

# FIXAÇÃO SIMBIÓTICA EM CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) EM FUNÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO.

Luiz Gonzaga R. Ferreira<sup>1</sup>  
Paulo F. Mendes Filho<sup>2</sup>  
Ivan M. de Albuquerque<sup>3</sup>

## RESUMO

Experimento foi conduzido em casa-de-vegetação objetivando estudar os efeitos do estresse hídrico e calor na fixação simbiótica em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp cultivar Pitiúba). A temperatura do ar variou de 22 ° C a 40,5 ° C, com 39,9 ° C sendo a temperatura mais alta observada no solo. Com relação às fontes de nitrogênio as plantas foram divididas em: inoculadas e não-inoculadas. Cinco dias após a germinação (DAG), as plantas inoculadas receberam uma mistura de quatro estirpes de *Rhizobium* previamente selecionadas para tolerância ao calor; plantas não-inoculadas receberam uréia, aos 10 DAG, como a única fonte de nitrogênio. Aos 33 DAG foi iniciado o período experimental. Em relação aos regimes hídricos, as plantas foram divididas em dois grupos: controle, no qual plantas inoculadas e não-inoculadas foram sempre mantidas irrigadas; no tratamento estressado, a irrigação foi suspensa por 15 dias, levando as plantas inoculadas e não-inoculadas a mostrarem sinais visíveis de murcha severa, ao alvorecer. Ao final do período de carência de água (45 DAG), o valor mais baixo do potencial hídrico (-1,86 MPa) foi obtido nas plantas estressadas e não-inoculadas. Embora o estresse hídrico tenha sido muito severo, 24 horas após a reidratação todas as plantas recuperaram a turgescência. Para ambos os regimes hídricos, os valores significativamente mais baixos de área foliar, peso seco da parte aérea e relação parte aérea/raiz foram observadas nas plantas inoculadas. O teor de N foliar foi relativamente mais baixo nas plantas inoculadas, em ambos os regimes hídricos. Contudo, não houve diferenças significativas nos níveis de fósforo e potássio nas folhas, para todos os tratamentos. O estresse hídrico induziu reduções progressivas no número de nódulos, mas só houve aumento na percentagem dos nódulos ineficientes, quando o estresse foi muito severo. Para o crescimento das plantas, nas con-

dições experimentais deste trabalho, o suprimento de N sob forma de uréia foi mais eficaz do que aquele resultante da fixação simbiótica.

**PALAVRAS-CHAVES:** fixação simbiótica, uréia, estresse hídrico, calor.

## ABSTRACT

A greenhouse experiment was carried out aiming to study the effects of water stress and heat in the symbiotic nitrogen fixation and mineral N absorption in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp cv Pitiúba). Air temperature ranged from 22.0 ° C to 40.5 ° C and 39.9 ° C was the highest observed soil temperature. Concerning the sources of nitrogen plants were divided into: inoculated and non-inoculated, with the first group receiving five days after germination (DAG) a mixture of four strains of *Rhizobium* previously selected for heat tolerance; non-inoculated plants received urea as the only source of nitrogen at 10 DAG. In relation to water regimes plants were divided into two groups: irrigated, in which inoculated and non-inoculated plants were always kept watered; in the water stressed treatment, at 33 DAG, irrigation was withheld for fifteen days when then both inoculated and non-inoculated plants showed visible signs of severe wilting at dawn. By the end of the water stress period (45 DAG), the lowest significant value of leaf water potential (-1.86 MPa) was observed in water stressed and non-inoculated plants. Although the water stress was very severe, 24 hours after rewatering all plants recovered the turgescence. For both water regimes the significant lowest values of leaf area, shoot dry weight and shoot/root ratio were observed in inoculated plants. The amounts of leaf N was relatively lower in inoculated plants. However, there were no significant differences concerning the amounts of leaf phosphorus and potassium for all treatments. Water stress induced progressive reductions in the number of nodules, but the increase in the number of inefficient nodules occurred only when the water stress was very severe. For the special conditions in which this experiments was carried out, the supply of mineral N as urea was more effective for plant growth than that resulted from N symbiotic fixation.

**KEY WORDS:** symbiotic fixation, urea, water stress, heat

<sup>1</sup>Engo.Agro.,Ph.D.,Prof.Titular da UFC  
<sup>2</sup>Engo.Agro.,M.Sc.,Prof.Adjunto da UFC  
<sup>3</sup>Engo.Agro.,M.Sc.,Técnico da UFC

## INTRODUÇÃO

A cultura do caupi se constitui na principal fonte de proteína na alimentação humana no Nordeste do Brasil. Cultivada normalmente sob condições de agricultura de sequeiro e sem aplicação de adubação mineral, alcança baixos valores de produtividade. A falta de emprego de técnicas adequadas de manejo que confirmam maior tolerância da cultura às condições climáticas adversas do semi-árido, constitui-se em importante fator limitante.

Nas leguminosas, a nodulação e a atividade da nitrogenase são reduzidas pelo estresse hídrico, resultando em baixa fixação simbiótica do N<sub>2</sub> com uma conseqüente redução da produção de grãos (DAKORA & ATKINS <sup>4</sup>). Uma simbiose efetiva caupi - Rhizobium pode fixar mais de 150 kg N/ha e suprir de 80 a 90% do nitrogênio requerido pela planta (EAGLESHAM et alii<sup>5</sup>; SUMMERFIELD et alii<sup>18</sup>). Esta simbiose permite ao caupi alcançar níveis adequados de produção nos solos deficientes em N, nos quais as culturas não inoculadas, geralmente, falham.

O caupi é cultivado predominantemente, nos solos tropicais e equatoriais sujeitos a diversas formas de estresse que afetam o Rhizobium, a planta hospedeira, o processo de nodulação e a eficiência simbiótica. No Nordeste do Brasil, a carência hídrica vem normalmente associada às elevadas temperaturas do solo, que muito concorrem para reduzir a capacidade simbiótica. No entanto, as estirpes de Rhizobium com afinidade pelo caupi, provenientes das regiões quentes e secas, são mais tolerantes ao calor do que aquelas originárias de zonas temperadas.

O presente trabalho objetiva determinar, em caupi, a influência do estresse hídrico e elevadas temperaturas do solo no desenvolvimento das plantas, na capacidade de nodulação e fixação do N atmosférico. Foi utilizada uma mistura de estirpes selecionadas de Rhizobium isoladas de solos de várias microrregiões homogêneas do Estado do Ceará, Brasil. Um grupo de plantas foi inoculado e suas respostas comparadas àque-

las de plantas não inoculadas, mas supridas com N mineral sob a forma de uréia.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido sob condições de casa-de-vegetação, em caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp cv Pitiúba). As plantas foram cultivadas em sacos plásticos, pretos e opacos, com capacidade para 8 kg, com livre drenagem, utilizando-se como substrato uma mistura de solo na proporção de 60% de areia grossa, 30% de areia fina e 10% de argila. A semeadura foi efetuada diretamente nos sacos plásticos, procedendo-se ao desbaste 18 dias após a germinação (DAG). Antes da semeadura foi procedida uma adubação de P e K (80 - 40) em todos os sacos.

Foram definidos dois tratamentos como relação a fonte de nitrogênio para as plantas: inoculadas e não inoculadas. No primeiro, plantas foram inoculadas com estirpes de bactérias do gênero Rhizobium, selecionadas pela tolerância ao calor, e cultivadas na presença de N residual (0,06%); no segundo, plantas foram adubadas com uréia correspondendo a 40 kg/ha de N, não sendo inoculadas. As plantas foram irrigadas em dias alternados, levando-se o solo a capacidade de campo. Visando assegurar a disponibilidade de N para as plantas, aproximadamente ao mesmo tempo, a aplicação do inóculo foi procedida aos 5 DAG, com o nitrogênio mineral sendo aplicado às plantas não inoculadas somente aos 10 DAG. Uma solução de micronutrientes foi adicionada a todas as plantas, aos 12 DAG.

Nos tratamentos inoculados com Rhizobium foi adicionada uma mistura de quatro estirpes, cedidas pelo Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, Brasil. As estirpes usadas, obtidas pelo método de seleção rápida preconizado por BONNIER & BRAKEL <sup>2</sup>, foram UFC-720.32, UFC-728.1, UFC-732.32 e UFC-704.1, todas multiplicadas em meio "79" líquido (ALLEN <sup>1</sup>) com azul de bromotimol, sob agitação. Aos 5 DAG, procedeu-se a inoculação através da aplicação de 1 ml da suspensão bacteriana por plântula

(SOMASEGARAN & HOBEN <sup>16</sup>). Decorrida uma semana após a primeira inoculação, efetuou-se uma segunda aplicação do inoculante, como reforço. Por ocasião das coletas de amostras para análise, a posição dos nódulos na raiz e sua coloração interna foram utilizados como parâmetros indicadores da atividade simbiótica fixadora de N<sub>2</sub>, permitindo classificar o seu grau de eficiência.

Aos 33 DAG, iniciou-se o período experimental, quando as plantas foram divididas, em termos de regime hídrico, em dois grupos: irrigado, no qual as plantas continuaram sendo supridas de água até o final do experimento, contendo plantas inoculadas e não inoculadas; estressado, cuja irrigação foi suspensa por 15 dias, tanto para plantas inoculadas, como para aquelas não inoculadas.

Foram coletadas amostras, com quatro repetições, para ambos os grupos, nos dias 0, 5, 12, 15 e 16 do período experimental, isto é, aos 33, 38, 45, 48 e 49 DAG, respectivamente, quando foram efetuadas as determinações do potencial hídrico; para os demais parâmetros, o período experimental foi estendido até ao 23º dia (56 DAG).

O potencial hídrico foi determinado, ao alvorecer, utilizando-se a terceira folha a partir do ápice. As medições foram feitas utilizando-se uma câmara de pressão (PMS Instruments Co, Corvallis, Oregon-EE.UU.), segundo o método descrito por SCHOLANDER et alii <sup>14, 15</sup>. O potencial hídrico, medido no 16º dia do período experimental (49 DAG), expressou a resposta das plantas, 24 horas após a reidratação.

Para análise da composição mineral (N, P, K), após secagem, as plantas foram moídas e passadas por uma peneira de 40 mesh. O teor de nitrogênio foi determinado pelo método do KJELDAHL conforme descrito por LOTT et alii <sup>11</sup>. O fósforo foi determinado pelo método vanadato molibdato (CHAPMAN & PRATT <sup>3</sup>) e o potássio através do emprego de fotometria de chama (MALAVOLTA et alii <sup>12</sup>).

A área foliar (uma superfície) foi determinada por meio do medidor de área

foliar (Portable Meter Model LI-3000. LICOR-Lincoln-Nebraska, EE.UU.), o qual consiste de um sensor de fotocélulas. As determinações do peso seco da parte aérea e das raízes foram procedidas após secagem em estufa à 80° C durante 48 horas. Os valores da relação parte aérea/raiz de cada planta foram obtidos pela divisão do somatório do peso seco do caule e das folhas pelo peso seco da raiz (incluindo os nódulos).

Durante a realização do experimento, a temperatura mínima do ar, na casa-de-vegetação, foi de 22° C e a máxima de 40,5 ° C. No solo, nas plantas irrigadas, às 10 e 16 h, as temperaturas médias foram 32,8° C e 38,3 ° C, respectivamente; nas estressadas foram de 34,0° C e 39,9° C, respectivamente.

As temperaturas alcançadas no período experimental estavam na faixa de tolerância para o Rhizobium, uma vez que foram utilizadas estirpes especialmente selecionadas pela sua adaptação às condições climáticas típicas do semi-árido (HARTEL & ALEXANDER <sup>10</sup>; VASCONCELOS et alii <sup>20</sup>).

O delineamento experimental utilizado foi o fatorial 2 x 2 x 5, onde os três fatores foram Rhizobium, irrigação e tempo de coleta (GOMEZ & GOMEZ <sup>7</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de potencial hídrico foliar da cultivar Pitiúba durante o período experimental estão expressos na Tabela 1. No regime irrigado, para os dois tratamentos (inoculadas e não inoculadas), não houve variação significativa nos valores do potencial hídrico foliar. No regime estressado, quando o déficit hídrico foi mais severo (15º dia) e ao alvorecer, as plantas demonstravam sinais visíveis de murcha, o valor significativamente mais baixo foi observado no tratamento adubado com N mineral, sendo de -1,86 MPa. No tratamento inoculado com Rhizobium, neste mesmo dia, o potencial hídrico foliar foi mais elevado, e diferindo significativamente (-1,49 MPa). No entanto, 24 horas após o reinício da rega, os valores do potencial hídrico em plantas inoculadas

ou adubadas com N mineral subiram cerca de 50%. Essa recuperação indica que o estresse hídrico severo, mesmo sendo agravado pelo pequeno volume de solo dos sacos, não foi capaz de causar danos irreversíveis nos sistemas de absorção e translocação de água pelas plantas.

Estes dados indicam que o caupi expressou efetivos mecanismos de fuga à seca. Essas observações estão de acordo com as conclusões de TURK & HALL<sup>19</sup> e FERREIRA<sup>6</sup> que constataram que o caupi, em condições de campo, mesmo sob severo déficit de água no solo manteve sempre valores de potencial hídrico acima de -1,8 MPa.

Os valores de potencial hídrico relativamente mais altos, nas plantas inoculadas com Rhizobium, podem ser explicados pela ocorrência de taxas mais reduzidas de transpiração devido as menores áreas foliares observadas, como discutiremos a seguir.

Os valores da área foliar aumentaram progressivamente, no regime irrigado, do início até o 23º dia do período experimental, em ambos os tratamentos (Figura 1). No regime estressado, o crescimento da área foliar tendeu a se estabilizar no 12º dia do período experimental, que correspondeu ao fim da fase vegetativa (45 DAG). Nos regimes irrigado e estressado, os menores valores de área foliar foram sempre observados nas plantas inoculadas com Rhizobium.

A ausência de N mineral complementar, nos primeiros dias do ciclo vital das plantas inoculadas, pode ter reduzido o crescimento vegetativo. A fixação simbiótica, certamente, só se processou alguns dias após a inoculação. Por esta razão, as plantas inoculadas, mesmo quando irrigadas apresentaram menor área foliar do que as supridas com uréia. Esta foi aplicada somente cinco dias após a inoculação das plantas do outro grupo, visando assegurar a disponibilidade de N para as plantas, ao mesmo tempo. Estes dados sugerem a necessidade de uma aplicação de N mineral no início da fase vegetativa, mesmo quando se pretende ter a fixação simbiótica como fonte predominante de N para as plantas.

A menor área foliar das plantas inoculadas com Rhizobium no regime estressado, deve ter diminuído a perda de água pela transpiração, o que explica os maiores valores de potencial hídrico, em relação aos observados naquelas não inoculadas (Tabela 1).

Os valores do peso seco total das plantas seguiram as mesmas tendências de variações observadas na área foliar nos regimes irrigado e estressado (Figura 2). A partir do 5º dia do período experimental, nas plantas que dependeram unicamente de fixação simbiótica como fonte de N, o peso seco total foi relativamente sempre menor, tanto no regime irrigado como no estressado. No 12º dia do período experimental, o ganho de peso seco tendeu à estabilidade tanto para as plantas inoculadas como para aquelas adubadas com N mineral.

Independentemente da fonte de N, os valores da relação parte aérea/raiz foram sempre menores nas plantas estressadas do que nas irrigadas (Tabela 2). Essa redução é explicada pela maior sensibilidade da parte aérea ao estresse hídrico, em comparação à raiz. Considerando-se ambos os regimes hídricos, as plantas inoculadas com Rhizobium apresentaram significativamente valores de relação parte aérea/raiz mais baixos do que os observados em plantas que tiveram uréia como única fonte de N. Estes dados indicam uma carência de N nestas plantas capaz de impedir o crescimento, em especial, da parte aérea, como expressam os teores de N foliar discutidos a seguir.

Os teores de N para as plantas, irrigadas e estressadas, permaneceram essencialmente constantes quando cada tratamento relativo a fonte de N foi analisado separadamente (Tabela 3). Entretanto, os menores valores percentuais de N foliar foram sempre observados nas plantas inoculadas com Rhizobium. Possivelmente, o aporte de nitrogênio dependente unicamente da fixação simbiótica não foi capaz de atender às necessidades da planta. Essa observação é reforçada pelos menores valores da área foliar, peso seco total e relação parte aérea/raiz (Figuras 1 e 2, Tabela 2).

Os valores percentuais de fósforo e potássio nas folhas não sofreram grandes variações em ambos tratamentos de nitrogênio, tanto para plantas estressadas quanto para as irrigadas (Tabela 3). A adubação de P e K, procedida antes da semeadura, evitou a ocorrência de qualquer deficiência destes elementos minerais, ao longo do experimento.

A Tabela 4 expressa as variações no número total de nódulos, eficientes e ineficientes da cultivar Pitiúba. Nas plantas não inoculadas (adubadas com uréia), não foi observada a formação de nódulos, em virtude de ter sido usada, como substrato, uma mistura de argila e areia lavadas.

No tratamento irrigado, durante os primeiros 15 dias do período experimental, o número de nódulos formados se manteve sempre elevado, variando entre 121,8 (5º dia) a 157,5 nódulos/planta (15º dia). No 23º dia do período experimental foi observada uma grande redução no número de nódulos formados por planta no regime irrigado. Essa diminuição, aos 56 DAG, se verificou como uma conseqüência natural da ocorrência da fase reprodutiva. O estresse hídrico induziu uma redução progressiva no número de nódulos formados por planta, variando de 153,5 (0 dia) a 58,3 (15º dia do estresse), comportamento esse já observado por HABISH & MAHDI<sup>9</sup> e SUMMERFIELD et alii<sup>17</sup>. Oito dias após a reidratação, o número ascendeu a 88,8 nódulos/planta, sendo maior do que o observado no controle para esse mesmo dia (Tabela 4). Esse fenômeno ocorreu, possivelmente, devido o estresse hídrico ter estendido a fase vegetativa, permitindo a planta expressar ainda a sua capacidade de formar nódulos.

Em termos de eficiência dos nódulos, tanto o tratamento irrigado como o estressado apresentaram a mesma tendência de variação. Ocorreu uma ascensão inicial, mas após o 15º dia do período experimental, houve uma significativa redução em ambos os tratamentos, sendo mais acentuada nas plantas estressadas. Os valores percentuais de nódulos eficientes foram sempre menores no regime estressado do que no irrigado. A redução tanto do número total como da

eficiência dos nódulos no controle (irrigado) a partir de 56 DAG (23º dia do período experimental) está ligado ao início da fase de emissão dos botões florais. No 12º dia do período experimental, quando o estresse hídrico era muito severo, o número de nódulos formados era de aproximadamente a metade do observado no início do tratamento. No entanto, para este mesmo dia, 69,7% dos nódulos se mostraram eficientes. Estes dados indicam relativa tolerância das estirpes às condições adversas de carência de água e calor no solo.

Uma das respostas evidentes das plantas à seca é a redução da atividade fotossintética. Provavelmente, um efeito imediato do estresse hídrico resultou da limitação da difusão de CO<sub>2</sub> devido ao fechamento dos estômatos, agravado pela diminuição da área foliar, conforme observações de GUERIN et alii<sup>8</sup>, em *Vicia faba*. As alterações do metabolismo fotossintético afetariam, em particular, a partição de sacarose e amido (QUICK et alii<sup>13</sup> e VASSEY & SHARKEY<sup>21</sup>), o que explicaria a diminuição no número de nódulos eficientes formados sob condições de estresse hídrico.

Neste experimento, as plantas de caupi, submetidas às condições desfavoráveis de carência de água e excesso de calor no solo responderam de forma mais eficiente, em termos de crescimento, quando o N necessário foi proporcionado sob a forma mineral. A fixação simbiótica, mesmo utilizando estirpes de *Rhizobium* tolerantes às altas temperaturas do solo, mostrou eficiência limitada em proporcionar o N adequado ao crescimento das plantas. Estudos complementares sobre a contribuição relativa do N resultante da fixação simbiótica ou absorção mineral precisam ser feitos em caupi, no campo, sob condições adversas típicas do semi-árido, visando gerar novas tecnologias de manejo da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, O. N. Experiments in Soil Bacteriology. Minneapolis, Burgess Publ. Co. 1957. 177p.
2. BONNIER, R. C. & BRAKEL, J. Lutte Biologique Contre La Faim-Legumineuses-

- Rhizobium. Editions J. Duculot S. A. Gembloux 1969. 148p.
3. CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. University of California - Division of Agricultural Science. 1961. p. 161-174.
  4. DAKORA, F.D. & C.A. ATKINS, Effect of  $pO_2$  on growth and nodule functioning of symbiotic cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) Plant Physiol. 93:948-955. 1990.
  5. EAGLESHAM, A. R. J.; MINCHIN, F.R.; SUMMERFIELD, R. J.; DART, P. J.; HUXLEY, P. A. & DAY, J.M. Nitrogen nutrition of cowpea (Vigna unguiculata).
  3. Distribution of nitrogen within effectively nodulated plants. Experimental Agric. 13 : 369-380. 1977.
  6. FERREIRA, L.G.R. 1992. Avaliação das respostas fisiológicas e de produtividade biológica de cultivares de caupi (Vigna unguiculata L. Walp) sob diferentes regimes hídricos. 1992. 110p. (Tese para concurso de professor titular)
  7. GOMEZ, A.K. & GOMEZ, A.A. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2 ed. John Wiley & Sons, New York. 1984. 680 p.
  8. GUERIN, V., J. C. TRINCHANT & J. RIGAUD, Nitrogen fixation ( $C_2H_2$  reduction) by Broad Bean (Vicia faba L.) nodules and bacteroids under water-restricted conditions. Plant Physiol. 92 : 595-601. 1990.
  9. HABISH, H.A. & A.A. MAHDI. Effect of soil moisture on nodulation of cowpea and hyacinth bean. J. Agric. Sci. Camb. 86 : 553-560. 1976.
  10. HARTEL, P. G. & M. ALEXANDER. Temperature and desiccation tolerance of cowpea rhizobia. Can. Microbiol. 30 : 820-823. 1984.
  11. LOTT, W.L., NERY, J.P., GALLO, J.R. & MEDCALF, J.C. Leaf analysis technique in coffee research. IBEC Research. Institute Bull. 9.1965.
  12. MALAVOLTA, E., VITTI, G. C. & DE OLIVEIRA, S. A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas - Princípios e Aplicação. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.
  13. QUICK, P.; SIEGEL G.; NEUHAUS E.; FEIL R. & STRITT M. Short-term water stress leads to a stimulation of sucrose synthesis by activating sucrose-phosphate synthase. Planta 177:535-546. 1989.
  14. SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H.T., HEMMINGSEN, E.A. & BRADSTREET, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangrove and some other plants. Proceedings of the National Academy of Science, USA. 52 :119-125. 1964.
  15. SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H. T., HEMMINGSEN, E.A. & BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. Science 148 : 339-346. 1965.
  16. SOMASEGARAN, P. & HOBEN, H. J. Methods in Legume - Rhizobium Technology. University of Hawaii. Department of Agronomy and Soil Science, 1985.
  17. SUMMERFIELD, R.J., P.A. HUXLEY, P.J. DART & A.P. HUGHES. Some effects of environmental stress on seed yield of cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp) CV. Prima. Plant and Soil, 44 : 527-546. 1976.
  18. SUMMERFIELD, R. J., DART, P. J., HUXLEY, P.A., EAGLESHAM, A. R. J., MINCHIN, F. R. & DAY, J. M. Nitrogen nutrition of cowpea (Vigna unguiculata) 1. Effects of applied nitrogen and symbiotic nitrogen fixation on growth and seed yield. Experimental Agric. 13, 129-142. 1977.
  19. TURK, K. J. & HALL, A. E. Drought adaptation of cowpea. II. Influence of drought on plant water status and relations with seed yield. Agron. J. 72 : 421-427. 1980.
  20. VASCONCELOS, I., I. T. LIMA & J. F. ALVES. Desempenho de nove estirpes de Rhizobium sp em simbiose com feijão-de-corda, (Vigna unguiculata (L.) Walp). Ciên. Agron., 4 (1-2) : 1-6. 1975.
  21. VASSEY T. L. & SHARKEY T. D. Mild water stress of phaseolus vulgaris plants leads to reduced starch synthesis and extractable sucrose phosphate synthase activity. Plant Physiol. 89:1066-1070. 1989.

**TABELA 1 -** Variações do Potencial Hídrico Foliar(MPa) da Cultivar Pitiúba durante o Período Experimental, Iniciado aos 33 DAG.

PERÍODO EXPERIMENTAL (dias)	IRRIGADAS		ESTRESSADAS		MÉDIAS
	IRRIGADAS	ESTRESSADAS	IRRIGADAS	ESTRESSADAS	
0	-0,59 ABe	-0,59 Aa	-0,55 ABe	-0,55 Aa	-0,57 A
5	-0,56 ABe	-1,27 Cb	-0,57 ABe	-0,62 Aa	-0,78 B
12	-0,51 Aa	-1,61 Dc	-0,42 Aa	-1,32 Bb	-0,97 C
15	-0,78 Bb	-1,88 Ec	-0,70 Bb	-1,49 Bb	-1,20 D
16	-0,65 ABe	-0,92 Bb	-0,71 Bb	-0,75 Aab	-0,78 B
MÉDIAS	-0,61 a	-1,25 c	-0,59 a	-0,95 b	
IRRIGADAS	-0,60 a		ESTRESSADAS		-1,10 b
NI/INOCULADAS	-0,93 b		INOCULADAS		-0,77 a

Médias seguidas pela letra maiúscula, em cada coluna, ou pela mesma letra minúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**TABELA 2 -** Variações da Relação Raiz/Aérea/Raiz da Cultivar Pitiúba durante o Período Experimental, Iniciado aos 33 DAG.

PERÍODO EXPERIMENTAL (dias)	NÃO INOCULADAS		INOCULADAS		MÉDIAS
	IRRIGADAS	ESTRESSADA	IRRIGADAS	ESTRESSADA	
0	2,85	2,85	0,52	0,52	1,69 B
5	2,28	1,93	0,98	0,80	1,49 B
12	2,53	1,88	1,71	1,07	1,80 AB
15	2,70	1,62	1,85	0,77	1,73 B
23	2,62	2,55	1,98	1,27	2,11 A
MÉDIAS	2,60	2,17	1,40	0,89	
IRRIGADAS	2,00 a		ESTRESSADAS		1,53 b
NI/INOCULADAS	2,38 a		INOCULADAS		1,14 b

Médias seguidas pela letra maiúscula, em cada coluna, ou pela mesma letra minúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

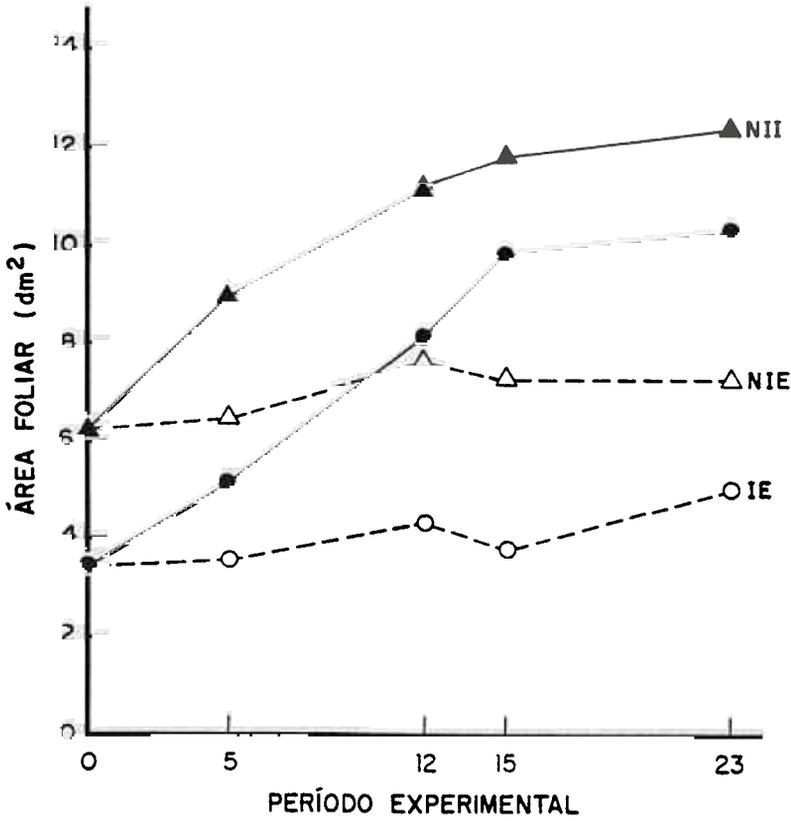
**TABELA 3 -** Variações das Percentagens de Nitrogênio, Fósforo e Potássio nas Folhas da Cultivar Pitiúba durante o Período Experimental, Iniciado aos 33 DAG.

PERÍODO EXPERIMENTAL (dias)	NÃO INOCULADAS		INOCULADAS		MÉDIAS
	IRRIGADAS	ESTRESSADAS	IRRIGADAS	ESTRESSADAS	
PERCENTAGEM DE NITROGÊNIO					
0	5,4	5,4	3,6	3,6	4,5
5	4,9	5,6	3,9	2,8	4,3
12	4,6	5,2	3,8	3,3	4,2
15	4,5	5,1	3,4	3,0	4,0
23	4,5	4,6	3,1	2,4	3,6
MÉDIAS	4,8	5,2	3,6	3,0	
PERCENTAGEM DE FÓSFORO					
0	0,9	0,9	0,6	0,6	0,8
5	0,7	0,8	0,6	0,8	0,7
12	0,5	0,3	0,3	0,6	0,4
15	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7
23	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7
MÉDIAS	0,9	0,7	0,5	0,6	
PERCENTAGEM DE POTÁSSIO					
0	2,1	2,1	2,3	2,3	2,2
5	1,8	2,3	2,6	2,2	2,2
12	2,6	3,0	1,7	2,4	2,4
15	2,4	2,6	2,4	2,3	2,4
23	2,6	2,8	2,7	2,1	2,5
MÉDIAS	2,3	2,5	2,3	2,3	

**TABELA 4 -** Variações no Número de Nódulos Totais, Percentagem de Eficientes e Ineficientes da Cultivar Pitiúba durante o Período Experimental, Iniciado aos 33 DAG.

PERÍODO EXPERIMENTAL (dias)	IRRIGADAS					ESTRESSADAS				
	TOTAL	EFIC.	%	INEFIC.	%	TOTAL	EFIC.	%	INEFIC.	%
0	153,5	80,0	52,1	73,5	47,9	153,5	80,0	52,1	73,5	47,9
5	121,8	95,5	78,4	26,3	21,6	132,5	81,8	61,7	50,7	38,3
12	125,5	97,5	77,6	28,0	22,4	79,3	55,3	69,7	24,0	30,3
15	157,5	94,8	60,1	62,7	39,1	58,3	26,5	45,4	31,8	54,6
23	56,8	13,8	24,3	43,0	75,7	88,8	13,3	15,0	75,5	85,0

**FIGURA 1** . Variação da área foliar ao longo do período experimental. NII = plantas não inoculadas com Rhizobium e irrigadas; II = plantas inoculadas com Rhizobium e irrigadas; NIE = plantas não inoculadas com Rhizobium e estressadas; IE = plantas inoculadas com Rhizobium e estressadas.



**FIGURA 2** . Variação do peso seco ao longo do período experimental. NII = plantas não-inoculadas com Rhizobium e irrigadas; II = plantas inoculadas com Rhizobium e irrigadas; NIE = plantas não inoculadas com Rhizobium e estressadas; IE = plantas inoculadas com Rhizobium e estressadas.

