005). No entanto, quando o cultivo é realizado em condições de maior umidade e em solos mais férteis, é comum observar grande desenvolvimento da parte aérea, o que normalmente ocorre em detrimento da produção de raízes tuberosas. Tal problema pode ser ainda maior quando o sistema de produção envolve o uso de irrigação e doses acentuadas de adubação.

O balanço hídrico climatológico aliado ao balanço hídrico das culturas é uma das ferramentas que auxiliam na determinação das melhores épocas de plantio ou cultivo (plantio, tratos culturais e colheita) de plantas agrícolas de acordo com as características de cada região climática (TEODORO, 2007). O balanço hídrico é a contabilidade da água no solo, resultante da aplicação do *Princípio da Conservação de Massa* em um volume de solo vegetado. A variação do armazenamento de água no volume considerado, por intervalo de tempo, representa o balanço entre a água que entrou e a que saiu no *volume*

de controle. O volume de controle depende apenas da profundidade do sistema radicular das plantas e admite-se que o mesmo seja representativo de toda área em estudo que é representada pelo ponto de medidas dos elementos climáticos, principalmente a chuva. Genericamente o balanço hídrico de uma área vegetada é representado pelas entradas (precipitação pluvial, irrigação, orvalho, escoamento superficial (run off), drenagem lateral e ascensão capilar) e pelas saídas (evapotranspiração, escoamento superficial (run off), drenagem lateral e drenagem profunda) de água do volume de controle (PEREIRA et. al, 2002). Quando o balanço hídrico é feito em um solo coberto por uma vegetação padrão (gramado), o mesmo é denominado de balanço hídrico climatológico, mas, quando as medidas são feitas sobre uma área cultivada, tem-se então o balanço hídrico da cultura, no qual são consideradas as fases de desenvolvimento e crescimento das plantas.

#### **Características físico-químicas de solos**

A mandioca é cultivada em toda faixa de textura de solos. A presença de uma camada argilosa ou compactada imediatamente abaixo da camada arável pode limitar bastante o crescimento das raízes, além de prejudicar a drenagem e a aeração do solo. Sendo que sua principal característica é a capacidade de se desenvolver em solos de baixa fertilidade (LORENZI, 2003). FIDALSKI (1999) avaliando a cultura da mandioca em solos arenosos concluiu que a adição de insumos como calagem e adubação nitrogenada e potássica não aumentam a produção de raízes, afirmando que, apenas a adubação fosfatada pôde coincidir num aumento da produção de raízes. Segundo LORENZI (2003), a cultura supera baixos teores de fósforo por associação eficiente com micorrizas,

entretanto solos pobres reduzem a arquitetura da planta, mas em compensam mantém níveis ótimos de nutrientes na planta, dessa forma permitindo a mesma a utilizar de forma eficiente e racional os nutrientes nelas distribuídos. Em solos muitos arenosos existem problemas com retenção de água. Por outro lado, segundo CAVALCANTI FILHO (1999), a presença de pH muito alcalino, com problema de concentração de sais no perfil, reduz o desenvolvimento da planta. Porém, a cultura da mandioca apresenta tolerância a pH baixo e altas concentrações de Al e Mn, havendo evidências de que essa planta tolera condições de acidez do solo e que geralmente, não se tem obtido efeitos marcantes com emprego da calagem, não ultrapassando 2 t / ha quando realizada, sendo que a faixa de pH ideal recomendado para a cultura se encontra entre 5 e 6. Entretanto, tomando como referencia as propriedades físicas do solo, as maiores produtividades são obtidas naqueles com textura média, e bem drenados, com pouca coesão.

Em solos de textura muito argilosa pode ocorrer má formação das raízes e apodrecimento das raízes devido a sua característica de má drenagem, tendo então melhor desenvolvimento em solos profundos de textura leve e com boa circulação de ar e água. Por isso que em regiões de solos argilosos que ocorre plantio da cultura da mandioca é feito em leiras ou canteiros, para que as raízes não morram por asfixia e haja o apodrecimento da raiz (LORENZI, 2003). Exigindo também umidade nos primeiros 30 dias após o plantio e durante o brotamento das gemas, mas não suporta solos encharcados em nenhuma fase do seu desenvolvimento (SOUZA & SOUZA, 2000). Os mesmos autores observam, também, que é importante considerar a profundidade do solo, pois o sistema radicular desta cultura não se restringe apenas à camada superficial.

### 3. CONCLUSÕES

A introdução de cultivares para uso agroindustrial em determinada região deve ser precedida do conhecimento do seu comportamento diante das condições locais, sobretudo das características edafoclimáticas. As diferentes respostas fenotípicas frente a mudanças nas condições ambientais resultam em comportamentos distintos dos genótipos, caracterizando a interação e a importância de seu estudo. Apesar da mandioca se adaptar às mais diferentes condições edafoclimáticas, a mesma apresenta elevada interação genótipo x ambiente, indicando que um mesmo material dificilmente se comporta de maneira semelhante em todas as regiões ecológicas, tornando necessária a avaliação a nível local.

### 4. REFERÊNCIAS

- ALLEM, A. C. The origin of *Manihot esculenta* crantz (Euphorbiaceae). **Genetic Resources and Crop evolution Dordrecht**, v. 41, p. 133-150, 1994.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO.1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BARELLI, M. A. A.; SEABRA JR, S.; AMARAL, A. M.; MOURA, A. P.; NESPOLI, A.; SOARES, A. H.; OLIVEIRA, A. M.; SCHAWINSKI, E. C.; GONÇALVES, J. C. B.; VESCOVI, L.; LEITE, P. H. M. P.; AMORIM, R. C. **Acessos tradicionais de mandioca cultivados em Cáceres, MT**. In: XI Congresso Brasileiro de Mandioca, Campo Grande 2005.
- BORÉM, A. & MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas (eds)**. Universidade Federal de Viçosa, 4ª ed, p. 85-111, 2005.
- CAMARGO, P. A.; ORTOLANI, A. A. **Clima das zonas canavieiras do Brasil, Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. Editora: Instituto Brasileiro de Potassa, São Paulo-Brasil, 1964, 368p.
- CAVALCANTE, F. S. **Consortiação de mandioca e feijão comum: viabilidade da exploração em agricultura familiar na microrregião do brejo paraibano**. 2005; 69p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba
- CAVALCANTI FILHO, L. F. **Influência de épocas de colheita na produtividade de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), estabelecida em solo Podzólico Vermelho-Amarelo do Brejo Paraibano**. Areia-PB, 1999. 64p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal - Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.
- CHAVES, L. J. **Interação de genótipos com ambientes**. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (eds.) Recursos genéticos e melhoramento - Planta. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 673-713.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed. rev. Viçosa: Editora UFV, 1997. 390p.
- COCK, J. H. **Aspectos fisiológicos e del crecimiento y desarrollo de La planta de yuca**. In: DOMINGUEZ, C. E. D. (ed.). Yuca:

investigación, producción y utilización. CIAT/PNUD, p. 51-75, 1982.

COSTA, C. T. S. **Crescimento e produtividade do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes sistemas de irrigação, nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas.** TCC, Universidade Federal de Alagoas, 2007, 38p.

COSTA, M. R.; CARDOSO, E. R.; OHAZE, M. M. M. Similaridade genética de cultivares de mandioca (*manihot esculenta*) por meio de marcadores RAPD. **Ciênc. agrotec.**, Lavras. v. 27, n.1, p.158-164, jan./fev., 2003.

EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Rev. Bras. Fisiol. Vegetal**, v. 1, 1989.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 2006, 817p.

FARALDO, M. I. F. F. **Distribuição da variabilidade genética e caracterização isoenzimática de etnovarietades em roças de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do Brasil.** 1999. 117p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba.

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

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio básico da língua portuguesa.** Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1995. 687p.

FIDALSKI, J. **Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1353-1359. 1999.

GARNER, W. W.; ALLARD, H. A. Effect of relative length of day and night and others factors of the environment on growth and reproduction in plants. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 18, n. 11, p. 553-606, Mar. 1920.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C.; SILVA, S. O. **Melhoramento de mandioca.** Cruz das Almas: Embrapa, 2003. (Documento, n.104).

HERSHEY, C.; AMAYA, A. **Germoplasma de yuca: Evolución, distribución y colección.** In: DOMINGUEZ, C.E. **Yuca: investigación, producción y utilización.** Cali: CIAT, 1989. p.77-79.

HERSHEY, C. H. *Manihot esculenta* diversity. In: INTERNATIONAL NETWORK FOR CASSAVA GENETIC RESOURCES, Cali, **Proceedings.** Rome: IBPGR, 1992. p. 111-134.

LORENZI, J.O. **Mandioca.** Campinas: CATI, 2003. (Boletim Técnico, n.245). MINISTERIO DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO E PECUARIA 2008. **Nota técnica.** Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/>. Acessado em 20/09/2008.

MATTHEWS, R. B.; HUNT, L. A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.36, p.69-84, 1994.

- McMASTER, G. S.; WILHELLM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p. 291-300, 1997.
- MORALES, E. A. V. **Recursos genéticos vegetais da Amazônia**. Belém: [s.n.], 1995. 29p. Apostila.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia (Fundamentos e aplicações práticas)**. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba – RS. 2002. 478p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos. & ZIMMERMANN, M. J. O. de. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia, UFG, 1993. cap. 6, p. 138-170.
- REICHARDT, K. TIMM, C. L. **(SOLO, PLANTA E ATMOSFERA) Conceitos, processos e aplicações**. Editora manole Ltda. Barueri-SP. 2004. 478p.
- RETAMAR, J. A. Variaciones fitoquímicas de la especie *Lippia alba* (*salvia morada*) y sus aplicaciones en la química fina. **Essenze Derivati Agrumari**, v.16, p.55-60, 1994.
- ROSSATO, L.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ. S. C. R. Avaliação da umidade do solo no Brasil durante o episódio El Niño (1982/83), **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 143-153, 2005.
- SHONS, A. **Crescimento da mandioca e do milho em cultivo solteiro e consorciado**. 2006; 71p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS).
- SILVA, M. J.; ROEL, A. R.; MENEZES, G. P. **Apontamentos dos Cursos: Cultivo da mandioca e derivados**. Engorda de frango caipira. GrafNews, Campo Grande-MS, 2001. 100p.
- SOUZA, L.D; SOUZA, L.S. Clima e solo. In: MATTOS, P.L.P.; GOMES, J.C. **O cultivo da mandioca**. Cruz das Almas – BA: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2000. p. 11-13. (Circular Técnica, 37).
- TAKAHASHI, M & GONÇALO, S. **A cultura da mandioca**. 116p. 2003.
- TEODORO, I. **Avaliação energética e hídrica no desenvolvimento da cultura do milho irrigado, na região de Rio Largo – AL**. 2003. 108f. Dissertação (Mestrado em meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2003.
- TERESAWA JÚNIOR, F. **Implicações da interação genótipo ambiente no melhoramento do milho no estado do Paraná**. 2006; 125p. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.
- YAMAMOTO, P. Y. **Interação genótipo x ambiente na produção e composição de óleos essenciais de *Lippia Alba* (Mill.) N. E. Br**. 2006. 56p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas.
- ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A.; SANTOS, A. S.; SILVA, M. H.; MAIA, J. G. S. Essential oils of *Lippia alba* (Mill) N. E. Br growing wild in the Brazilian Amazon. **J Flavour Fragr**, v. 13, p. 47-48, 1998.