

# EFEITO DO NITROGENIO E DA LUZ SOBRE OS TEORES DE CARBOIDRATOS E NITROGENIO EM *PHASEOLUS VULGARIS*<sup>1</sup>

ALEX A.F. DE ALMEIDA<sup>2</sup>, NEI FERNANDES LOPES<sup>3</sup>, MARCO A. OLIVA<sup>4</sup>  
e RAIMUNDO S. BARROS<sup>3</sup>

RESUMO - Os efeitos da combinação de três níveis de radiação solar incidente (30%, 70% e 100%) e de três doses de nitrogênio (0, 30 e 60 kg/ha de N) sobre os teores de carboidratos solúveis totais, amido e nitrogênio foram estudados em plantas de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Negrito 897, em condições de campo, durante todo o ciclo da cultura. O aumento da densidade do fluxo luminoso e o das doses de nitrogênio promoveram um incremento nos teores de carboidratos e nitrogênio nos diversos órgãos da planta, sendo os valores máximos observados aos níveis de 70% e 100% de radiação solar e a 30 e 60 kg/ha de N. A 30% de radiação solar incidente e a 30 e 60 kg/ha de N, ocorreu uma redução mais acentuada nos teores dos compostos estudados nas diversas partes da planta, enquanto no tratamento ao qual não se adicionou nitrogênio, independentemente dos níveis de radiação solar, obtiveram-se, também, baixos teores de carboidratos e nitrogênio. Em todos os tratamentos, o acúmulo de nitrogênio total, nas partes da planta, foi proporcional à produção de matéria seca. Observou-se estreita correlação entre o teor de nitrogênio nas folhas, no início da floração, e o número de vagens, na maturação. O maior acúmulo de carboidratos e nitrogênio nas sementes no período de maturidade fisiológica, nos níveis de 70% e 100% de radiação e a 30 e 60 kg/ha de N, deveu-se principalmente, à fotossíntese e mobilização de assimilados do tecido foliar durante o enchimento de grãos, bem como à mobilização de assimilados armazenados nos caules e raízes durante a fase vegetativa.

Termos para indexação: feijão, radiação solar, açúcares solúveis e amido.

## THE EFFECTS OF NITROGEN AND LIGHT LEVELS ON CARBOHYDRATE AND NITROGEN CONTENTS IN *PHASEOLUS VULGARIS*

ABSTRACT - The effects of three light levels (30%, 70% and 100% of incident sunlight) combined with three nitrogen doses (0, 30 and 60 kg/ha of N) on total soluble carbohydrate, starch and nitrogen contents were studied in *Phaseolus vulgaris* L. cv. Negrito 897, grown under field conditions, during the entire cycle of the crop. The carbohydrate and nitrogen contents in the plant parts increased with the increase of the light and nitrogen levels. Maxima values are observed under 70% and 100% of sunlight combined with 30 and 60 kg/ha of N. A sharp reduction on carbohydrate and nitrogen contents was observed in all plant parts, caused by the lowest light level associated with high nitrogen levels (30 and 60 kg/ha of N). Lower carbohydrate and nitrogen contents were obtained by no nitrogen addition, independently of light levels. The total nitrogen contents in the plant organs was proportional to dry matter production. A close correlation between leaf nitrogen content at onset of the flowering stage and number of pods at maturation was found. The high accumulation of carbohydrate and nitrogen in the seeds caused by high nitrogen and light levels was due mainly to photosynthesis and assimilate mobilization of leaf tissues during grain filling, as well as mobilization of assimilate stored in stems and roots during the vegetative phase.

Index terms: common bean, solar radiation, solubles sugars and starch.

## INTRODUÇÃO

Particularmente notável na utilização do nitrato pelas plantas é a influência da densidade do fluxo luminoso (Beevers 1976). A taxa de assimilação do CO<sub>2</sub> é diminuída com o aumento na taxa de redução do nitrato sob baixo nível de luz (Bongers 1956, Vries 1975), o que indica a possibilidade de haver competição entre as reduções de CO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub><sup>-</sup> em condições de estresse luminoso.

Pesq. agropec. bras., Brasília, 23(9):979-985, set. 1988.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 19 de outubro de 1987. Parte da tese apresentada para obtenção do Grau de Mestre em Fisiologia Vegetal, UFV, pelo primeiro autor.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., CEPEC/CEPLAC, Caixa Postal 7, CEP 45600 Itabuna, BA.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Adj., Dep. de Biol. Vegetal, UFV, CEP 36570 Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Biólogo, Dr. rer. nat., Prof. - Adj., Dep. de Biol. Vegetal, UFV.

Após a centrifugação, os extratos etanólicos de cada amostra foram combinados, tendo-se completado o volume final para 250 ml. Desse volume tomou-se uma alíquota, para posterior eliminação do etanol, em evaporador rotativo a vácuo, a 45°C. A eliminação dos pigmentos em folhas foi efetuada submetendo-se os extratos etanólicos a quatro extrações consecutivas com igual volume de clorofórmio, em funil de separação. Os pigmentos das sementes foram eliminados, adicionando-se carvão ativado ao extrato etanólico, com posterior filtração em papel de filtro Whatman n.º 1. Após a evaporação do etanol, a fase aquosa foi completada com água para um volume conhecido, da qual retiraram-se alíquotas para determinação dos açúcares solúveis totais com antrona (Clegg 1956). Do resíduo dos centrifugados, após extração dos açúcares, determinou-se o amido pelo método descrito por McCready et al. (1950).

O nitrogênio foi extraído da matéria seca, através da digestão sulfúrica (Lindner 1944), e dosado pelo método de Nessler (Umbreit et al. 1972).

O sombreamento, por outro lado, não só reduz a absorção de nitrogênio (Chan & Mackenzie 1972), como parece reduzir indiretamente a indução da redutase do nitrato (Beevers et al. 1965, Aslam et al. 1976). A atividade da redutase do nitrato é induzida por nitrato e glicose (Aslam et al. 1976). A sacarose também estimula a indução da redutase do nitrato e exibe efeito sinérgico com a luz nessa reação (Sihag et al. 1979).

Em vista desses resultados, neste trabalho, foram estudados os efeitos da densidade do fluxo de luz e doses de nitrogênio sobre os teores de carboidratos e nitrogênio no feijoeiro 'Negrito 897' durante todo o ciclo da cultura, em condições de campo.

#### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, em Viçosa-MG, no ano agrícola 1983/84, (Almeida et al. 1988). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em parcelas sub-subdivididas, com três repetições. Cada parcela correspondia a uma época de coleta e era formada de três subparcelas correspondentes aos níveis de luz (30%, 70% e 100% da radiação solar incidente). Por sua vez, cada subparcela era constituída de três sub-subparcelas, correspondentes a doses de nitrogênio (0, 30 e 60 kg/ha de N), aplicadas 1/3 na base e 2/3 em cobertura.

No material vegetal coletado regularmente, durante todo o ciclo da cultura do feijoeiro cv. Negrito 897 como descrito anteriormente por Almeida et al. (1988), determinaram-se os carboidratos solúveis totais, o amido e o nitrogênio total. Seis coletas foram efetuadas, a intervalos regulares de quatorze dias, sendo a primeira realizada sete dias após a emergência.

Inicialmente, no campo, o material vegetal foi pesado e imerso imediatamente em etanol 80%, a quente. No laboratório, este material foi homogeneizado em etanol 80%, até a obtenção de uma pasta fina e, posteriormente, centrifugado a 3.000 x g por 20 minutos em tubos de 50 ml. Decantado o sobrenadante, submeteu-se o resíduo a três extrações sucessivas com 20 ml e a duas extrações com 10 ml de etanol fervente a 80%.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores totais de açúcares solúveis, amido e nitrogênio nas raízes (Figs. 1, 2 e 3) foram obtidos nos maiores níveis de radiação solar incidente, associados a altos níveis de adubação nitrogenada. Houve uma tendência de redução dos teores dos mesmos, em ordem decrescente de radiação e doses de nitrogênio. Os valores máximos dos teores de açúcares foram obtidos no 35º dia após a emergência, em todos os tratamentos, período que coincidiu com o início da floração das plantas.

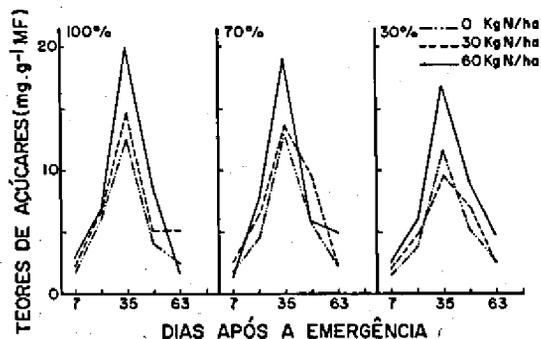


FIG. 1. Teores de açúcares nas raízes de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

Sob níveis mais baixos de nitrogênio observou-se uma diminuição nos teores de carboidratos e de nitrogênio. Sabe-se que o nitrogênio afeta a partição de assimilados entre os diversos órgãos da planta (Wareing & Patrick 1975). Sob níveis baixos de nitrogênio, há um grande estímulo no crescimento de raízes em relação à parte aérea, provavelmente em consequência de um aumento da translocação de carboidratos para as raízes. Já sob níveis altos de nitrogênio, entretanto, o crescimento da parte aérea é estimulado e, talvez, em virtude

da maior alocação de assimilados na parte aérea em detrimento das raízes, o que reduz ou suprime seu crescimento (Murata 1969). Assim, um estresse de luz diminui proporcionalmente mais o sistema radicular do que a parte aérea, e, com a deficiência nutricional, a parte aérea é a mais afetada.

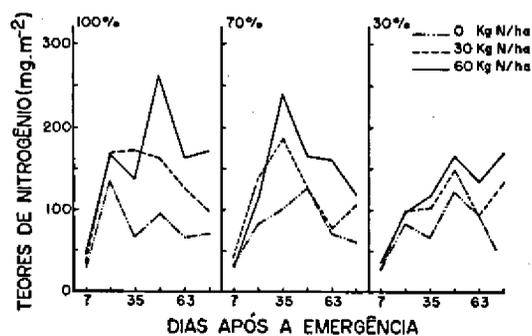


FIG. 2. Teores de amido nas raízes de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

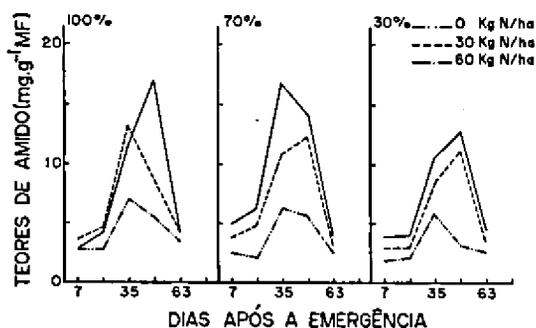


FIG. 3. Teores de nitrogênio nas raízes de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

A 30% da radiação solar incidente, ocorreu uma redução mais acentuada dos teores de carboidratos e nitrogênio nas raízes, em relação aos níveis mais altos. Na condição de sombreamento, provavelmente, deve ter havido uma redução do fornecimento de energia para as raízes, o que é indicado pelo baixo acúmulo de carboidratos e nitrogênio nas outras partes da planta (caules e folhas). Associada a isso, a atividade da redutase do nitrato é

regulada por uma variedade de compostos químicos (Srivastava 1980). O declínio *in vivo* da atividade da redutase do nitrato, em raízes isoladas de plântulas de feijão, em presença do nitrato, é evitado pelo suprimento de sacarose, glicose e frutose (Gate & Breteler 1981). Em feijoeiro em plena radiação solar, a adição de nitrato aumenta o nível de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> incorporado a compostos orgânicos nas raízes (Cookson et al. 1980). A redução do íon nitrato, nas raízes do feijoeiro, se faz às expensas de elétrons fornecidos pela respiração. Isso mostra a importância da radiação solar incidente no metabolismo do carbono fotossintético, como fonte de energia e compostos carbonados, para incorporação de nitrogênio nas raízes e outras partes da planta.

Coincidentemente com o início do florescimento, por volta do 35<sup>o</sup> dia após a emergência das plantas, ocorreu um decréscimo nos teores de carboidratos e nitrogênio em todos os níveis de radiação e doses de nitrogênio, o que indica que os assimilados armazenados nas raízes começaram a ser mobilizados para as partes reprodutivas da planta. A maior parte dos assimilados para o enchimento das sementes de feijão é produzida diretamente através da fotossíntese nas folhas durante o período pós-florescimento, ou provém da mobilização de reservas dos caules e raízes (Lucas et al. 1976).

Os teores máximos de açúcares solúveis, amido e nitrogênio nos caules, verificaram-se nos níveis de 70% e 100% de radiação, associados a 30 e 60 kg/ha de N (Figs. 4, 5 e 6). Como foi observado em relação às raízes, houve uma tendência de redução dos teores de carboidratos e nitrogênio nos caules com a diminuição da radiação e das doses de nitrogênio.

A 30% da radiação solar incidente houve uma diminuição dos teores de carboidratos nos caules, principalmente de amido, sob todas as dosagens de nitrogênio. Em feijoeiro, altas dosagens de nitrogênio e/ou baixos níveis de luz conduzem a uma elevada taxa de crescimento em altura, o que causa esgotamento nos níveis de carboidratos nos caules (Wareing & Patrick 1975, Hoddinott & Hall 1982). O feijoeiro sombreado, provavelmente, distribui preferencialmente os carbonos disponíveis para o crescimento da parte aérea, o que resulta, em

parte, no alongamento excessivo do caule. Talvez o aumento da dominância apical nas plantas sombreadas também tenha contribuído para explicar os resultados, decorrentes, possivelmente, do decréscimo de fotoassimilados e do aumento do nível de auxinas (Phillips 1975). Similarmente, a queda dos teores de açúcares nos caules nos níveis de 70% a 100% de radiação, aos 21 dias após a emergência, pode ser atribuída à elevada taxa de crescimento das plantas.

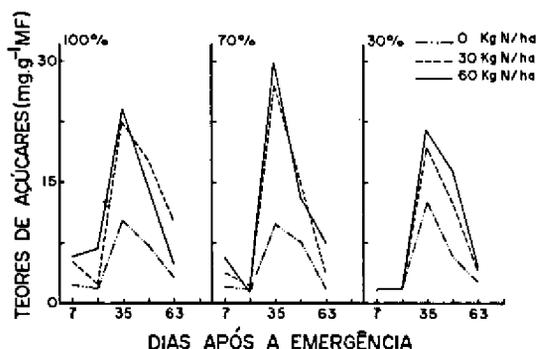


FIG. 4. Teores de açúcares nos caules de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

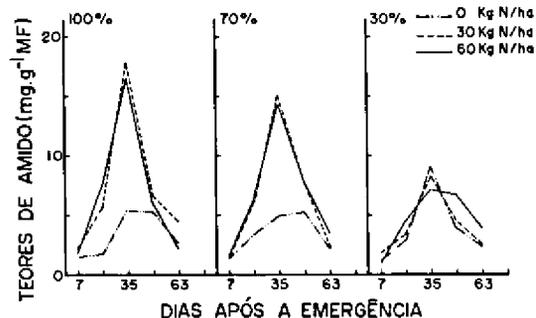


FIG. 5. Teores de amido nos caules de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

Inicialmente, nos primeiros dias após a emergência, observou-se um baixo teor de nitrogênio nos caules, em todos os níveis de radiação e doses de nitrogênio (Fig. 6), indicando que pouco nitrogênio estava sendo acumulado no caule, neste período. O crescimento inicial das plântulas de fei-

joeiro é mantido pelo nitrogênio de proteínas armazenadas nos cotilédones, o que indica que o nitrogênio cotiledonar é capaz de suportar o requerimento da folha, nos primeiros dez dias de vida da planta (Srivastava 1975).

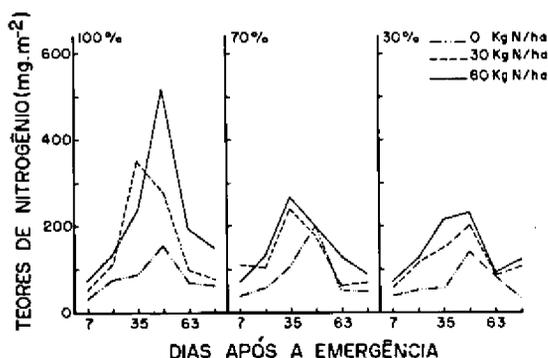


FIG. 6. Teores de nitrogênio nos caules de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

Após o 35º dia da emergência observou-se, em todos os tratamentos, uma tendência de redução dos teores de carboidratos e nitrogênio nos caules, fato também observado nas raízes. Isso indica que os assimilados armazenados durante a fase vegetativa, nos caules, possivelmente estavam sendo mobilizados para as partes reprodutivas das plantas. Trabalhando com feijoeiro, Waters et al. (1983) associaram o aumento da produção com o acúmulo de carboidratos nos caules, refletindo a possível contribuição deste órgão para o desenvolvimento das vagens.

Os teores de açúcares, amido e nitrogênio nas folhas exibiram a mesma tendência dos teores encontrados nas raízes e caules (Figs. 7, 8 e 9). Sob condições de 70% e 100% de radiação, e a 30 e 60 kg/ha de N, observaram-se os maiores teores de carboidratos e nitrogênio nas folhas. Os valores máximos dos teores de carboidratos foram obtidos por volta do 35º dia após a emergência, em todos os tratamentos. Houve uma tendência de redução dos teores de carboidratos e nitrogênio, com a diminuição dos níveis de radiação e doses de nitrogênio. Em folhas verdes de feijoeiro o fornecimento de sacarose aumenta a atividade da redutase do nitrato, ambos *in vivo* e *in vitro* (Puranik & Srivas-

tava 1983). Conseqüentemente, na presença de luz e nitrogênio, deve ter havido maior produção de carboidratos, que, por sua vez, aumentou a assimilação de nitrogênio nas folhas.

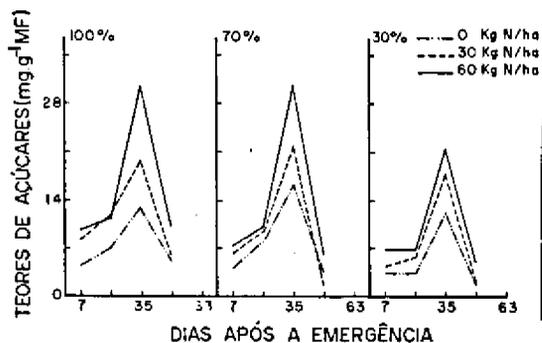


FIG. 7. Teores de açúcares nas folhas de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

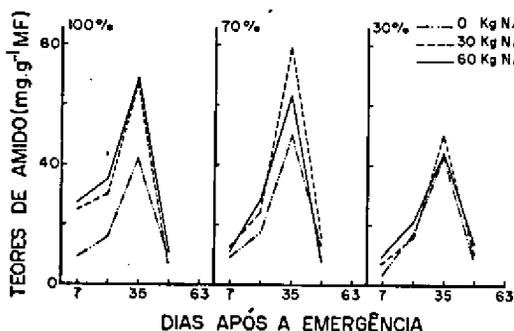


FIG. 8. Teores de amido nas folhas de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

Observa-se que, com a redução da densidade do fluxo luminoso, a 30% da radiação solar incidente, houve uma diminuição dos teores de carboidratos e nitrogênio nas folhas.

A 100% de radiação e 60 kg/ha de N, o valor máximo obtido do teor de nitrogênio nas folhas foi observado aos 49 dias após a emergência, quando já havia ocorrido o florescimento. Franco et al. (1979) verificaram que a habilidade das plantas de feijão em absorver nitrogênio após o florescimento, promove a indução de elevados níveis de atividade da redutase do nitrato nas folhas, e daí esta enzima talvez represente um papel-chave na

incorporação do nitrogênio, durante o estágio de desenvolvimento, após o florescimento.

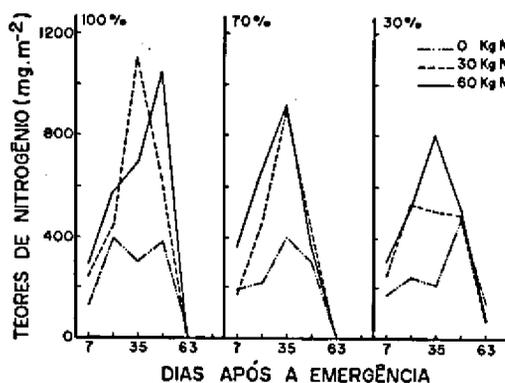


FIG. 9. Teores de nitrogênio nas folhas de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

Foi observada uma estreita correlação entre o teor de nitrogênio nas folhas aos 35 dias após a emergência (início da floração) e o número de vagens na maturação (Fig. 10). Também neste período, durante o florescimento, observaram-se altos teores de carboidratos nas folhas. Provavelmente, a diferenciação das vagens foi fortemente favorecida pelo suprimento de nitrogênio e a degeneração (senescência e abscisão) evitada pelo suprimento de carboidratos.

Os maiores níveis de luz e de nitrogênio propiciaram valores elevados de carboidratos nos pericarpos (Fig. 11) e nas sementes (Fig. 12), e nitrogênio nas vagens e sementes (Fig. 13). O tratamento 0 kg/ha de N praticamente não sofreu influência da radiação, no que diz respeito ao armazenamento de carboidratos e nitrogênio nas vagens. Como foi visto anteriormente (Figs. 1 a 6), o aumento dos níveis de radiação e da adubação nitrogenada, durante a fase vegetativa, induziu um incremento de carboidratos e nitrogênio nas raízes e nos caules. É provável que estes assimilados armazenados nas raízes e nos caules tenham sido mobilizados para o desenvolvimento das vagens e enchimento das sementes, durante a fase reprodutiva.

Em feijoeiro, Waters et al. (1983) também verificaram que o conteúdo de amido, nos caules e raízes, é relativamente elevado, até o momento em que as vagens atingem apenas a metade do estágio

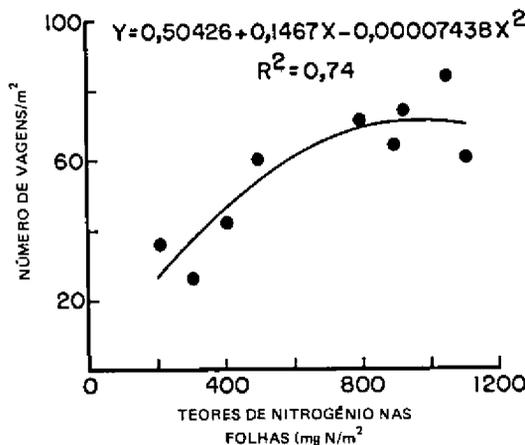


FIG. 10. Relação entre o número de vagens na maturação e o teor de nitrogênio nas folhas aos 35 dias após a emergência das plantas cultivadas sob três níveis de luz e três doses de nitrogênio.

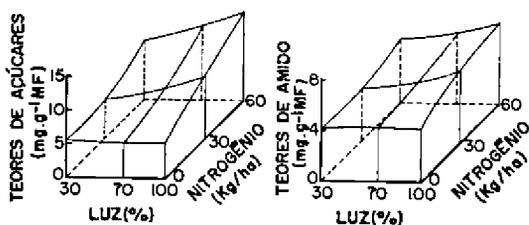


FIG. 11. Teores de açúcares e de amido nos pericarpos aos 63 dias após a emergência das plantas cultivadas sob três níveis de luz e três doses de nitrogênio.

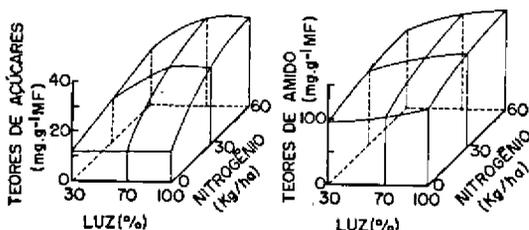


FIG. 12. Teores de açúcares e de amido nas sementes aos 63 dias após a emergência das plantas cultivadas sob três níveis de luz e três doses de nitrogênio.

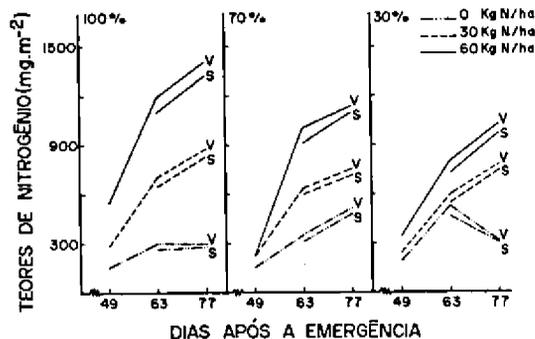


FIG. 13. Teores de nitrogênio nas vagens e sementes de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

de desenvolvimento; em seguida observa-se um decréscimo para níveis intermediários, no período final de maturação. Além da contribuição de amido dos caules e raízes, o enchimento de sementes do feijoeiro depende da fotossíntese e mobilização do tecido foliar (Adams et al. 1978). Isso parece ser importante em cultivares de hábito de crescimento indeterminado como é o 'Negrito 897'. Um dos obstáculos à mobilização de fotoassimilados das folhas para as vagens do feijoeiro, e conseqüentemente para as sementes, pode ser a inadequada capacidade do dreno durante o estágio inicial de desenvolvimento das vagens (Lucas et al. 1976). Isto seria provavelmente um fator de redução dos componentes da produção (vagens/planta e sementes/vagem).

## CONCLUSÕES

1. O aumento da densidade do fluxo radiante e de doses de nitrogênio promoveram incremento dos teores de carboidratos e nitrogênio nos diversos órgãos do feijoeiro cv. Negrito-897.
2. O acúmulo de nitrogênio total nos órgãos do feijoeiro foi proporcional a produção de matéria seca.
3. Houve uma estreita correlação entre o teor de nitrogênio nas folhas, no início da floração, e o número de vagens na maturação.

4. A diferenciação das vagens foi fortemente favorecida pelo suprimento de nitrogênio e a degeneração evitada pelo incremento nos teores de carboidratos.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) o suporte financeiro a esta pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

- ADAMS, M.W.; WIERSMA, J.V.; SALAZAR, J. Differences in starch accumulation among dry bean cultivars. *Crop Sci.*, 18:155-7, 1978.
- ALMEIDA, A.A.F.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; BARROS, R.S. Doses de nitrogênio e densidades de luz no crescimento do feijoeiro e na conversão da energia solar. *Pesq. agropec. bras.*, 23(8):849-59, 1988.
- ASLAM, M.; OAKS, A.; HUFFAKER, R.C. Effect of light and glucose on the induction of nitrate reductase and on the distribution of nitrate in etiolated barley leaves. *Plant Physiol.*, 58:588-91, 1976.
- BEEVERS, L. Nitrogen metabolism in plants. London, E. Arnold, 1976. 333p.
- BEEVERS, L.; SCHRADER, L.E.; FLESHER, D.; HAGEMAN, R.H. The role of light and nitrate in the induction of nitrate reductase in radish cotyledons and maize seedlings. *Plant Physiol.*, 40:691-8, 1965.
- BONGERS, L.H.J. Aspects of nitrogen assimilation by cultures of green algae. *Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen*, 56(15):1-52, 1956.
- CATE, C.H.H. ten & BRETELER, H. Role of sugars in nitrate utilization by roots of dwarf bean. *Physiol. Plant.*, 52:129-35, 1981.
- CHAN, W. & MACKENZIE, A.F. Effects of shading and nitrogen on growth of corn (*Zea mays* L.) under field conditions. *Plant Soil*, 36:59-70, 1972.
- CLEGG, K.M. The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. *J. Sci. Food Agric.*, 7:40-4, 1956.
- COOKSON, C.; HUGHES, H.; COOMBS, J. Effects of combined nitrogen on anapleurotic carbon assimilation and bleeding sap composition in *Phaseolus vulgaris* L. *Planta*, 148:333-45, 1980.
- FRANCO, A.A.; PEREIRA, J.C.; NEYRA, C.A. Seasonal patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.*, 63:421-4, 1979.
- HODDINOTT, J. & HALL, L.M. The response of photosynthesis and translocation rates to changes in the ratio of light. *Can. J. Bot.*, 60:1285-91, 1982.
- LINDNER, R.C. Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiol.*, 19:76-89, 1944.
- LUCAS, E.O.; MILBOURN, G.M.; WHITFORD, P.N. The translocation of <sup>14</sup>C photosynthate from leaves and pods in *Phaseolus vulgaris*. *Ann. Appl. Biol.*, 83:285-90, 1976.
- MCCREADY, R.N.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H.S. Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.*, 22:1156-8, 1950.
- MURATA, Y. Physiological responses to nitrogen in plants. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.Y. & BAVEL, C.H.M. van, ed. *Physiological aspects of crop yield*. Madison, s.ed., 1969. p.235-63.
- PHILLIPS, I.D.J. Apical dominance. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 26:341-67, 1975.
- PURANIK, R.M. & SRIVASTAVA, H.S. Increase in nitrate reductase activity in the presence of sucrose in bean leaf segments. *Phytochemistry*, 22:2383-7, 1983.
- SIHAG, R.K.; GYHA-MUKHERJEE, S.; SOPORY, S.K. Effect of ammonium, sucrose and light on the regulation of nitrate reductase level in *Pisum sativum*. *Physiol. Plant.*, 45:281-7, 1979.
- SRIVASTAVA, H.S. Distribution of nitrate reductase in ageing bean seedlings. *Plant Cell Physiol.*, 16:995-9, 1975.
- SRIVASTAVA, H.S. Regulation of nitrate reductase activity in higher plants. *Phytochemistry*, 19:725-33, 1980.
- UMBREIT, W.W.; BURRIS, R.H.; STEAUFFER, J.F. *Manometric and biochemical techniques*. 5.ed. Minneapolis, Burgess, 1972. 387p.
- VRIES, F.W.T.P. de. Use of assimilates in higher plants. In: COOPER, J.P., ed. *Photosynthesis and productivity in different environments*. London, Cambridge University Press, 1975. p.459-80.
- WAREING, P.F. & PATRICK, J. Source-sink relations and the partition of assimilates in the plant. In: COOPER, J.P., ed. *Photosynthesis and productivity in different environments*. London, Cambridge University Press, 1975. p.481-99.
- WATERS, L. JR.; GRAHAM, P.H.; BREEN, P.J.; MACK, H.J.; ROSAS, J.C. The effect of plant population density on carbohydrate partitioning and nitrogen fixation of two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in two tropical locations. *J. Agric. Sci.*, 100:153-8, 1983.