

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM GENÓTIPOS DE AMENDOIM
INOCULADOS COM *BRADYRHIZOBIUM***

EMANUELLE BARROS SOBRAL DE MELO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

**CAMPINA GRANDE-PB
MARÇO DE 2013**

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM GENÓTIPOS DE AMENDOIM
INOCULADOS COM *BRADYRHIZOBIUM***

EMANUELLE BARROS SOBRAL DE MELO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção de título de Mestre em Ciências Agrárias / Área de Concentração: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roseane Cavalcanti dos Santos

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Liziane Maria de Lima

**CAMPINA GRANDE-PB
MARÇO DE 2013**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

M528p Melo, Emanuelle Barros Sobral de.
Parâmetros fisiológicos em genótipos de amendoim inoculados com *Bradyrhizobium*. [manuscrito] / Emanuelle Barros Sobral de Melo. – 2013.
43 f.: il. color.

Digitado
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2013.

“Orientação: Prof. Dra. Roseane Cavalcanti dos Santos, Embrapa Algodão.”

“Coorientação: Prof. Dra. Liziane Maria de Lima, Embrapa Algodão.”

1. Amendoim. 2. Fisiologia vegetal. 3. *Arachis hipogaea* L.. 4. Trocas gasosas. I. Título.

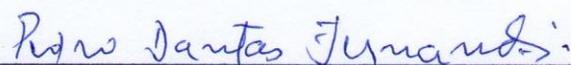
21. ed. CDD 633.368

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM GENÓTIPOS DE AMENDOIM
INOCULADOS COM *BRADYRHIZOBIUM***

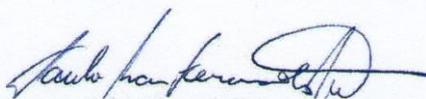
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção de título de Mestre em Ciências Agrárias / Área de Concentração: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

Aprovada em 21 de março de 2013.

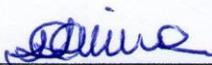
Banca Examinadora:



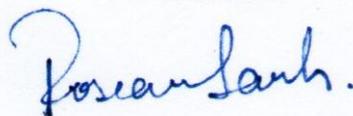
Prof. Pedro Dantas Fernandes (D. Sc. Solo e Nutrição de Plantas) CCAA/UEPB



Paulo Ivan Fernandes Junior (D. Sc. Ciência do solo) Embrapa Semiárido



**Prof.ª Liziane Maria de Lima (D. Sc. Biologia Molecular) Embrapa Algodão
Coorientadora**



**Prof.ª Roseane Cavalcanti dos Santos (D. Sc. Biologia Molecular) Embrapa Algodão
Orientadora**

*A meu filho Arthur, pelo amor incondicional
Pelo exemplo de superação e coragem
E pela eterna luz de seu sorriso
Com todo amor*

DEDICO

*Aos meus pais Robson Henriques e Maria do Socorro
Por serem sempre o meu alicerce de vida
E pelo apoio, estímulo e confiança
Com carinho*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde, paz e sabedoria para seguir sempre em frente.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos e a Embrapa Algodão pelo suporte financeiro.

À Coordenação do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias da UEPB/Embrapa, na figura do Prof. Dr. Alberto Soares, pela compreensão que me dedicou para viabilizar a conclusão do curso.

Às Dras. Roseane Cavalcanti e Liziane Lima, pela oportunidade de realizar este trabalho, além da credibilidade e confiança depositadas em mim, onde não faltaram paciência, incentivo, fé, atenção e, sobretudo, muito conhecimento e sabedoria.

Aos Drs. Rosa Maria e Francisco de Assis (Chicão) pelo suporte técnico das atividades desenvolvidas em campo e laboratório.

Aos Drs. Paulo Ivan, pela concessão do isolado de *Bradyrhizobium* e suporte na instalação do experimento, e Saulo Aidar, pelo apoio nas avaliações fisiológicas e análise dos dados.

À equipe de trabalho do Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Antônio, Fábiana, Morgana, Milena, Patrícia, Geise, Pollyne, Géssica, Vandrê, Eveline, Valeska pelo alegre convívio e companheirismo dedicados durante toda elaboração deste trabalho.

A amiga Aline pela amizade e dedicação e pelo apoio constante e fundamental para a realização deste trabalho.

Os meus mais sinceros agradecimentos aos colegas, professores, funcionários e todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desta caminhada.

“Quem deseja colher rosas deve suportar os espinhos”

Provérbio Chinês

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1. Objetivo Geral..... | 16 |
| 1.2. Objetivos Específicos..... | 16 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 17 |
| 2.1. Aspectos botânicos do amendoim..... | 17 |
| 2.2. Mercado nacional de amendoim..... | 18 |
| 2.3. Peculiaridades do manejo de amendoim nas pequenas propriedades..... | 19 |
| 2.4. Ação biológica do nitrogênio em plantas..... | 22 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 26 |
| 3.1. Condução do experimento..... | 26 |
| 3.2. Análise dos macronutrientes..... | 27 |
| 3.3. Trocas gasosas de CO ₂ | 27 |
| 3.4. Análise estatística..... | 28 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 29 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 37 |
| REFERÊNCIAS..... | 38 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------------|--|----|
| TABELA 1. | Síntese da análise de variância para os macronutrientes de folhas de amendoim coletadas de plantas cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio..... | 30 |
| TABELA 2. | Média dos tratamentos para os teores de P, K, Ca, Mg e S (%) em folhas de amendoim..... | 30 |
| TABELA 3. | Percentual de Nitrogênio em folhas de amendoim coletadas de plantas cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio..... | 32 |
| TABELA 4. | Síntese da análise de variância para comprimento e peso das raízes, número de nódulos e peso das vagens de plantas de amendoim cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio..... | 33 |
| TABELA 5. | Média de comprimento e peso das raízes, número de nódulos e peso das vagens de plantas de amendoim cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio..... | 33 |
| TABELA 6. | Média das variáveis, fotossíntese líquida (F), condutância estomática (CE), transpiração (T), relação entre a concentração interna e externa de CO ₂ (C _i /C _a), eficiência relativa de carboxilação (ERC) e eficiência no uso de água (EUA) estimadas nos genótipos nos três tratamentos..... | 35 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| FIGURA 1. | Operações de limpeza do campo para retirada das ervas daninhas por meio de capinas com enxada (esquerda) e a tração animal (direita)..... | 20 |
| FIGURA 2. | Operações de colheita (esquerda) e beneficiamento (direita) de amendoim realizado com mão de obra familiar..... | 21 |
| FIGURA 3. | Padrão de vagens e sementes das cultivares eretas da Embrapa, a- BR 1, b- BRS 151 L7 e c- BRS Havana..... | 22 |
| FIGURA 4. | Padrão de vagens e sementes da cultivar rasteira da Embrapa, BRS Pérola Branca..... | 22 |
| FIGURA 5. | Detalhe das plantas de amendoim, aos 80 dias após a emergência. L7 bege no tratamento controle (esquerda), com Sulfato de amônia (centro) e com <i>Bradyrhizobium</i> (direita)..... | 29 |

RESUMO

MELO, Emanuelle Barros Sobral. M.Sc. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão. Março de 2013. **Translocação de nutrientes, trocas gasosas e produção de vagens em genótipos de amendoim cultivados sob duas fontes de nitrogênio.** Roseane Cavalcanti dos Santos (Orientadora); Liziane Maria Lima (Coorientadora).

O nitrogênio é um elemento imprescindível no manejo das culturas agrícolas e sua deficiência limita o desenvolvimento da planta, afetando a produtividade. No solo, pode ser disponibilizado às plantas por meio de matéria orgânica, pela suplementação com adubação química ou pela fixação biológica (FBN), em leguminosas. O amendoim tem resposta diferenciada quanto à FBN, dependendo da cultivar e tipo de solo onde é cultivado. Em ambientes típicos da região semiárida, onde os solos são de baixa fertilidade e as chuvas são irregulares, a identificação de genótipos responsivos a FBN pode se constituir em grande benefício para o agricultor que pode minimizar os custos de produção além de permitir um manejo mais agroecológico. Neste trabalho, estudou-se a translocação de nutrientes, trocas gasosas e produção de vagens em genótipos de amendoim cultivado em solos arenosos, suplementado com duas fontes de nitrogênio. Três genótipos de porte ereto foram testados, sendo eles duas cultivares, BR 1, BRS Havana e uma linhagem avançada, L7 Bege. As plantas foram cultivadas em vasos (50 cm de diâmetro), contendo solo previamente corrigido e fertilizado com fósforo e potássio. Os tratamentos adotados foram os seguintes: 1- sem adubação nitrogenada, 2- com adubação nitrogenada química (sulfato de amônio) e 3- com adubação nitrogenada biológica (inoculante a base de *Bradyrhizobium*). O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com um fatorial de 3 x 3, com 5 repetições. As análises de macronutrientes foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) da Embrapa Algodão, utilizando folhas completamente expandidas, situadas no terço médio das plantas, coletadas no final do ciclo dos genótipos. As variáveis agrônômicas avaliadas foram comprimento e peso das raízes, número de

nódulos e peso das vagens. As medidas de trocas gasosas foram realizadas com o IRGA (Infra Red Gas Analyser), em folhas completamente expandidas, entre as 09:00 e 11:00 horas com variação da temperatura, umidade relativa do ar e fluxo de fótons fotossintéticos de 26-33 °C, 40-65% e 1600-2200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectivamente. Após coleta dos dados, foram realizadas análises estatísticas utilizando-se dos Programas SAS e SIVAR. Não foi verificada diferença estatística entre os macronutrientes nas folhas dos genótipos de amendoim, com exceção do Nitrogênio, sobretudo na linhagem L7 bege que revelou incremento de 27% e 62%, quando cultivada na presença de Sulfato de amônio e Bradyrhizobium, respectivamente. A cultivar BRS Havana foi a única que revelou resposta positiva para número de nódulos no tratamento com Bradyrhizobium. Para produção de vagens, o genótipo L7 bege respondeu positivamente à adição de ambas as fontes de nitrogênio, enquanto que a BRS Havana respondeu positivamente apenas ao inoculante. A BR 1 se mostrou indiferente aos tratamentos adotados. Quanto às variáveis fisiológicas, nenhum genótipo mostrou diferença estatística para quatro as variáveis estudadas, contudo, entre tratamentos, verificou-se que diferença estatística apenas para a relação Ci/Ca, cujo menor valor foi obtido nos tratamentos com Bradyrhizobium indicando que, de maneira geral, o processo de FBN contribuiu para uma melhor relação fotossintética dos genótipos.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea*. Fertilização. Trocas gasosas. FBN.

ABSTRACT

Nitrogen is an essential element in the management of agricultural crops and its deficiency limits plant development, affecting productivity. In soil, N content can be available to plants through organic matter, by supplementation with chemical fertilization or by biological fixation (BNF), in legumes. Peanuts have different responses as to FBN, depending on variety and soil type where it is grown. In semiarid environment, where soils are of low fertility and rainfall is irregular, the identification of genotypes responsive to BNF may be a great benefit to the farmers, due they can minimize the cost of production and also allow a more agroecological managment. In this work, we studied the translocation of nutrients, gas exchange and pod yield in peanut genotypes grown in sandy soils, supplemented with two nitrogen sources. Three upright genotypes were evaluated, represented by BR 1, BRS Havana and L7 Bege. Plants were grown in pots (50 cm diameter) containing soil previously limed and fertilized with P and K. Treatments were as follows: 1 - without N fertilization, 2 - with chemical N fertilizer (Sulfate of ammonium) and 3 - with biological nitrogen (Bradyrhizobium). The experimental design was a randomized block with a 3 x 3 factorial, with 5 repetitions. The macronutrient analyzes were performed using fully expanded leaves, situated at the middle third of main axis. The agronomic variables evaluated were: length and weight of roots, nodule number and weight of pods. Measurements of gas exchange were made with the IRGA (Infra Red Gas Analyser) apparatus, using fully expanded leaves of plants, registered between 09:00 and 11:00 hours, with followed variation of temperature, relative humidity and photosynthetic photon flux: 26-33 °C, 1600-2200 and 40-65% $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectively. After data collection, statistical analyzes were performed using SAS and SISVAR programs. No statistical difference was found between the macronutrients in leaves of peanut genotypes, with the exception of N, especially in top line L7 bege, which revealed an increase of 27% and 62% when grown in the presence of Sulfate of ammonium and Bradyrhizobium, respectively. BRS Havana was the only one who showed

positive response to number of nodules, in the Bradyrhizobium treatment. For pod yield, genotype L7 bege responded positively to the addition of both nitrogen sources, while BRS Havana responded positively only to the inoculant. The BR 1 did not show difference to treatments. As to physiological variables, genotype showed no statistical differences for the four variables, however, between treatments, statistical difference was found to C_i / C_a , whose lower value was obtained for Bradyrhizobium treatments, indicating that, at general way, the BNF contributed to a better photosynthetic relationship of the genotypes.

Keywords: *Arachis hypogaea*. fertilization. gas exchange. FBN.

1. INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea L.*) é uma oleaginosa cultivada em vários países do mundo e apresenta larga utilização no mercado de alimentos. No Brasil é cultivado principalmente nas regiões Sudeste, Sul, Centro-Oeste e Nordeste, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor, responsável por cerca de 80% da produção nacional (CONAB, 2012).

No Nordeste brasileiro, esta espécie é cultivada por agricultores de várias tipologias, sendo a principal àqueles que lidam com a agricultura familiar, onde o manejo é procedido de forma manual, com baixo uso de insumos que garantam maior produtividade (MELO FILHO e SANTOS, 2010).

Apesar de ser uma leguminosa, o amendoim responde bem a fertilização nitrogenada, especialmente em solos com baixo teor de matéria orgânica. Essa prática, contudo, é de baixa adoção pelos pequenos produtores regionais, sobretudo se a fonte for de natureza química, devido à elevação nos custos de produção (RODRIGUES et al., 2004). Esse é um dos fatores que limitam a competitividade do agronegócio entre os pequenos produtores regionais. Para contornar tal problema, técnicos agropecuários tem incentivado os produtores quanto ao uso de insumos orgânicos, tais como inoculantes a base de *Bradyrhizobium*. Como a disponibilidade deste tipo de insumo é restrita a demandas de fabricantes, o acesso a ele torna-se limitado.

O amendoim tem habilidade para realizar associação com bactérias fixadoras de nitrogênio, formando nodulações nas raízes. Nos nódulos infectados, o nitrogênio atmosférico (N₂) é reduzido e transferido para a planta a qual pode se desenvolver independente da adição de adubo nitrogenado (NOVO et al., 1998).

No aspecto fisiológico, o nitrogênio é um elemento imprescindível para o desenvolvimento vegetativo das plantas, devido seu papel na composição de vários compostos orgânicos, incluindo aminoácidos e ácidos nucleicos. A habilidade de fixação biológica por meio das plantas leguminosas torna essas espécies autossuficientes e mais competitivas em termos de

adaptação ambiental, considerando-se outras espécies que não detêm a mesma capacidade para se autosuprir, via simbiose (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

De acordo com Mello et al. (1999), uma das vantagens econômicas da fixação biológica de nitrogênio (FBN), é o total aproveitamento do nitrogênio fixado, o que não ocorre quando se utilizam fertilizantes químicos. Quanto aos benefícios ambientais, não polui e enriquece o solo, e ainda poderá ser utilizado pela cultura seguinte.

Na região Nordeste do Brasil, o amendoim é cultivado em várias sub-regiões, indo desde a Zona da Mata até o Sertão semiárido, de preferência, em solos arenosos, devido sua natureza hypogaea. Em tais solos, contudo, a fertilidade e retenção de água são baixas, contribuindo para redução de produtividade ou frustração de safra (MELO FILHO e SANTOS, 2010). A identificação de genótipos responsivos a FBN pode se constituir em grande benefício para o agricultor que pode minimizar os custos de produção além de permitir um manejo mais agroecológico, uma vez que os inoculantes não causam qualquer risco ambiental nem ao homem.

A interação positiva entre a lavoura do amendoim e uso de inoculantes tem sido reportada em diversos estudos, demonstrados pelo aumento da produção de biomassa e da produtividade de grãos (SANTOS et al., 2005b; MARCONDES et al., 2010). Contudo, o histórico de uso e a textura do solo são aspectos que influenciam diretamente na formação dos nódulos radiculares e indiretamente no ganho de produtividade.

Apesar dos vários benefícios às lavouras, advindos da adoção de inoculantes como fonte suplementar de N, no Brasil, a inoculação não é uma prática comum, possivelmente devido a falta de um mercado com demandas definidas para este segmento. Como o processamento do inoculante depende de protocolos laboratoriais para viabilizar a eficiência da bactéria, acredita-se que a inexistência de um fluxo contínuo de demanda limite a disponibilização do produto aos agricultores. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento disponibiliza uma relação de isolados recomendados para várias lavouras; para amendoim, a estirpe recomendada, oriunda de *Bradyrhizobium* sp., é a SEMIA 6144.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) é detentora das atuais cultivares de amendoim desenvolvidas para o Nordeste Brasileiro, todas elas de larga adaptação ao semiárido e alta produtividade (SANTOS et al., 2012b). Apesar de existir na literatura vários trabalhos envolvendo a resposta de tais cultivares a fertilizantes químicos (SANTOS et al., 2006, 2007c), as informações a respeito de fertilizantes orgânicos, a base de inoculantes, são escassas. Santos et al. (2005b) estudaram a efetividade de rizóbios isolados na região Nordeste na fixação do N₂ em várias cultivares de amendoim, entre elas, a BR 1 e a BRS 151 L7, ambas da Embrapa.

Segundo os autores, a BR 1 teve especificidade quanto aos isolados testados enquanto que a BRS 151 L7 teve bom rendimento com a maioria dos isolados.

Considerando-se a demanda de informações, especialmente fisiológicas, com as cultivares recomendadas para o semiárido brasileiro, objetivou-se neste trabalho estimar alguns componentes agronômicos e a partição de macronutrientes em amendoim cultivados sob duas fontes de nitrogênio. Adicionalmente, objetivou-se estimar as trocas gasosas desses materiais com o intuito de avaliar resposta diferencial das cultivares quanto à habilidade fotossintética.

1.1. Objetivo geral

Estimar a produção de componentes agronômicos, associados à produção de vagens e nódulos de rizóbio, e a partição de macronutrientes nos tecidos foliares de três genótipos de amendoim da Embrapa, cultivados em solos arenosos, sob duas fontes de nitrogênio: química e biológica (*Bradyrhizobium*). Adicionalmente, avaliar as trocas gasosas desses materiais, por meio do IRGA, visando detectar resposta diferencial quanto à habilidade fotossintética, na condição experimental proposta.

1.2. Objetivos específicos

- Estimar a concentração dos macronutrientes de cada genótipo de amendoim, expressa nos tecidos foliares, durante o final do ciclo vegetativo;
- Estimar componentes agronômicos dos genótipos, relacionados à produção de vagens e nódulos de rizóbios com fins de detectar possíveis benefícios advindos da adubação nitrogenada;
- Avaliar a resposta fisiológica dos genótipos, diante da condição imposta de manejo, quanto às trocas gasosas por meio não destrutivo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos botânicos do amendoim

O amendoim é uma leguminosa originária da América do Sul e tem como centros de origem o sudeste da Bolívia e noroeste da Argentina, com registros de *A. ipaensis* e *A. duranensis*, como seus possíveis ancestrais (FÁVERO et al., 2006). Pertence ao gênero *Arachis*, que é composto por mais de 80 espécies já descritas, entre elas, materiais diplóides e tetraplóides. O amendoim cultivado (*Arachis hypogaea* L.) é um tetraploide natural ($2n = 4x = 40$), de genoma AABB, entretanto a maioria das espécies selvagens são diplóide ($2n = 2x = 20$).

O Brasil é um dos grandes centros de diversidade deste gênero. Segundo Valls e Simpson (2005), dentre as várias espécies de *Arachis*, 64 ocorrem no Brasil e 48 são endêmicas do território brasileiro.

No aspecto botânico, o amendoim pertence à família Fabaceae, subfamília Papilionoidea. Trata-se de uma dicotiledônea herbácea, anual com ciclo indeterminado (GREGORY et al., 1980). *A. hypogaea* possui duas subespécies: *hypogaea*, originada no sudeste da Bolívia e *fastigiata* no Peru. A subsp. *hypogaea* inclui as variedades *hypogaea* e *hirsuta*. Já a subsp. *fastigiata* inclui as variedades *peruviana*, *aequatoriana* e *vulgaris* (GREGORY et al., 1980).

As subespécies são distinguidas pelos diferentes pelos grupos botânicos, sendo os mais conhecidos os tipos Virgínia, Valência e Spanish. O tipo Virgínia é representado por acessos da subespécie *hypogaea*, que tem em comum hábito de crescimento rasteiro (decumbente), semi-rasteiro e arbustivo, ciclo longo (120 a 140), ausência de flores na haste principal e vagens com duas sementes (GODOY et al., 2005); já os tipos Valência e Spanish são representados pelas subespécies *fastigiata* e *hypogaea*, respectivamente. Ambas possuem hábito de crescimento ereto ou semi-ereto, ciclo curto (90 a 100) e haste principal com flores. As vagens do grupo Spanish apresentam duas sementes de tamanho pequeno a médio; já as grupo Valência contêm entre duas e quatro sementes por vagem (GODOY et al., 2005).

O sistema reprodutivo do amendoim é formado por flores hermafroditas e cleistogâmicas permitindo, a ocorrência de autofecundação com baixa taxa de polinização cruzada, menos que 1% (NIGAM et al.,1990). Uma propriedade intrínseca do gênero é a geocarpia que ocorre após a fertilização. Nessa fase ocorre o desenvolvimento de uma estrutura alongada dotada de geotropismo positivo, denominada de ginóforo, que carrega o fruto até o solo para iniciar o desenvolvimento da vagem. Os frutos variam quanto à forma, tamanho e número de sementes em cada vagem e sua maturação gira em função do ciclo, mais longo ou mais curto dos acessos, sendo os Spanish e Valencia mais precoces e os Virginia, mais tardios (SANTOS et al., 2005a)..

2.2. Mercado nacional de amendoim

O amendoim (*A. hypogaea L.*) é uma oleaginosa apreciada em todo mundo, no Brasil, teve posição de destaque na agricultura principalmente na década de 1970, com a produção e a exportação de óleo e farelo. No entanto, devido a problemas como de mercado e exportação, além de concorrência com outras oleaginosas, entre elas, a soja, o amendoim foi perdendo espaço no cenário nacional, chegando a ocupar uma posição marginal na agricultura nacional (FREIRE et al., 2005; JOÃO e LOURENZANI, 2011).

Toda produção desse período destinava-se a atender as demandas da alimentação animal, a partir de farelo e de óleo vegetal, para consumo direto ou industrialização de produtos. Atualmente, os mercados dividem-se nos segmentos de mesa “in natura”, indústria de alimentos e oleoquímica, este último com perspectiva de crescimento devido as demandas das indústrias de óleos comestível, combustível e farmacêutica. A produção nacional é concentrada na região Sudeste, principalmente no Estado de São Paulo, responsável por quase 80% da área cultivada, seguida da Nordeste, Sul e Centro-Oeste (CONAB, 2012).

O Nordeste é um grande pólo consumidor de amendoim em função das grandes extensões das faixas litorâneas, onde é vendido nas formas torrada e cozida, e ainda nos vários festejos juninos que ocorrem desde maio até julho. Apesar da grande demanda a produção de amendoim na região ainda é pequena, cerca de 7% da produção nacional, sendo o mercado abastecido pela importação do produto vindo de São Paulo e da Argentina (SANTOS et al., 2005a).

Várias pesquisas têm demonstrado que no Nordeste o amendoim é produzido com alta qualidade devido à alta insolação, especialmente na época de colheita (BOLONHEZI, 2005; SANTOS et al., 2005a). Isso tem contribuído para o estabelecimento de novas indústrias de alimento e de óleo, movimentando a cadeia produtiva regional que é composta, mais frequentemente, por agricultores familiares.

2.3. Peculiaridades do manejo de amendoim nas pequenas propriedades

O cultivo de amendoim no Nordeste brasileiro é procedido, geralmente, por pequenos produtores, sendo as atividades de manejo realizadas pela própria família, que adotam o plantio em condições de dependência de chuva, de forma solteira ou consorciada com outras culturas, como o milho, no período das águas (SANTOS et al., 2005a).

O conhecimento das características do solo é fator importante para definir, no planejamento da cultura, o sistema de cultivo mais indicado. Para o amendoim, o cultivo pode ser realizado em quase todos os tipos de solo, contudo, o melhor rendimento é alcançado em solos bem drenados, com fertilidade razoável e de textura arenosa, a fim de favorecer a penetração dos ginóforos, o desenvolvimento das vagens e a redução de perdas na colheita. Em solos muito argilosos podem ocorrer maior perda na colheita e problemas de depreciação, devido à aderência de terra nas vagens, alterando o aspecto visual do produto (GODOY et al., 1982).

A nutrição adequada do amendoim é primordial para obtenção de alta produtividade e boa qualidade de frutos. Quando comparado com outras culturas, o amendoim extrai quantidades menores de macronutrientes primários (N, P, K), razão pela qual é comumente classificada como cultura pouco exigente em adubação (BOLONHEZI et al., 2005). Isso favorece a redução de custos com esses insumos, embora, sua ausência implique em alterações fisiológicas associadas à produção das vagens.

Em experimento conduzido com amendoim no município de Ponta de Pedras, no Pará, região Norte do Brasil, Rodrigues et al. (2004) verificaram que a aplicação de fertilizantes químicos, como o comercial NPK (10:28:30), na dose de 250 kg/ha aumentou a produtividade em cerca de 16% e, com 500 kg/ha, o incremento foi de 41%, onde a produtividade em vagens da testemunha foi de 1.212 kg/ha. Embora os custos de produção tenham sido elevados na ordem de 36% e 74%, respectivamente, o preço pago ao produtor foi compensado devido à elevação na produtividade. Nesse contexto, para minimizar despesas adicionais e ainda agregar recursos em função do que é produzido no campo, os pequenos produtores frequentemente usam esterco animal, que contribuem para melhorar a condição do solo e fornecer nutrientes, além de elevar a produção, sem aumentar os custos.

Os tratos culturais no cultivo de amendoim são práticas comuns que buscam reduzir os custos de produção e aumentar a produtividade. O manejo das plantas daninhas em pequenas propriedades é normalmente realizado através de capinas, manualmente com enxada ou tração animal (Figura 1), feitas cuidadosamente para não danificar o sistema radicular e a produção do amendoim (BOLONHEZI et al., 2005).



Figura 1. Operações de limpeza do campo para retirada das ervas daninhas por meio de capinas com enxada (esquerda) e a tração animal (direita). (Foto: Roseane C. Santos)

A colheita se inicia entre 85 e 110 dias, dependendo da precocidade da cultivar, sendo procedida por meio de arranquio manual. Após essa etapa, as plantas são enleiradas para secagem de modo a reduzir a umidade das sementes (Figura 2). O despencamento das vagens é manual e ocorre quando elas estão completamente secas, com cerca de 8% a 10% de umidade (BOLONHEZI et al., 2005). Nas pequenas propriedades, a secagem é frequentemente realizada em terreiro, deixando-se as plantas expostas ao sol por, pelo menos, três dias seguidos.



Figura 2. Operações de colheita (esquerda) e beneficiamento (direita) de amendoim realizado com mão de obra familiar. (Foto: Roseane C. Santos)

Dependendo do preço do produto no mercado, que sempre é atraente, especialmente durante os eventos juninos, a produção é escoada rapidamente; quando não, as vagens são

estocadas em sacos de aniagens e em ambientes arejados, aguardando melhor condição de comercialização.

Quanto às atividades de colheita e pós-colheita, por serem as mais onerosas no sistema geral do cultivo, os agricultores fazem uso da mão-de-obra familiar, o que reduz os custos, especialmente na Zona da Mata onde as diárias são mais elevadas devido à lavoura da cana de açúcar (MELO FILHO e SANTOS, 2010).

Com relação às cultivares, a maioria registrada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) foi desenvolvida pelo Instituto Agronômico de Campinas, IAC, sendo indicadas para manejo na região Sudeste. A Embrapa é detentora de quatro cultivares, todas indicadas para a região Nordeste e apresentam alto potencial produtivo e adaptação ao clima semiárido (SANTOS et al., 2005a). A maioria tem porte ereto e ciclo curto, entre 85 e 90 dias, representadas por BR 1, BRS 151 L7 e BRS Havana (Figura 3). Para atender o mercado de óleo, a Embrapa lançou em 2010 a BRS Pérola Branca (Figura 4), de ciclo rasteiro e com ciclo de apenas 115 dias, além de elevado teor de óleo. O objetivo de lançamento foi a demanda por cultivar rasteiro para as áreas irrigadas do vale do São Francisco, com elevado teor de óleo para alimentar a indústria oleoquímica. A BRS Pérola Branca tem teor de óleo acima de 50% (SANTOS et al., 2012a).

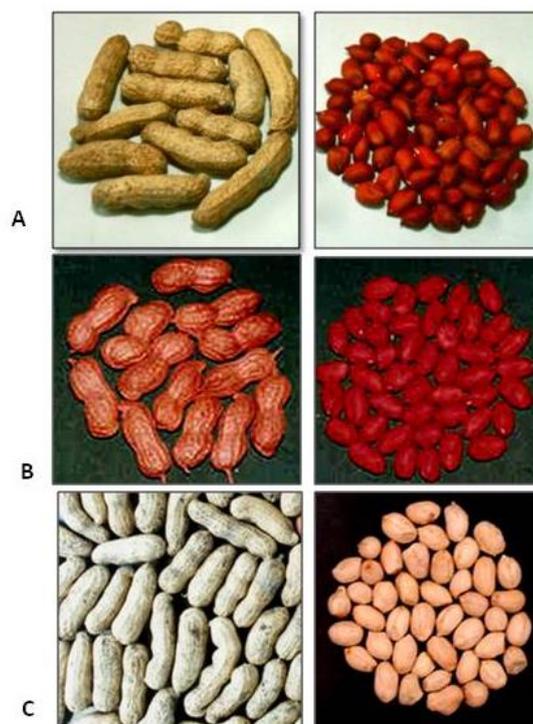


Figura 3. Padrão de vagens e sementes das cultivares eretas da Embrapa, a- BR 1, b- BRS 151 L7 e c- BRS Havana. (Foto: Roseane C. Santos.)



Figura 4. Padrão de vagens e sementes da cultivar rasteira da Embrapa, BRS Pérola Branca. (Foto: Roseane C. Santos)

2.4. Ação biológica do nitrogênio em plantas

O nitrogênio é um macronutriente encontrado em muitos compostos orgânicos, incluindo os aminoácidos e os ácidos nucleicos. Consequentemente, as plantas requerem maiores

quantidades de nitrogênio do que de qualquer outro nutriente mineral e a disponibilidade deste no solo limita a produtividade das plantas em ecossistemas naturais e agrícolas (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Sua deficiência leva a vários níveis de clorose além de enfraquecimento, inibindo o crescimento e limitando a produção.

Por ser um elemento móvel nas plantas, os primeiros sintomas aparecem nas folhas mais velhas, translocando-se, a seguir, para as mais jovens, delineando uma clorose generalizada. Quando essa deficiência se desenvolve lentamente, as plantas apresentam hastes delgadas e geralmente lenhosas, devido ao acúmulo de carboidratos que não podem ser usados na síntese de aminoácidos e outros compostos nitrogenados. Os carboidratos não utilizados no metabolismo do nitrogênio podem ser usados na síntese de antocianina, o que leva ao acúmulo desse pigmento, tornando as folhas arroxeadas (TAIZ e ZEIGER, 2009; EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Bactérias presentes naturalmente nos solos são capazes de converter o nitrogênio (N₂) atmosférico em amônio (NH₃) por meio de nódulos formados nas raízes de plantas leguminosas. Isso ocorre graças à simbiose estabelecida entre bactérias e plantas, essas bactérias são chamadas coletivamente de rizóbios e pertencem aos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Alorhizobium* e *Mesorhizobium*, entre outros (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

O amendoim é considerado uma espécie capaz de nodular com uma ampla faixa de rizóbios nativos do solo. Por esse motivo, a maximização da FBN nessa espécie costuma ser pouco eficiente, entretanto a inoculação com estirpes selecionadas é capaz de aumentar a efetividade da simbiose e aumentar o rendimento do amendoim. O sucesso da seleção de uma simbiose eficiente é dependente do conhecimento da variabilidade genética do macro e do microsimbionte (BORGES, 2006; BORGES et al., 2007; HOFFMAN et al., 2007; SANTOS et al., 2007a; SANTOS et al., 2007b).

No Brasil, a inoculação não é uma prática comum, embora diversos estudos tenham sido realizados visando encontrar e catalogar estirpes eficientes para a cultura a fim de maximizar a produção (BORGES et al., 2007; HOFFMAN et al., 2007; SANTOS et al., 2007a; SANTOS et al., 2007b). Atualmente, segundo recomendação do MAPA (MAPA, 2011), há uma estirpe de *Bradyrhizobium* sp., SEMIA 6144, autorizada para inoculação na cultura do amendoim.

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) apresenta muitas vantagens, no que se refere ao aspecto econômico, como total aproveitamento do nitrogênio fixado, o que não ocorre quando se utilizam fertilizantes químicos. Quanto aos benefícios ambientais, não polui e enriquece o solo com nitrogênio, que será aproveitado pela cultura seguinte, reduzindo os custos com adubos nitrogenados (MELLO et al., 1999; SILVA et al., 2009), além de reduzir a liberação de nitratos

em rios, lagos e lençóis de água subterrânea, evitando dessa forma o fenômeno da eutrofização, o que compromete a qualidade das águas (BRAGA, 2005).

A eficiência da nodulação depende da relação direta entre genótipo e microorganismo, assim como da cobertura vegetal do solo utilizado (SANTOS et al., 2005b). O amendoim é uma planta capaz de estabelecer associações simbióticas com estirpes nativas de rizóbios e se beneficiar desta interação em condições de baixa disponibilidade de N no solo (BORGES, 2006; BORGES et al., 2007). O número e a massa seca dos nódulos nas raízes são parâmetros indiretos que estimam a eficiência da FBN (PEIXOTO et al., 2010), que, dependendo do montante, proporcionam aumento do peso seco da parte aérea e incremento da produção (SANTOS et al., 2007a).

Apesar de vários estudos demonstrarem o benefício resultante da interação do amendoim com adição de inoculantes a base de *Rhizobium*, o histórico de uso e a textura do solo são aspectos que influenciam diretamente na formação dos nódulos radiculares e indiretamente no ganho de produtividade.

Em ensaios realizados com amendoim na região de Marília, SP, em solos de textura arenosa e argilosa, ambos com e sem aplicação de inoculante, Montans et al. (2008) verificaram que o número de nódulos nas plantas, o peso seco da parte aérea e o peso seco das raízes não foram influenciados pela adição do inoculante nos tratamentos com solo arenoso, contudo, verificou-se expressiva resposta dessas variáveis, na ordem de 78%, 41% e 33%, respectivamente, nos tratamentos com solo argiloso. O autor sugere que a falta de resposta no tratamento com solo arenoso deve-se a presença de uma população autóctone eficiente capaz de nodular o amendoim. Já a resposta vista no solo argiloso, por não ter histórico de produções anteriores, sugere-se que o inoculante não competiu com nenhum tipo de população autóctone, comprovando sua eficiência.

Tais resultados corroboram com Santos et al. (2005b) que estudando a efetividade de rizóbios nativos e isolados em solos da região Nordeste, verificaram que solos sem histórico de produções anteriores proporciona ao inoculante alta eficiência de nodulação, pois não há competição com rizóbios nativos ou já introduzidos no solo.

Em sistemas de cultivo que carecem de fonte de nitrogênio químico, recomenda-se aplicar pequenas quantidades no solo, uma vez que o uso demasiado pode inibir a nodulação. Quando, contudo, o pH não estiver na faixa adequada para a fixação biológica (entre 5,9 e 6,3) ou o amendoim estiver sendo cultivado pela primeira vez, recomenda-se aplicação de nitrogênio mineral (BOLONHEZI et al., 2005).

Santos et al. (2010b) realizaram um experimento em Cruz das Almas, BA, visando avaliar o rendimento e produção do amendoim em função da interação P x N. Os autores verificaram que a produção de massa seca das folhas, nos tratamentos com P foi maior nos tratamentos sem N, demonstrando que a quantidade de N presente no solo, na sua maioria proveniente da decomposição da matéria orgânica e da FBN, foi capaz de suprir as plantas, proporcionando melhores resultados para essa variável. Quanto à produção de grãos, verificaram resposta significativa à adubação com P e N, de maneira isolada, onde o N aplicado proporcionou rendimento de grãos superior a 8%, em relação ao tratamento sem adubação.

Outros trabalhos envolvendo a aplicação de fontes de N tem sido reportados com outras culturas de ciclo curto, como cenoura, gramíneas, feijão e alface. Tais estudos demonstram que a medida que se elevam as doses de N, ocorre uma redução na eficiência de utilização do mesmo, com conseqüente perda de produtividade. A adição de doses crescentes de nitrogênio, o maior incremento na produção é obtido apenas com a primeira dose (CARNICELLI et al., 2000; MENEGATTI et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003; ALMEIDA et al., 2008). As demais aplicações sucessivas, especialmente se não estiver sendo demandada pela planta, são de baixo nível de consumo, além de encarecer os custos do manejo, tanto pela aquisição do fertilizante quanto pela mão de obra para aplicação. Desta forma, um manejo racional, em que se aperfeiçoem as fontes e quantidades de fertilizante, é a maneira mais eficiente para que se obtenha uma melhor relação custo/benefício em qualquer sistema agrícola.

3. MATERIAL E METÓDOS

3.1. Condução do experimento

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Algodão, em Campina Grande, PB (07°13'S; 53°31'W), na estação seca (set/dez) de 2012. Três genótipos eretos, constituídos de duas cultivares (BR 1 e BRS Havana) e uma linhagem avançada (L7 Bege), foram utilizados para o estudo.

A análise do solo revelou os percentuais de pH (5,2 H₂O 1:2,5), Ca⁺² (1,8 mmolc/dm³), K⁺ (4,3 mmolc/dm³), P (2,1 mg/dm³) e de matéria orgânica (4,7 g/kg de solo).

O plantio foi realizado em vasos (50 cm de diâmetro) contendo solo de textura arenosa, coletado de margem de rio no município de Pocinhos, PB. Procedeu-se calagem utilizando Calcário dolomítico (360 g/vaso), incorporado-o ao solo 10 dias antes do plantio. Após a calagem, colocou-se água nos vasos até atingir sua capacidade de campo, mantendo-a durante todo o experimento por meio de regas diárias.

A fertilização do solo foi realizada adicionando-se Superfosfato simples (1,5 g/planta) e Óxido de potássio (0,25 g/planta) no dia da realização do plantio, atendendo recomendação de fertilizantes para amendoim. Três sementes de cada genótipo foram plantadas/vaso, deixando-se duas plantas, após o desbaste, realizado aos 10 dias após a emergência.

Os três tratamentos foram: 1- manejo sem aplicação de fontes de nitrogênio, 2- manejo com nitrogênio mineral (Sulfato de amônio) e 3- manejo com inoculação da estirpe BR 1405 (SEMIA 6144) de *Bradyrhizobium*. O Sulfato de amônio foi colocado na quantidade de 0,5g/planta diretamente no solo no momento do plantio. Como base do inoculante, utilizou-se o isolado BR 1405 (SEMIA 6144) de *Bradyrhizobium* sp., segundo recomendação do MAPA (2011), o qual foi cedido pela Embrapa Semiárido. A bactéria foi cultivada em meio líquido "Yeast Extract Malt Agar", YMA (glicose 1%, agar 2%, peptona 0,5%, malte 0,3%, extrato de levedura 0,3%) à 28°C, sob agitação, por 7 dias até o final da fase exponencial de crescimento

das bactérias (VINCENT, 1970). Para cada vaso, aplicaram-se 2 mL do inoculante ($1,0 \times 10^9$ UFC/mL), diretamente na cova, após o plantio das sementes.

Todas as sementes foram previamente desinfestadas superficialmente com Etanol 96°GL por 30 segundos, Hipoclorito de sódio (1%, v/v) por 3 minutos, seguido de 10 lavagens sucessivas em Água destilada autoclavada (VINCENT, 1970). O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 (variedades) x 3 (fontes de N), com cinco repetições.

A colheita foi procedida manualmente aos 90 dias após o plantio. As variáveis agronômicas avaliadas foram realizadas primeiramente com as plantas frescas, avaliando-se o número de nódulos e o comprimento das raízes e com as plantas secas, foram avaliados o peso das raízes e das vagens.

3.2. Análise dos macronutrientes

As análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas - LSNP, da Embrapa Algodão, em Campina Grande, PB. Folhas completamente expandidas, situadas no terço médio das plantas, foram coletadas no final do ciclo dos genótipos, secadas em estufa de circulação forçada a 70 °C/72 h, e trituradas em moinho tipo Wiley com peneiras de 20 mesh.

Os macronutrientes N, P e K foram determinados por digestão sulfúrica mais catalisadores, quantificando-se os teores de N e P por colorimetria e o K por fotometria de chama (Analyser, mod. 910 M.), enquanto que os minerais Ca, Mg e S, foram determinados por digestão nítrica-perclórica, sendo os conteúdos de Ca e Mg dosados por complexometria pelo EDTA e S por colorimetria. Todas as análises foram conduzidas no Laboratório Multidisciplinar, da Embrapa Algodão, em triplicata, seguindo recomendações da *Association of Official Analytical Chemists* (1980), com modificações e metodologia descrita em Malavolta et al. (1989).

3.3. Trocas gasosas foliares

Medidas de trocas gasosas foram realizadas por meio de um analisador portátil de trocas gasosas foliares baseado no sistema IRGA (*Infra Red Gas Analyser*, LI-6400, LI-COR, USA) para medir as taxas de fotossíntese líquida (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gf, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), transpiração (E, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), e a relação entre a concentração interna e

externa de CO₂ na folha (C_i/C_a) em função do cálculo da diferença entre o ar atmosférico (ar de referência) e o ar oriundo da câmara foliar (ar analisado).

As medidas foram feitas no final do ciclo dos genótipos (90 dias após plantio) em folhas completamente expandidas, situadas no terço médio das plantas no período da manhã, entre as 09:00 e 11:00 horas com variação da temperatura, umidade relativa do ar e fluxo de fótons fotossintéticos de 26-33°C, 40-65% e 1600-2200 μmol m⁻².s⁻¹, respectivamente. O ar de referência foi coletado a aproximadamente 4 m de distância do local de realização das análises e homogeneizado em um galão de 5 L antes de alcançar a câmara foliar.

3.4. Análise estatística

Após a coleta dos dados químicos e agrônômicos, procedeu-se à análise de variância, utilizando-se o Programa SAS versão 9.1.3 (SAS, 2005). As médias das variáveis agrônômicas e químicas foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados coletados das variáveis fisiológicas foram analisados pelo Programa SISVAR versão 5.0 (FERREIRA, 2008) e as médias foram comparadas pelo teste de SNK, a 10% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manejo das três cultivares nos tratamentos estabelecidos não alterou o início de floração das plantas nem o período de maturação das vagens, que ocorreram, conforme já estabelecido para as cultivares eretas da Embrapa, entre 21-23 e 87-90 dias após a emergência (SANTOS et al., 2005a). A altura, contudo, teve redução média de 60% em todas as plantas, que não ultrapassaram 15 cm, em função do tipo de solo em que foram cultivadas (Figura 5).



Figura 5. Detalhe das plantas de amendoim, aos 80 dias após a emergência. L7 bege no tratamento controle (esquerda), com Sulfato de amônia (centro) e com *Bradyrhizobium* (direita). Foto: Emanuelle B. S. Melo.

Na Tabela 1 encontra-se a síntese da análise de variância para os macronutrientes de folhas de amendoim cultivados com duas fontes de Nitrogênio (N). Verificou-se diferença estatística significativa entre genótipos (G), tratamentos (T) e na interação GxT, apenas para a teor de N. A média dos genótipos para os teores de P, K, Ca, Mg e S encontra-se na Tabela 2. A ausência de diferença estatística para estes nutrientes está, provavelmente, associada à

disponibilidade prévia de Carbonato de cálcio, Superfosfato simples e Óxido de potássio que foram fornecidos a todos os genótipos por meio da correção e fertilização do solo.

Tabela 1. Síntese da análise de variância para os macronutrientes de folhas de amendoim coletadas de plantas cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio.

| FV | GL | QM | | | | | |
|----------------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S |
| G | 2 | 0,39* | 0,05 | 0,25 | 9,75 | 0,34 | 0,09 |
| T | 2 | 5,03* | 0,01 | 1,50 | 10,02 | 0,07 | 0,06 |
| GxT | 4 | 5,73* | 0,04 | 1,56 | 8,00 | 0,15 | 0,04 |
| Resíduo | 24 | 0,28 | 0,01 | 0,14 | 0,16 | 0,02 | 0,01 |
| Total | 44 | | | | | | |
| CV (%) | | 2,18 | 0,19 | 1,08 | 3,50 | 0,46 | 0,27 |

*Significativo e NS- Não Significativo a 5% pelo teste de Tukey. QM- Quadrado médio, FV- Fonte de variação, GL- Graus de liberdade, N- Nitrogênio, P- Fósforo, K- Potássio, Ca- Cálcio, Mg- Magnésio, S- Enxofre, G- Genótipos, T- tratamentos, CV- coeficiente de variação, GxT- Interação Genótipo Tratamento.

Tabela 2. Média dos tratamentos para os teores de P, K, Ca, Mg e S (%) em folhas de amendoim.

| Genótipos | Fósforo | Potássio | Cálcio | Magnésio | Enxofre |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BR 1 | 0,21 | 1,43 | 4,09 | 0,54 | 0,33 |
| Havana | 0,24 | 1,28 | 3,87 | 0,53 | 0,30 |
| L7 Bege | 0,20 | 1,42 | 3,84 | 0,46 | 0,28 |
| Média | 0,22 | 1,38 | 3,93 | 0,51 | 0,30 |

Na Tabela 3 encontram-se as médias obtidas para a concentração de N. Verificou-se que os três genótipos foram responsivos à presença de N e que, embora todos tenham se enquadrado no mesmo grupo estatístico, a linhagem L7 bege teve maior assimilação, com 27% e 62%, quando cultivada com Sulfato de amônio e *Bradyrhizobium*, respectivamente.

Resposta diferencial de genótipos de amendoim quanto à fertilização de nitrogênio mineral também tem sido verificada em outros trabalhos. Feitosa et al. (1993) estudaram cultivares paulistas quanto ao crescimento e absorção de nutrientes em vários tecidos das plantas, cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro, álico, com textura moderada. Os autores verificaram variação muito pequena na porcentagem de N total absorvida, na faixa de 12% e reportaram que o maior acúmulo desse nutriente coincide com a maior produção de matéria seca, ou seja, até os 85 dias para as cultivares de porte ereto e até os 100 dias para as rasteiras. Com os genótipos utilizados neste trabalho, a média do acúmulo de N nas folhas assemelha-se ao encontrado por Feitosa et al. (1993), quando as plantas foram cultivadas com Sulfato de amônio (14%), no entanto, esse acúmulo é quadruplicado na presença do inoculante (43%). Isso denota que, mesmo em solos arenosos, que tem como característica baixa retenção hídrica, o benefício advindo da fertilização nitrogenada é suficiente para garantir às plantas do amendoim crescimento vegetativo adequado que promova seu desenvolvimento. A planta de amendoim é de ciclo indeterminado. Isso indica que a fase de crescimento vegetativo interage com a reprodutiva de modo que, os elementos necessários para garantir síntese de aminoácidos e proteína devem estar sendo permanentemente produzidos para gerar energia suficiente para formação e desenvolvimento das vagens.

Tabela 3. Percentual de Nitrogênio em folhas de amendoim coletadas de plantas cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio.

| Genótipos | Nitrogênio | | | | |
|-------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | C | SA | %C | BR | %C |
| BR 1 | 2,27ABa | 2,59ABa | 14 | 3,22Aa | 42 |
| BRS Havana | 2,45ABa | 2,22ABab | - | 3,09Aab | 26 |
| L7 Bege | 1,78Bab | 2,26ABab | 27 | 2,88Aab | 62 |
| Média | 2,17 | 2,36 | 14 | 3,06 | 43 |

C- controle (sem Nitrogênio), SA- Sulfato de amônio, BR- *Bradyrhizobium*. %C- diferença do tratamento em relação ao controle. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras em maiúsculo comparam entre tratamentos (fontes de nitrogênio) e em minúsculo, entre genótipos.

Na Tabela 4 encontram-se uma síntese da análise de variância de quatro variáveis agronômicas coletadas no final do ciclo e as respectivas médias obtidas no experimento. Todos os genótipos diferiram estatisticamente em todas as variáveis, porém, entre tratamentos, diferenças foram observadas apenas para número de nódulos e peso das vagens, sendo essas características, portanto, as mais responsivas aos tratamentos em que os genótipos foram submetidos, nas condições estabelecidas neste experimento. As médias obtidas para cada variável encontram-se na Tabela 5.

Tabela 4. Síntese da análise de variância para comprimento e peso das raízes, número de nódulos e peso das vagens de genótipos de amendoim cultivados sob diferentes fontes de nitrogênio.

| FV | GL | QM | | | |
|----------------|----|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | CR | PR | NN | PV |
| G | 2 | 23,02* | 13,52* | 8,47* | 13,61* |
| T | 2 | 108,01 ^{NS} | 93,03 ^{NS} | 68,47* | 38,73* |
| GxT | 4 | 43,75 ^{NS} | 34,56 ^{NS} | 76,56 ^{NS} | 63,00 ^{NS} |
| Resíduo | 24 | 1,26 | 2,36 | 4,36 | 39,07 |
| Total | 44 | | | | |
| CV (%) | | 13,84 | 18,23 | 26,76 | 14,73 |

*Significativo e **NS**- Não significativo a 5% pelo teste de F. **FV**- Fonte de variação, **GL**- Graus de liberdade, **CR**- Comprimento da raiz, **PR**- Peso da raiz, **NN**- Número de nódulos, **PV**- Peso das vagens, **G**- genótipos, **T**- tratamentos, **CV**- coeficiente de variação.

Tabela 5. Média de comprimento e peso das raízes, número de nódulos e peso das vagens de genótipos de amendoim cultivados sob diferentes fontes de nitrogênio.

| Genótipos | CR | | | PR | | | NN | | | PV | | |
|----------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| | C | SA | BR | C | SA | BR | C | SA | BR | C | SA | BR |
| BR 1 | 18Aa | 16Ab | 18Aa | 1,5Aa | 1,4Aab | 1,3Aa | 60Aa | 18Cb | 31Bb | 3,3Aa | 2,7Ab | 3,1Ab |
| Havana | 15Aab | 14Ab | 13Ab | 1,3Aa | 1,4Aab | 1,3Aa | 23Bb | 15Cb | 32Ab | 2,2Bb | 1,6Bc | 3,2Ab |
| L7 bege | 19Aa | 21Aa | 19Aa | 1,4Aa | 1,6Aa | 1,4Aa | 63Aa | 63Aa | 49Ba | 3,0Bab | 4,2Aa | 3,8Aa |
| Média | 17 | 17 | 17 | 1,4 | 1,5 | 1,3 | 49 | 32 | 37 | 2,9 | 2,9 | 3,3 |

CR- Comprimento da raiz, **PR**- Peso da raiz, **NN**- Número de nódulos, **PV**- Peso das vagens, **C**- controle (sem Nitrogênio), **SA**- Sulfato de amônio, **BR**- *Bradyrhizobium* sp. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras em maiúsculo comparam entre tratamentos (fontes de nitrogênio) e em minúsculo, entre genótipos.

O número de nódulos foi superior no tratamento sem nitrogênio para BR 1 e L7 Bege, indicando que as estirpes nativas no solo foram capazes de suprir as plantas com N fixado por meio da simbiose, sendo mais competitivas do que a recomendada pelo MAPA. Verificou-se ainda que, pelo menos para BR 1 e BRS Havana, a adição de sulfato de amônio não se constituiu em benefício na interação com as estirpes nativas, para elevar o número de nódulos. Silva et al. (2008) também chegaram a mesma conclusão quando trabalharam com feijão-caupi cultivado em Planossolo de textura superficial franco-arenosa sob diferentes tratamentos. Os tratamentos consistiram da inoculação das sementes, avaliando-se dois isolados nativos do local do experimento, três estirpes recomendadas pela Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologias de Inoculantes Microbiológicos de Interesse Agrícola – RELARE (BR 3267; INPA 3-11B; UFLA 3-84), e uma selecionada para feijão-caupi em solos ácidos (NFB 700) pela equipe do Núcleo de Fixação Biológica do N nos Trópicos (NFBNT – UFRPE). Dois tratamentos não inoculados foram acrescentados ao experimento, sendo um com N mineral, e outro sem fertilização nitrogenada. Os autores verificaram elevação no número de nódulos nos tratamentos livres de N químico e sem inoculação, sugerindo à presença de uma população de rizóbios autóctone efetiva quanto à fixação de N, considerando o histórico de cultivo da região, tornando desnecessária a inoculação das sementes e a adubação, logo, a população rizobiana existente no solo em que o experimento foi realizado mostrou-se bastante efetiva na FBN em feijão-caupi.

Embora a resposta à inoculação dependa da interação entre genótipo x isolado, segundo alguns autores, um fator que pode dificultar o estabelecimento da estirpe inoculada é que as estirpes nativas encontram-se amplamente distribuídas ao longo dos perfis do solo enquanto que as estirpes inoculadas nas sementes permanecem logo nas primeiras camadas (SANTOS et al., 2005b; BOGINO et al., 2008; GARCIA et al., 2009). Isso poderia contribuir para uma melhor resposta no amendoim, já que, em média, o sistema radicular situa-se entre os primeiros 30 cm do solo (NOGUEIRA e TÁVORA, 2005). Assim, acredita-se que a falta de contribuição da inoculação na formação dos nódulos visto nos genótipos deste estudo, pode estar associada, além da resposta varietal, também a textura e umidade do solo. Como o utilizado neste trabalho foi de textura arenosa, logo, de alta lixiviação e baixa retenção hídrica, isso pode ter limitado a melhor expressão do isolado BR 1405, nos genótipos BR 1 e L7 bege. Na literatura, alguns autores reportam que a BR 1 tem habilidade para realizar simbiose com ampla faixa de rizóbios, nativos e inoculados, o que a torna inespecífica a determinados isolados e mais apta para fixar o N por meio de rizóbios (SANTOS et al., 2005b; HOFFMAN et al., 2007).

A cultivar BRS Havana foi a única que revelou resposta positiva para número de nódulos no tratamento com *Bradyrhizobium*, indicando, portanto, ter melhor eficiência na nodulação por meio da inoculação da estirpe BR 1405. É possível que em solos francos, as respostas com esta cultivar e o mesmo isolado sejam mais expressivas.

Quanto à produção de vagens, verificou-se que L7 bege respondeu positivamente a adição de ambas as fontes de nitrogênio, enquanto que a BRS Havana respondeu positivamente apenas ao inoculante, confirmando, mais uma vez, que essa cultivar teve mais habilidade para se beneficiar da interação com o isolado selecionado. A produção da BR 1 foi, estatisticamente, a mesma em qualquer tratamento. Como esta cultivar é de larga adaptação ao ambiente Semiárido (SANTOS et al., 2010a; GRACIANO et al., 2011; PEREIRA et al., 2012) e muito requisitada pelos agricultores regionais, os resultados verificados neste estudo abrem oportunidade para prospecção de novos isolados, coletados em áreas produtoras de amendoim, e de estudos que evidenciem maior leque de abrangência deles para as cultivares comerciais desenvolvidas pela Embrapa.

Com relação às análises fisiológicas realizadas com auxílio do IRGA, verificou-se diferença estatística significativa apenas entre os tratamentos para a variável Ci/Ca. As médias para cada variável encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Média das variáveis, fotossíntese líquida (F), condutância estomática (CE), transpiração (T), relação entre a concentração interna e externa de CO₂ (Ci/Ca), eficiência relativa de carboxilação (ERC) e eficiência no uso de água (EUA) estimadas nos genótipos nos três tratamentos.

| Tratamento | F (umol CO₂ m⁻².s⁻¹) | CE (mol H₂O m⁻².s⁻¹) | T (mmol H₂O m⁻².s⁻¹) | Ci/Ca | ERC (umol CO₂/ppmCO₂) | EUA (umol CO₂/molH₂O) |
|-------------------|--|--|--|--------------|--|--|
| C | 24,18a | 0,37a | 10,30a | 0,65a | 0,119a | 2,389a |
| SA | 25,00a | 0,36a | 11,72a | 0,64a | 0,109a | 2,434a |
| BR | 26,62a | 0,34a | 10,28a | 0,58b | 0,105a | 2,446a |
| Média | 25,27 | 0,36 | 10,77 | 0,62 | 0,111 | 2,423 |

C- controle (sem Nitrogênio), **SA-** Sulfato de amônio, **BR-** *Bradyrhizobium* sp. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de SNK a 10%.

A relação Ci/Ca estima a concentração interna e externa de CO₂ na folha; quanto menor essa relação, maior eficiência da fotossíntese, podendo implicar, em algumas culturas, em incremento da produção (KASCHUK et al., 2012). Nos tratamentos avaliados neste estudo, o menor valor de Ci/Ca foi obtido nos tratamentos com *Bradyrhizobium* indicando que, de maneira geral, o processo de FBN contribuiu para uma melhor relação fotossintética dos genótipos.

KASCHUK et al., (2012) estudaram a adaptação fotossintética da soja baseada na eficiência de dois isolados de *Bradyrhizobium*, e reportaram que a inoculação promoveu o aumento no número de nódulos, com conseqüente incremento da produtividade e redução da taxa fotossintética, logo a planta reduziu gastos energéticos para obtenção de N, aumentando o acúmulo de biomassa aérea e de N em toda planta, com conseqüente aumento da produtividade. Nos tratamentos não inoculados, os autores verificaram uma taxa fotossintética maior em relação aos tratamentos inoculados, sugerindo um maior gasto energético dessas plantas para suprir suas necessidades por N, logo à ausência ou redução no número de nódulos diminui a disponibilidade desse elemento, restringindo seu desenvolvimento e sua produtividade.

Baseados nos resultados deste trabalho, conclui-se que, mesmo em solos de baixa retenção hídrica, o uso de fertilizante biológico promove melhoria na formação de nódulos e na produção de vagens, devido à melhor disponibilização de nitrogênio nas folhas e,

consequentemente, maior eficiência fotossintética. Um aspecto que deve ser considerado, contudo, é que apesar dos benefícios da FBN, a resposta genótipo-dependente aos isolados limita a melhor resposta na produtividade o que leva a uma demanda na identificação de isolados que tenham maior lastro de eficiência para um maior número de cultivares comerciais. Considerando-se a diversidade de ambientes em que o amendoim é nacionalmente cultivado, a prospecção focada nas áreas de produção pode contribuir na identificação de isolados mais eficientes, que possam garantir uma produtividade de forma mais previsível. Há várias equipes de pesquisadores conduzindo estudos dessa natureza, focalizando em umas poucas cultivares. Apesar dos esforços, o isolado BRS 1405, continua sendo o único isolado recomendado pelo MAPA.

5. CONCLUSÕES

- O genótipo L7 bege revelou incremento de 27% e 62% nos teores de N nas folhas, quando cultivada na presença de Sulfato de amônio e *Bradyrhizobium*, respectivamente.

- A cultivar BRS Havana foi a única que revelou resposta positiva para número de nódulos no tratamento com *Bradyrhizobium*.

- O genótipo L7 bege respondeu positivamente para produção de vagens em ambas as fontes de nitrogênio, enquanto que a BRS Havana respondeu positivamente apenas ao inoculante.

- Nenhum genótipo mostrou diferença estatística para as variáveis fisiológicas estudadas, contudo, os tratamentos com *Bradyrhizobium* revelaram menor relação Ci/Ca, indicando que o processo de FBN contribuiu para uma melhor relação fotossintética dos genótipos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.M.T.B.; LIXA, A.T.; SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H.S.; DE-POLLI, H.; RIBEIRO, R.L.D. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.6, p.675-682, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. In: WILLIAMS, S. (Ed). **Official Methods of Analysis**. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1980.

BOGINO, P.; BANCHIO, E.; BONFIGLIO, C.; GIORDANO, W. Competitiveness of Bradyrhizobium sp. strain in soils containing indigenous rhizobia. **Current Microbiology Heidelberg**, v. 56, n.1, p.66-72, 2008.

BOLONHEZI, D. Colheita e pós-colheita do amendoim. In: SANTOS, R. C. (ed). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 1. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005, p.245-261.

BOLONHEZI, D.; SANTOS, R.C.; GODOY, I.J. Manejo cultural do amendoim. In: SANTOS, R.C. (ed). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 1. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005, p.193-244.

BORGES, W.L. **Análise da variabilidade genética e avaliação da fixação biológica de nitrogênio entre acessos de amendoim (*Arachis hypogaea L.*)**. Rio de Janeiro, 2006. 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

BORGES, W.L.; SILVA, C.E.R.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. Nodulação e fixação biológica de nitrogênio de acessos de amendoim com estirpes nativas de rizóbios. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.32-37, 2007.

BRAGA, B. et al. *Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

CARNICELLI, J.H.; PEREIRA, P.R.G.; FONTES, P.C.R.; CAMARGO, M.I. Índices de nitrogênio na planta relacionados com a produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**, v.18, n.8, p.808-810, 2000.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2011/2012**. Brasília: Décimo Segundo Levantamento, 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral das plantas**. Londrina: Editora Planta, 2006.

FÁVERO, A.R. ; SIMPSON, C.E.; VALLS, J.F.M. ; VELLO, N.A. Study of the evolution of cultivated peanut through crossability studies among *A. ipaensis*, *A. duraanensis*, and *A. hypogaea*. **Crop Science**. v. 46, p.1546-1555, 2006.

FEITOSA, C.T.; NOGUEIRA, S.S.S.; GERIN, M.A.N.; RODRIGUES FILHO, F.S.O. Avaliação do crescimento e da utilização de nutrientes pelo amendoim. **Scientia Agrícola**, v. 50, n.3, p.427-437, 1993.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, n.1, p.36-41, 2008.

FREIRE, R.M.M.; NARAIN, N.; MIGUEL, A.M.R.O.; SANTOS, R.C. Aspectos nutricionais do amendoim e seus derivados. In: SANTOS, R.C.(Ed). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 1. ed. Campina Grande; Embrapa Algodão, 2005, p.391-420.

GARCIA, S.L.L.; PERTICARI, A.; PICCINETTI, C.; VENTIMIGLIA, L.; ARIAS, N.; BATTISTA, J.J.; ALTHABEGOITI, M.J.; MONGIARDINI, E.J.; GIMÉNEZ, J. P.; QUELAS, J. I.; LODEIRO, A.R. In-furrow inoculation and selection for higher motility enhances the efficacy of *Bradyrhizobium japonicum* nodulation in soybean. **Agronomy Journal**, v. 101, n.2, p. 357-363, 2009.

GODOY, O.P.; MARCOS FILHO, J.; CÂMARA, G.M.S. Tecnologia da produção. In: CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J.; FONSECA, H. . **Amendoim: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. . 1. ed. São Paulo: PROMOCET, 1982. p.44-53.

GODOY, I. J.; MORAES, S. A.; ZANOTTO, M. D.; SANTOS, R. C. Melhoramento em Amendoim. In: BOREM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2005. p.54-95.

GRACIANO, E.S.A.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; LIMA, D.R.M.; PACHECO, C.M.; SANTOS, R.C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.794 800, 2011.

GREGORY, W.C. KRAPOVICKAS, A. GREGORY, M. P. Structure, variation, evolution and classification in *Arachis*. In: BUNTING, S. **Advances in Legume Science**. Kew: London, 1980. p. 469-481.

HOFFMAN, L.V.; SOUSA, J.M.; JACOME, R.G.; SUASSUNA, T.M.F. Seleção de isolados de rizóbio para nodulação em amendoim. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.11, n.2, p.107-111, 2007.

JOÃO, I.S.; LOURENZANI, W.L. Análise swot do sistema agroindustrial do amendoim na região de Tupã e Marília – SP. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.13, n.2, p.243-256. 2011.

KASCHUK, G.; YIN, X.; HUNGRIA, M.; LEFFELAAR, P.A.; GUILLER, K.E. & KUYPER, T.W. 2012. Photosynthetic adaptation of soybean due to varying effectiveness of N₂ fixation by two distinct *Bradyrhizobium japonicum* strains. **Environmental and Experimental Botany**, v. 76, p.1-6.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 13, de 24 de março de 2011**. Aprovar as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução. p. 3-7, 2011.

MARCONDES, J.; FERRAUDO, A.S.; SCAQUITTO, D.C.; ALVES, L.M.C.; LEMOS, E.G.M. Efetividade na fixação biológica do nitrogênio de bactérias nativas isoladas de plantas de amendoim. **Ciência & Tecnologia**, v.1, n.1, p.21-32. 2010.

MELLO, A.M.T.; BETTI, J.A.; PIZZINATTO, M.A.; DECHEN, S.C.F.; FREITAS, S.S. **Fixação biológica do nitrogênio atmosférico**. Campinas: O Agrônomo, 1999.

MELO FILHO, P.A.; SANTOS, R.C. A cultura do amendoim no Nordeste: Situação atual e perspectivas. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v.7, p.192-208, 2010.

MENEGATTI, D.P.; ROCHA, G.P.; NETO, A.E.F.; MUNIZ, J.A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciências Agrotécnicas**, v.26, n.3, p.633-642, 2002.

MONTANS, F.M.; COSTA, A.F.; GUIMARÃES, A.M.; OLIVEIRA, P.S.R. Aplicação de inoculante, cobalto e molibdênio em amendoim cultivados em solos de diferentes texturas. **Unimar Ciências**, v.17, n.1-2, p.29-33, 2008.

NIGAM, S. N.; RAO, M. J. V.; GIBBONS, R. W. **Artificial hybridization in groundnut**. Índia: ICRISAT. v. 29, p.29-35. 1990.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; TÁVORA, F. J. A. F. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: SANTOS, R. C. (ed.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 1. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005, p.71-122.

NOVO, M.C.S.S.; CRUZ, L.S.P.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; NAGAI, V. Influência dos herbicidas aplicados em condições de pós- emergência no crescimento da planta e fixação simbiótica do nitrogênio na cultura do amendoim. **Scientia Agricola**, v.55, n.2, p.276-284, 1998.

OLIVEIRA, A.P.; SILVA, V.R.F.; ARRUDA, F.P.; NASCIMENTO, I.S.; ALVES, A.U. Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, p.77-80, 2003.

PEIXOTO, M.S.F.P.; PEIXOTO, C.C.; SAMPAIO, L.S.V.; SAMPAIO, H.S.V.; SOUZA, R.A.S.; ALMEIDA, J.R.C. Ação do herbicida alachlor na microbiota do solo, nodulação e rendimento de plantas de amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.9, n.2, p.60-70, 2010.

PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P.A.; ALBUQUERQUE, M.B.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, R.C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.766-773, 2012.

RODRIGUES, J.E.L.F.; ALVES, R.N.B.; TEIXEIRA, R.N.G. **Adubação NPK na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea L.*) cultivada em sistema de pesquisa participativa em agricultura familiar, no município de Ponta de Pedras, PA**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2004. 3p. (Comunicado Técnico, 95)

SANTOS, R.C.; GODOY, J.I.; FÁVERO, A.P. Melhoramento do amendoim. In: SANTOS, R. C. (ed.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 1. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005a, p.123-192.

SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, N.P.; FREITAS, A.D.; VIEIRA, I.M.M.B.; SEBASTIÃO, M.S.; NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Efetividade de rizóbios isolados de solos da região Nordeste do Brasil na fixação do N₂ em amendoim (*Arachis hypogaea L.*). **Acta Scientiarum – Biological Sciences**, v.27, n.2, p.301-307, 2005b.

SANTOS, R.C.; REGO, G. M.; SANTOS, C.A.F.; MELO FILHO, P.A.; SILVA, A.P.G.; GONDIM, T.M.S.; SUASSUNA, T.F. **Recomendações Técnicas para o Cultivo do Amendoim**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 7p. (Circular Técnica, 102).

SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, N.P.; BORGES, W.L.; NEVES, M.C.P.; RUNJANEK, N.G.; NASCIMENTO, L.R.; FREITAS, A.D.S.; VIEIRA, I.M.M.B.; BEZERRA, R.V. Faixa hospedeira de rizóbios isolados das espécies de *Arachis hypogaea*, *Stylosanthes guyanensis* e *Aeschynomene americana*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.20-27, 2007a.

SANTOS, C.E.R. S.; STAMFORD, N.P.; NEVES, M.C.P.; RUNJANEK, N.G.; BORGES, W.L.; BEZERRA, R. V.; FREITAS, A. D. S. Diversidade de rizóbios capazes de nodular leguminosas tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.4, p.249-256, 2007b.

SANTOS, R.C.; MELO FILHO, P.A.; GOMES, L.R. **Produção de Amendoim sob Diferentes Fontes de Adubação na Zona da Mata de Pernambuco**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007c. 13p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 85).

SANTOS, R.C.; REGO, G.M.; SILVA, A.P.G.; VASCONCELOS, J.O.L.; COUTINHO, J. L. B.; MELO FILHO, P. A. Produtividade de linhagens avançadas de amendoim em condições de sequeiro no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.589-593, 2010a.

SANTOS, A.R.; SILVA, P.C.C.; COUTO, J.L.; SOUZA, G. dos S.; LOBO, D. M. Rendimento e nutrição do amendoimzeiro em função da interação P_xN em latossolo amarelo. **Revista da FZVA**, v.17, n.2, p.233-248, 2010b.

SANTOS, R.C.; FREIRE, R.M.M.; LIMA, L.M.; ZAGONEL, G.F.; COSTA, B.J. Produtividade de grãos e óleo de genótipos de amendoim para o mercado oleoquímico. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.1, p.72-77, 2012a.

SANTOS, R.C.; SILVA, A.F.; GONDIM, T.M.S ; OLIVEIRA JUNIOR, J.O. ; ARAUJO NETO, R.B.; SAGRILO, E.; VASCONCELOS, R.A.; MELO FILHO, P.A.; SILVA FILHO, J.L. Stability and adaptability of runner peanut genotypes based on nonlinear regression and AMMI analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1118-1124, 2012b.

SAS INSTITUTE. **SAS® 9.1.3 Language Reference: Concepts**. 3. ed. Cary: SAS Institute Inc. 2005.

SILVA, R.P.; SANTOS, C.E.; LIRA JÚNIOR, M.A.; STAMFORD, N.P. Efetividade de estirpes selecionados para feijão caupi em solo da região semi-árida do sertão da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.2, p.105-110, 2008.

SILVA, A.L.P.; SANTOS, L.P.; CERDEIRO, A.P.; OBERLE, R. Adubação nitrogenada na formação de amendoim forrageiro. **Ciência e Cultura**, n.40, p.82-85, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VALLS, J. F. M.; SIMPSON, C. E. New Species of *Arachis* from Brazil. **Bonplandia**. v.14, p.35-64, 2005.

VINCENT, J.M. **A manual for the practical study of root nodule bacteria**. Oxford: Blackwell Science Publication, 1970.