

DESENVOLVIMENTO E PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS EM *PHASEOLUS VULGARIS* SUBMETIDO A TRÊS DOSES DE NITROGÊNIO E TRÊS NÍVEIS DE LUZ¹

ALEX A.F. DE ALMEIDA², NEI F. LOPES³, MARCO A. OLIVA⁴ e RAIMUNDO S. BARROS³

RESUMO - O crescimento, a morfologia, a partição de assimilados e a produção de matéria seca foram estudados em *Phaseolus vulgaris* L. cv. Negrito 897, em condições de campo, sob três níveis de radiação solar (100%, 70% e 30%) e três doses de nitrogênio (zero, 30 e 60 kg de N/ha). A variação da densidade do fluxo radiante e das doses de nitrogênio induziu a planta a modificar a distribuição dos seus fotoassimilados, alterando, conseqüentemente, seu crescimento e morfologia. A redução da radiação solar e o incremento das doses de nitrogênio promoveram o aumento da altura e da área foliar das plantas. O aumento da razão parte aérea e sistema radicular promovida pelo sombreamento, associado com o incremento das doses de nitrogênio, alterou a partição de assimilados entre os órgãos, resultando em menor proporção de assimilados nas raízes. A ordem seqüencial dos drenos metabólicos preferenciais, no entanto, não foi alterada pelos níveis de luz e doses de nitrogênio. A diminuição da radiação solar incidente e das doses de nitrogênio reduziu as taxas de acúmulo de matéria seca na planta toda e em suas partes. Observou-se uma interação significativa entre luz e nitrogênio, em relação ao número de sementes, sendo o maior número alcançado ao nível de 100% de radiação associado com 60 kg de N/ha. A redução da densidade do fluxo radiante promoveu uma diminuição na temperatura da copa das plantas, o que, possivelmente, retardou a senescência de órgãos das plantas sombreadas.

Termos para indexação: feijão, crescimento, morfologia, biomassa, produção e radiação solar.

DEVELOPMENT AND ASSIMILATE PARTITION IN *PHASEOLUS VULGARIS* AS A FUNCTION OF THREE LIGHT LEVELS AND THREE NITROGEN DOSES

ABSTRACT - Growth, morphology, assimilate partition and dry matter production were studied in *Phaseolus vulgaris* L. cv. Negrito 897, under field conditions, at three light levels (30%, 70% and 100% of sunlight) and three nitrogen doses (zero, 30 and 60 kg of N/ha). Light flux densities and nitrogen levels induced modifications on the pattern of assimilate distribution, changing the growth and morphology of the plant. Solar energy reduction associated to an increasing in nitrogen levels increased stem elongation and leaf area. Shoot/root ratio increased with shading and/or increment of nitrogen levels, changing the normal assimilate partition among organs, and proportionally, less amount of assimilate was exported to roots. However, the preferential sink sequence was not changed by treatments. The rate of dry matter production of the whole plant and its parts decreased with decreasing nitrogen levels and/or shading. A significant interaction between light and nitrogen on one hand and number and dry weight of the seeds on the other was observed. Reduction in light levels decreased the shoot temperature and, probably, delayed the senescence of the plant parts as a consequence of shading.

Index terms: Common bean, growth, morphology, biomass, yield and solar radiation.

INTRODUÇÃO

A redução na produção e produtividade dos cultivos resulta principalmente da diminuição da taxa fotossintética das plantas cultivadas sob níveis infra-ótimos de luz (Crookston et al. 1975). Durante o período vegetativo, o incremento na dose de nitrogênio aumenta a produção de matéria seca, sendo que a ta-

xa de acúmulo é intensificada com o aumento do nível de radiação luminosa (Chan & Mackenzie 1972). A variação na densidade do fluxo radiante pode ainda induzir a planta a modificar a distribuição de fotoassimilados. Por outro lado, o nitrogênio pode afetar a translocação e a distribuição de assimilados na planta.

No feijoeiro, a área foliar e a sua taxa de expansão aumentam com a diminuição da densidade do fluxo radiante (Cooper & Qualls 1967, Knecht & O'Leary 1972, Lopes et al. 1982), indicando um mecanismo de adaptação da planta a baixos níveis de luz (Cooper & Qualls 1967), para provavelmente captar, com maior eficiência, a luz disponível (Lopes et al. 1982). Em condições de sombreamento, verifica-se a redução da espessura da folha (Cooper & Qualls 1967, Crookston et al. 1975), o que também é

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

² Eng. - Agr., M.Sc., CEPLAC/CEPEC, CEP 45600 Itabuna, BA.

³ Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Adj., Dep. de Biol. Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570 Viçosa, MG.

⁴ Biólogo Dr. Rer. nat., Prof. - Adj. Dep. de Biol. Vegetal, UFV.

observado com o aumento da temperatura (Jones 1971), em virtude do consumo de assimilados na expansão da área foliar (Cooper & Qualls 1967).

Neste trabalho, estudaram-se as alterações no crescimento, morfologia, distribuição de assimilados e produção de matéria seca do feijoeiro Negrito 897 promovidas pela redução da radiação solar e por diferentes doses de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Negrito 897 foram cultivadas em condições de campo, submetidas a 30%, 70% e 100% de exposição solar e a zero, 30 e 60 kg/ha de N, em condições anteriormente descritas por Almeida et al. (1988).

As coletas foram efetuadas a intervalos regulares de quatorze dias, durante todo o ciclo da cultura. Em cada coleta, na área útil, foram cortadas as plantas rente ao solo e a seguir, separadas em partes (folhas, caules, flores, vagens e sementes). As raízes foram retiradas em blocos de terra e, depois, lavadas em peneiras. A matéria seca foi obtida após secagem em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 75°C. Registraram-se o número de folhas, vagens e sementes e mediram-se a altura das plantas, do nível do solo até a extremidade superior da planta.

A área foliar foi determinada em cada coleta utilizando-se um medidor de área marca LI-COR, modelo LI - 3000. A temperatura da copa foi medida entre as nove e dez horas, por ocasião das coletas, em todas as sub-sub-parcelas, com três repetições, utilizando-se o termômetro infravermelho Barnes modelo PRT 10L, conforme descrição de Fuchs & Tanner (1966) e Hatfield (1979).

Os dados primários de matéria seca total (W_t) foram ajustados através de curvas logísticas de crescimento (Richards 1969) por um programa interativo para minimizar a variância residual. A equação empregada foi $W_t = W_m / (1 + Be^{-Ct})$, sendo W_m a estimativa assintótica do crescimento máximo, C e B, constantes de ajustamento, e t, o tempo, em dias. Também foi efetuada a análise de regressão curvilínea das médias de peso da matéria seca acumulada nas raízes (W_r), caules (W_c) e folhas (W_f), em função do tempo, com o emprego de polinômios ortogonais. Determinou-se o polinômio que melhor se ajustasse aos dados primários (Richards 1969) e estimou-se, desse modo, diariamente, a matéria seca acumulada de cada parte das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tamanho das plantas do feijoeiro aumentou com a redução da densidade do fluxo de luz e com o incremento no nível de nitrogênio, sendo que a maior altura das plantas foi observada a 30% de radiação e 60 kg/ha de N (Tabela 1). O aumento da altura das plantas sombreadas fato também observado em feijoeiro (Crookston et al. 1975, Lopes et al. 1983) foi, provavelmente, ocasionado pelo maior alongamento

dos entrenós. As plantas sombreadas continuam a apresentar alongamento do caule após a floração, o que pode indicar alteração no hábito de crescimento em razão de decréscimo na densidade do fluxo radiante, sendo que a cv. Negrito 897, de hábito de crescimento indeterminado do tipo II (hastes curtas), muda para o tipo III (hastes longas e prostradas), provavelmente, em função de um aumento da dominância apical das plantas sombreadas (Phillips 1975, Lopes et al. 1983).

Verifica-se, na Tabela 1, que, a partir do 21º dia após a emergência das plantas, os valores médios da área foliar aumentaram com o incremento da adubação nitrogenada e redução da radiação solar incidente, confirmando que a área da folha e sua taxa de expansão aumentam com a diminuição da densidade do fluxo radiante (Cooper & Qualls 1967, Knecht & O'Leary 1972, Lopes et al. 1982). Assim, as plantas tendem a promover a expansão máxima da superfície foliar captando, com maior eficiência, a luz disponível (Cooper & Qualls 1967, Lopes et al. 1982). Em condições de sombreamento verifica-se, também, a redução da espessura da folha (Cooper & Qualls 1967, Crookston et al. 1975). O mesmo efeito é exibido com o aumento da temperatura (Jones 1971) em virtude do consumo de assimilados na expansão da área foliar (Cooper & Qualls 1967).

A Tabela 1 mostra que o incremento das doses de nitrogênio e a diminuição da densidade do fluxo radiante provocaram um aumento dos valores da razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR). Os valores máximos foram obtidos nos níveis de 30% e 70% de radiação, associados com 30 e 60 kg/ha de N. Segundo Thornley (1972), a razão ramos/raízes é determinada pelo balanço entre a absorção de nitrogênio das raízes e fotossíntese bruta dos ramos. A dose baixa de nitrogênio promove um grande estímulo ao crescimento do sistema radicular, em detrimento da parte aérea, aumentando a translocação de carboidratos para as raízes, que assim explorariam maior volume de solo.

Observa-se, na Tabela 2, estreita relação entre o número médio de vagens e os níveis de nitrogênio. No tratamento correspondente a 0 kg/ha de N, independentemente dos níveis de radiação solar, obtiveram-se os menores números de vagens/m². Associada à redução do número de vagens, verificou-se, também, uma diminuição no número de folhas (Tabela 1). O número máximo de vagens foi obtido no nível de 100% de radiação, associado, a 60 kg/ha de N.

TABELA 1. Estande médio, altura média das plantas, área foliar média, número médio de folhas e razão entre parte aérea e sistema radicular (PA/SR), sob os três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

Nível de radiação solar (%)	Dose de nitrogênio (kg/ha)	Coleta (dias após a emergência)	"Stand" (plantas/m ²)	Altura das plantas (cm)	PA/SR	Área foliar média (dm ² /m ²)	número de folhas/m ²
	0	7	32,8	8,1	4,3	20,3	96,0
30	30		28,2	8,0	6,4	17,3	90,0
	60		29,4	7,9	6,1	22,7	100,0
	0		30,2	7,7	4,2	18,3	94,0
70	30		35,0	7,4	4,9	24,5	106,0
	60		26,5	7,4	10,3	23,4	106,0
	0		29,7	5,9	3,7	13,5	80,0
100	30		29,0	6,4	4,0	17,1	96,0
	60		29,7	6,5	4,6	19,2	92,0
	0	21	29,3	11,5	3,5	43,0	120,0
30	30		28,7	17,2	4,9	73,5	138,0
	60		21,3	15,1	5,2	71,7	144,0
	0		20,7	9,2	2,8	27,4	84,0
70	30		24,0	12,3	3,3	54,8	128,0
	60		26,0	14,3	5,3	66,9	114,0
	0		28,0	9,4	2,8	34,7	114,0
100	30		20,7	9,8	3,0	43,6	112,0
	60		26,7	11,0	3,7	63,7	168,0
	0	35	26,0	12,3	3,7	35,9	124,0
30	30		24,7	20,8	5,6	90,6	178,0
	60		20,7	30,1	6,2	131,4	224,0
	0		25,3	12,7	4,1	48,0	154,0
70	30		22,7	19,8	5,2	120,8	224,0
	60		26,0	23,3	4,8	131,4	248,0
	0		27,3	10,3	4,3	31,5	142,0
100	30		30,7	18,5	4,8	97,5	205,0
	60		22,0	16,8	5,3	82,0	192,0
	0	49	26,0	21,5	6,5	63,0	138,0
30	30		27,3	26,3	5,4	74,8	142,0
	60		22,7	28,3	6,0	76,0	162,0
	0		22,7	16,3	4,5	30,7	116,0
70	30		22,0	19,9	5,6	41,9	118,0
	60		28,7	23,4	4,6	41,8	130,0
	0	49	26,7	16,6	4,2	32,9	132,0
100	30		24,7	22,5	4,5	49,8	164,0
	60		26,7	27,0	4,8	57,1	232,0
	0	63	26,0	20,5	6,9	-	-
30	30		22,0	23,0	6,8	-	-
	60		19,3	27,8	6,0	-	-
	0		28,0	13,2	4,2	-	-
70	30		22,7	20,4	5,2	-	-
	60		27,3	25,5	5,3	-	-
	0		24,0	12,6	3,6	-	-
100	30		31,3	18,2	4,0	-	-
	60		30,0	24,2	4,7	-	-
	0	77	24,7	16,4	5,5	-	-
30	30		34,7	28,8	6,2	-	-
	60		28,0	27,9	5,6	-	-
	0		33,3	14,0	4,7	-	-
70	30		26,7	21,4	5,1	-	-
	60		28,7	19,9	4,5	-	-
	0		32,7	12,1	3,4	-	-

TABELA 1. Continuação.

Nível de radiação solar (%)	Dose de nitrogênio (kg/ha)	Coleta (dias após a emergência)	"Stand" (plantas/m ²)	Altura das plantas (cm)	PA/SR	Área foliar média (dm ² /m ²)	Número de folhas/m ²
100	30		28,0	16,2	3,1	-	-
	60		32,0	22,2	4,6	-	-
CV (%)			13,66	18,06	22,23	33,03	22,41
T			NS	**	*	**	*
L			NS	**	**	**	NS
T x L			NS	NS	NS	*	**
N			NS	**	**	**	**
T x N			NS	**	*	**	*
L x N			**	NS	NS	NS	NS
T x L x N			*	NS	*	NS	NS

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

NS = não significativo.

T = Tempo; L = Luz; N = Nitrogênio.

Diferenças genéticas moduladas por fatores ambientais causam uma grande variação no número de vagens (Duarte & Adams 1972). É possível que a diferenciação das vagens tenha sido fortemente favorecida pelo suprimento do nitrogênio, e sua degeneração (senescência precoce, acompanhada de aborto e abscisão) eficazmente evitada pelo suprimento de carboidratos, sob altos níveis de luz. Um número maior de folhas, a 100% de radiação e 60 kg/ha de N, durante a fase de enchimento de grãos (Tabela 1), provavelmente contribuiu com o maior fornecimento de carboidratos, visto que a área da folha é altamente efetiva na determinação do tamanho da semente (Duarte & Adams 1972). Isso é confirmado no tratamento 30% de radiação e 60 kg/ha de N, em que o baixo número de vagens foi, possivelmente, influenciado pela menor produção de carboidratos, associada com o maior crescimento da planta.

O número de sementes também foi afetado pelas diferentes doses de nitrogênio. Houve uma interação significativa entre o número de sementes, a luz e o nitrogênio. O número máximo de sementes foi obtido ao nível de 100% de radiação e na dosagem de 60 kg/ha de N (Tabela 2). Em feijoeiro, os fertilizantes nitrogenados promovem aumento da produção de sementes, em consequência do incremento dos componentes do rendimento (Edje et al. 1975, Scarisbrick et al. 1982, Eriksen & Whitney 1984). Além disso, altas doses de nitrogênio associadas a elevados

níveis de radiação solar aumentam a produção por incrementar o peso das sementes (Eriksen & Whitney 1984).

Sob todos os níveis de radiação solar e doses de nitrogênio, o acúmulo de matéria seca total (W_t) apresentou tendência logística de crescimento (Fig. 1). Normalmente, a tendência sigmoideal de crescimento mostra três fases distintas: uma inicial, anterior à floração, com o crescimento relativamente lento; outra intermediária, do início da floração até o começo do período de enchimento de grãos, quando o crescimento é acelerado; e outra final, quando ocorre o desenvolvimento das sementes, onde o acréscimo na matéria seca é muito lento e as curvas aproximam-se de um patamar.

Neste trabalho, a fase inicial não foi bem evidenciada principalmente nos maiores níveis de luz (Fig. 1). Nas plantas cultivadas sob a dosagem de 0 kg/ha de N, a fase de crescimento acelerado teve menor duração do que nas demais doses de N, mesmo em condições de altos níveis de radiação solar, talvez em virtude de uma diferenciação mais rápida dos tecidos. Na Fig. 2, verifica-se uma tendência de incremento na matéria seca total, com o aumento dos níveis de luz e doses de nitrogênio, principalmente nos níveis de 70% e 100% de radiação e nas dosagens de 30 e 60 kg/ha de N, o que não foi observado na dosagem de 0 kg/ha de N, onde o sombreamento parece haver favorecido o aumento de W_t .

Durante o período vegetativo, o nitrogênio foi capaz de causar um aumento na produção de matéria seca, sendo a taxa de incremento intensificada com o aumento do nível de radiação luminosa, como também observaram Chan & Mackenzie (1972). Prova-

velmente, ocorre um desbalanço entre a fotossíntese e a respiração do feijoeiro, em razão de pesadas adubações nitrogenadas sob condições de baixa radiação solar e, como consequência, há uma redução na produção de matéria seca.

TABELA 2. Número médio de vagens e de sementes, sob os três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

Nível de radiação solar (%)	Dose de nitrogênio (kg/ha)	Coleta (dias após a emergência)	número médio de vagens/m ²	Número médio de sementes/m ²
30	0	49	114,0	-
	30		106,0	-
	60		140,0	-
70	0		80,0	-
	30		120,0	-
	60		124,0	-
100	0		90,0	-
	30		146,0	-
	60		204,0	-
30	0	63	64,0	194,0
	30		62,0	196,0
	60		50,0	210,0
70	0		44,0	102,0
	30		57,0	190,0
	60		82,0	274,0
100	0		34,0	80,0
	30		66,0	210,7
	60		86,0	341,0
30	0	77	36,0	130,0
	30		60,0	231,0
	60		70,7	248,7
70	0		42,0	136,0
	30		64,7	252,0
	60		74,7	301,0
100	0		26,0	84,0
	30		60,7	274,0
	60		84,0	317,4
C.V. (%)			38,17	31,08
T			NS	NS
L			NS	NS
T x L			NS	NS
N			**	**
T x N			NS	NS
L x N			NS	*
T x L x N			NS	NS

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

NS = não significativo.

T = Tempo; L = Luz; N = Nitrogênio.

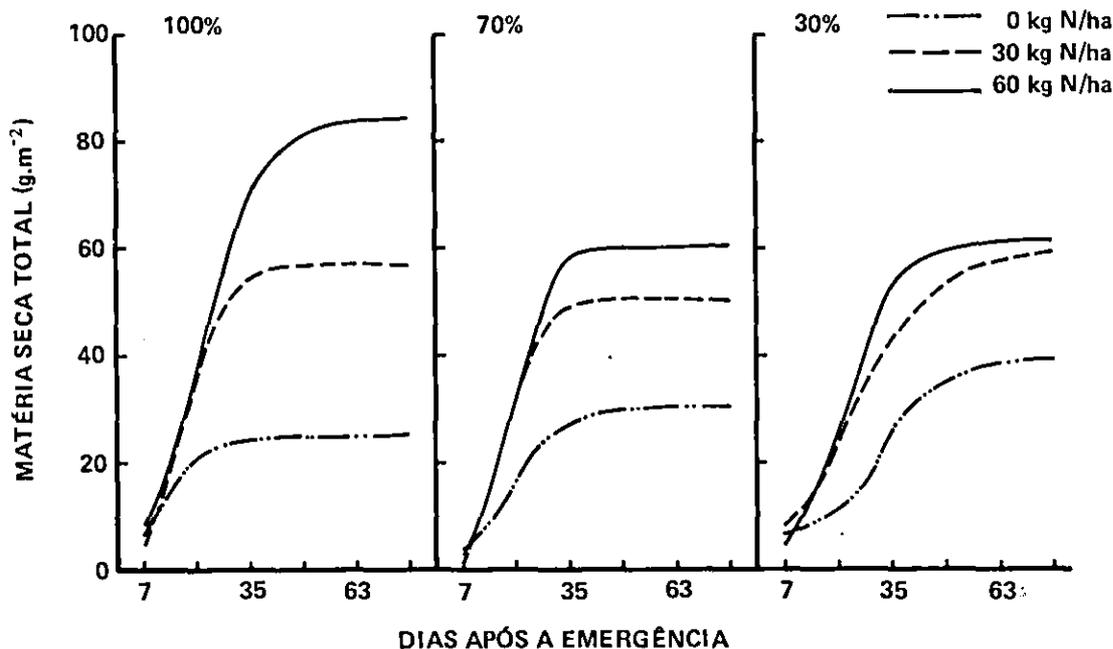


FIG. 1. Matéria seca acumulada em plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

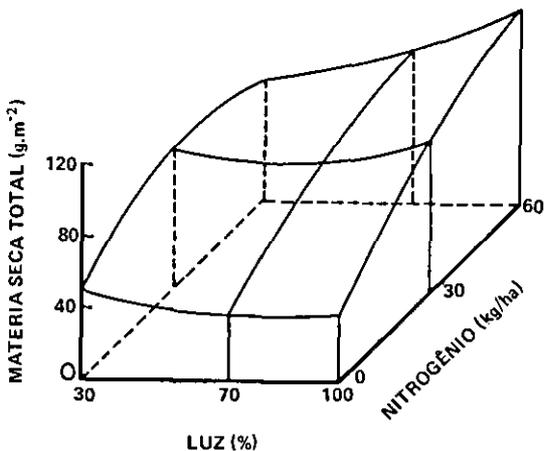


FIG. 2. Matéria seca total em relação aos níveis de luz e doses de nitrogênio aos 77 dias após a emergência das plantas.

A temperatura da copa das plantas, nos diversos tratamentos, variou em função da densidade do fluxo radiante (Tabela 3), embora a temperatura do ar não sofresse alterações significativas em virtude do sombreamento (dados não mostrados). O decréscimo na temperatura da copa nos tratamentos sombreados

ocorreu em virtude, principalmente, da redução da energia solar incidente sobre a copa das plantas. Isso significa que nos tratamentos mais sombreados, o calor gerado pela radiação incidente é dissipado na folha, principalmente, por transpiração e/ou advecção. O aumento da temperatura da copa, no tratamento com plena radiação, indica um aumento na emissão de radiação infravermelha das folhas, como mecanismo adicional aos anteriores na dissipação de calor.

Possivelmente, a diminuição da temperatura foliar causada pelo sombreamento (Tabela 3) resultou em redução da taxa respiratória, um dos fatores primários de ajustamento ao sombreamento (Yamaguchi 1978). Também contribuiu para isso o decréscimo no teor de assimilados na planta sombreada (Yamaguchi 1978) em consequência dos menores níveis de radiação, e de provável redução na atividade de algumas enzimas (Crookston et al. 1975, Penning de Vries 1975), resultante do sombreamento e das temperaturas foliares mais baixas.

O maior acúmulo de matéria seca nas raízes (W_r) (Fig. 3) foi obtido nos mais altos níveis de radiação e de adubação nitrogenada. Os valores máximos de W_r foram de 15,8; 12,3 e 10,3 g.m⁻², em ordem decrescente dos níveis de radiação e 60 kg/ha de N, atingi-

dos nos 56^o, 49^o e 70^o dias após a emergência, respectivamente. Houve leve tendência de as plantas sombreadas prolongarem o período de acúmulo de matéria seca nas raízes, principalmente nas maiores dosagens de nitrogênio.

Observou-se, nos diversos tratamentos onde não se adicionou nitrogênio, um baixo acúmulo de matéria seca, independentemente dos níveis de radiação solar. A diminuição dos valores após atingirem o máximo, nos maiores níveis de radiação foi, provavelmente, em decorrência da maior força de competição por assimilados pelos órgãos reprodutivos. O aumento do período de recepção de assimilados, sob baixos níveis de radiação, possivelmente, ocorreu em razão da menor capacidade mobilizadora (força do dreno) pelos órgãos reprodutivos nestes tratamentos.

Trabalhando também com a cultivar Negrito 897, em casa-de-vegetação, Lopes et al. (1983) observaram forte tendência de incremento de W_r com o aumento da densidade de fluxo radiante. Os autores verificaram que a redução da radiação solar causou diminuição no crescimento do sistema radicular, tendo em vista a menor disponibilidade de carboidratos por planta. A redução no fornecimento de carboidratos para as raízes, pela anelagem de plantas de feijoeiro, resulta em menores absorções de nitrogênio, em relação às plantas intactas, sendo que a absorção de amônio é mais afetada que a de nitrato (Haynes & Goh 1978). Ramos axilares e folhas terminais do caule principal do feijoeiro contribuem somente com traços de assimilados para as raízes (Wien et al. 1976). No período de crescimento reprodutivo poderia ocorrer uma redução no crescimento radicular, especialmente em espaçamentos menores

(Wien et al. 1976). Esses pesquisadores enfatizam a importância de melhor arranjo e orientação foliar, que propiciem maior penetração de luz no dossel.

O acúmulo de matéria seca nos caules (W_c) (Fig. 4) exibiu tendência semelhante ao acúmulo de matéria seca das raízes, com o decréscimo dos níveis de radiação e doses de nitrogênio. Os valores máximos de W_c foram de 33,3; 22,8 e 9,3 g.m⁻², em ordem decrescente de níveis de radiação e 60 kg/ha de N, atingidos nos 56^o, 45^o e 49^o dias após a emergência, respectivamente. Após atingir o máximo, a queda nas curvas de W_c foi mais acentuada ao nível de 100% de radiação, nas dosagens de 30 e 60 kg/ha de N, acompanhando a rápida senescência foliar promovida, provavelmente, pela grande demanda de assimilados pelas vagens, o que, possivelmente, causou maior mobilização de assimilados do caule para as partes reprodutivas.

Ocorreu um intervalo aproximado de quinze dias entre os valores máximos de matéria seca do caule e da folha (Fig. 4 e 5), sugerindo que, durante algum tempo, os caules foram os drenos preferenciais de assimilados, da mesma forma que as vagens o foram, posteriormente, de forma mais vigorosa e definitiva. A queda de curva mais suave de W_c nos menores níveis de luz, talvez indique uma habilidade de o sombreamento induzir prolongamento do período de acúmulo de matéria seca.

Os valores de matéria seca acumulada nas folhas (W_f) atingiram o máximo por volta do 30^o dia após a emergência das plantas (Fig. 5). Aparentemente, não houve diferença entre os valores máximos de W_f , no nível de 100% de radiação, nas dosagens equivalentes a 30 e 60 kg/ha de N. Com a redução da radiação

TABELA 3. Temperatura média das folhas (°C), medida entre as nove e dez horas, por ocasião das coletas, em plantas de feijão Negrito 897.

Nível de radiação solar (%)	Dose de nitrogênio (kg/ha)	Coleta (dias após a emergência)				
		7	21	35	49	63
30	0	25,5	21,9	24,5	23,9	30,3
	30	24,5	20,1	23,4	26,5	30,0
	60	23,4	23,3	24,4	25,5	29,0
70	0	30,3	25,5	27,8	27,9	32,5
	30	30,2	26,6	29,0	29,0	33,6
	60	29,1	25,5	27,9	27,9	30,0
100	0	32,4	28,0	30,0	31,3	36,0
	30	32,5	27,9	27,9	32,5	38,2
	60	30,2	29,0	29,1	33,5	37,0

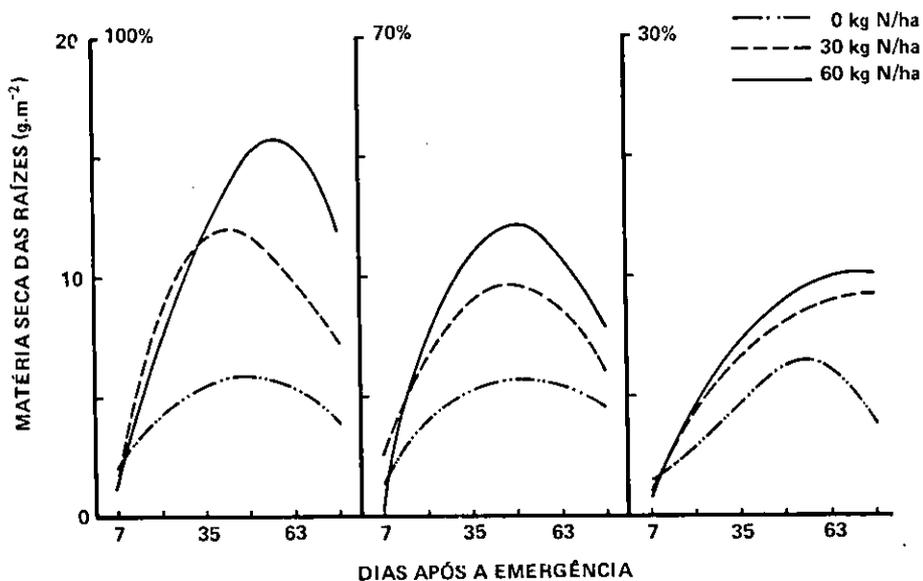


FIG. 3. Matéria seca acumulada nas raízes de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

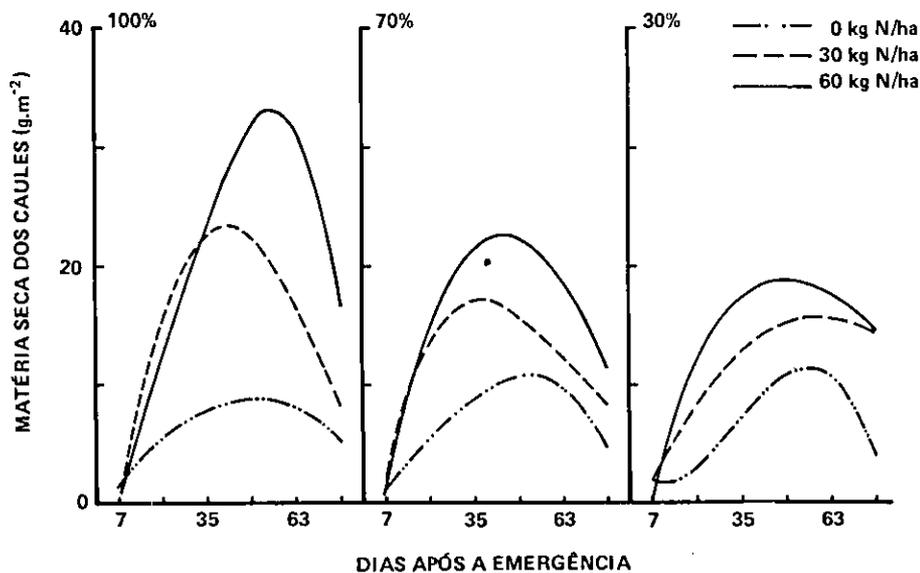


FIG. 4. Matéria seca acumulada nos caules de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

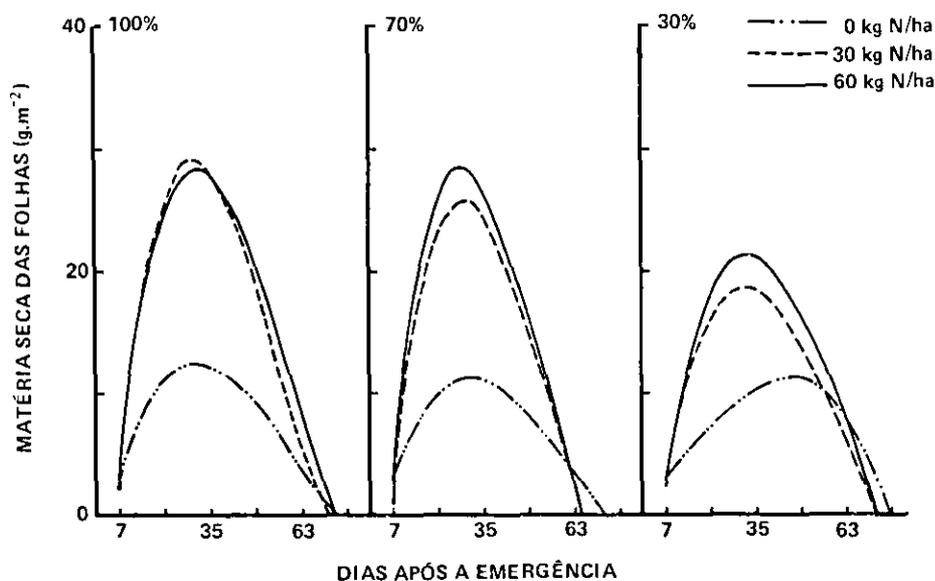


FIG. 5. Matéria seca acumulada nas folhas de plantas cultivadas sob três níveis de radiação solar e três doses de nitrogênio.

e adubação nitrogenada, observou-se uma diminuição dos valores de W_f , ao passo que o tratamento sem adubação nitrogenada produziu baixos valores de W_f , independentemente do nível de radiação.

Semelhantemente ao ocorrido com as raízes e caules, observou-se uma leve tendência de as plantas mais sombreadas prolongarem o período de acúmulo de matéria seca foliar. É provável que o prolongamento do acúmulo de matéria seca nas partes da planta tenha ocorrido em virtude de uma redução na taxa respiratória, em consequência da diminuição da temperatura da copa das plantas com o sombreamento (Tabela 3).

Aos primeiros dias após a emergência das plantas, o incremento de W_f não sofreu variações com a diminuição da densidade do fluxo luminoso, principalmente sob dosagens elevadas de nitrogênio. Isso talvez seja explicado pelo fato de a luz não afetar a força do dreno das folhas novas de feijoeiro em rápida expansão (Swanson & Hoddinott 1978). Aparentemente, para o crescimento inicial das plântulas de feijão é necessário apenas o nitrogênio de proteínas cotiledonares, desde que esse tipo de reserva pode suportar a demanda de nitrogênio para as folhas novas, por um período de cerca de dez dias (Srivastava 1975).

A matéria seca acumulada nas sementes (W_s) em relação aos níveis de radiação e doses de nitrogênio, está representada na Fig. 6. Os valores máximos de W_s foram obtidos nos maiores níveis de radiação associados a maiores doses de nitrogênio. No caso da produção de grãos, é de grande importância a densidade do fluxo radiante no período de enchimento, pois a produção de carboidratos depende inteiramente de altos níveis de luz e de nitrogênio. Provavelmente, sob baixos níveis de radiação e doses de nitrogênio, a produção de sementes (W_s) foi reduzida, em razão da baixa taxa assimilatória líquida (Almeida et al. 1988), o que pode ter ocasionado menor produção de carboidratos, aliada a menor número de vagens. Um adequado suprimento de nitrogênio pode maximizar o tamanho potencial das vagens e sementes, ao passo que uma alta densidade do fluxo radiante seria responsável pelo aumento da produção de fotoassimilados para o enchimento das sementes.

A relação existente entre o acúmulo de matéria seca nas sementes (W_s) e a matéria seca total (W_t), representada na Fig. 7, mostrou haver uma forte correlação linear ($R^2 = 0,90$) entre esses dois parâmetros de crescimento. Obviamente, isso significa que quanto maior for a biomassa, maior o incremento na produção de sementes. O valor máximo da

relação foi obtido no nível de 100% de radiação associado a 60 kg/ha de N. Fato semelhante já foi observado em soja (Johnson & Major 1979, Colasante & Costa 1981).

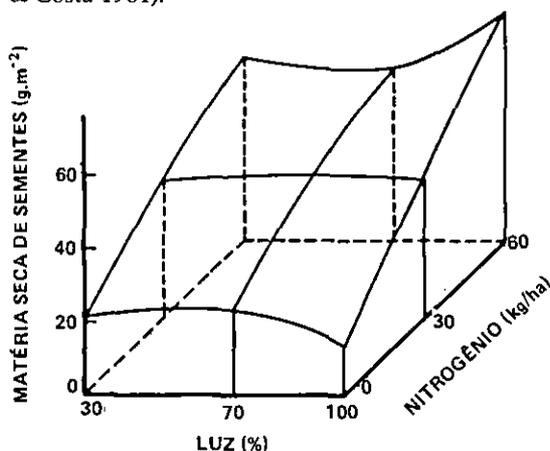


FIG. 6. Matéria seca das sementes em relação aos níveis de luz e doses de nitrogênio aos 77 dias após a emergência das plantas.

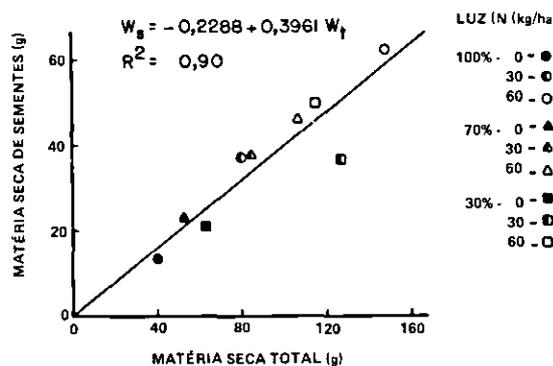


FIG. 7. Matéria seca das sementes em função da matéria seca total da planta aos 77 dias após a emergência das plantas, cultivadas sob três níveis de luz e três doses de nitrogênio.

CONCLUSÕES

1. A redução da densidade do fluxo radiante e o incremento no nível de nitrogênio promoveram alongamento do caule, aumento na área foliar e na razão parte aérea/sistema radicular em feijoeiro cv. Negroito 897.

2. A matéria seca da planta e de seus órgãos aumentaram com incrementos tanto no nível de luz quanto nas doses de nitrogênio.

3. O número de vagens e de sementes foi fortemente influenciado pela dose de nitrogênio, mas não pelo nível de luz, porém as suas degenerações foram eficazmente evitadas pelo aumento na densidade do fluxo radiante.

4. Observou-se uma interação significativa entre níveis de luz e de nitrogênio no número e na matéria seca das sementes.

5. Um adequado suprimento de nitrogênio estimulou uma tendência a maximizar o tamanho potencial das vagens e das sementes, ao passo que altos níveis de luz promoveram um aumento da produção de fotoassimilados para o enchimento dos grãos.

6. Observou-se também forte correlação entre a biomassa e a matéria seca das sementes.

7. O sombreamento modificou o hábito de crescimento da cultivar do tipo II para o tipo III.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.A.F. de; 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, ago. 1988.
- 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.
- COLASANTE, L.O. & COSTA, J.A. Índice de colheita e rendimento biológico na comparação da eficiência de variedades de soja. *Pesq. agropec. bras.*, **16**(2):225-30, 1981.
- COOPER, C.S. & QUALLS, M. Morphology and chlorophyll content of shade and sun leaves of two legumes. *Crop Sci.*, **7**:672-3, 1967.
- CROOKSTON R.K.; TREHARNE, K.J.; LUDFORD, P.; OZBUN, J.L. Response of beans to shading. *Crop Sci.*, **15**:412-6, 1975.
- DUARTE, R.A. & ADAMS, M.W. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Sci.*, **12**:579-82, 1972.
- EDJE, O.T.; MUGHOGHO, L.K.; AYONOADU, U.W.U. Response of dry beans to varying nitrogen levels. *Agron. J.*, **67**:251-5, 1975.

- ERIKSEN, F.I. & WHITNEY, A.S. Effects of solar radiation regimes on growth and N₂ fixation of soybean, cowpea, and bushbean. **Agron. J.**, **76**:529-35, 1984.
- FUCHS, M. & TANNER, C.B. Infrared thermometry of vegetation. **Agron. J.**, **58**:597-601, 1966.
- HATFIELD, J.L. Canopy temperatures; the usefulness and reliability of remote measurements. **Agron. J.**, **71**:889-92, 1979.
- HAYNES, R.J. & GOH, K.M. Ammonium and nitrate nutrition of plants. **Biol. Rev.**, **53**:465-510, 1978.
- JOHNSON, D.R. & MAJOR, D.J. Harvest index of soybeans as affected by planting date and maturity rating. **Agron. J.**, **71**:538-41, 1979.
- JONES, L.H. Adaptive responses to temperature in dwarf french beans, *Phaseolus vulgaris* L. **Ann. Bot.**, **35**:581-96, 1971.
- KNECHT, G.N. & O'LEARY, J.W. The effect of light intensity on stomate number and density of *Phaseolus vulgaris* L. leaves. **Bot. Gaz.**, **133**:132-34, 1972.
- LOPES, N.F.; OLIVA, M.A., FREITAS, J.G., MELGES, E.; BELTRÃO, N.E.M. Análise de crescimento e conversão da energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **R. Ceres**, **29**(166):586-606, 1982.
- LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; MELGES, E.; FURTADO, M.H.; FREITAS, J.G. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **R. Ceres**, **30**(172):451-62, 1983.
- PHILLIPS, I.D.J. Apical dominance. **Annu. Rev. Plant Physiol.**, **26**:341-67, 1975.
- RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F.C., ed. **Plant physiology; a treatise**. New York, Academic, 1969. p.3-76.
- SCARISBRICK, D.H.; OLUFAJI, O.O.; DANIELS, R.W. The effect of nitrogenous fertilizer on the seed yield, and yield components of *Phaseolus vulgaris*. **J. Agric. Sci.**, **99**:665-8, 1982.
- SRIVASTAVA, H.S. Distribution of nitrate reductase in ageing bean seedlings. **Plant Cell Physiol.**, **16**:995-9, 1975.
- SWANSON, C.A. & HODDINOTT, J. Effect of light and ontogenetic stage in sink strenght in bean leaves. **Plant Physiol.**, **62**:454-7, 1978.
- THORNLEY, J.H.M. A balanced quantitative model for root: shoot ratios in vegetative plants. **Ann. Bot.**, **36**:431-1, 1972.
- VRIES, F W T P de. The cost of maintenance processes in plant cells. **Ann. Bot.**, **39**:77-92, 1975.
- WIEN, H.C.; ALTSCHULER, S.L.; OZBUN, J.L.; WALLACE, D.H. ¹⁴C-assimilate distribution in *Phaseolus vulgaris* L. during the reproductive period. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, **101**(5):510-3, 1976.
- YAMAGUCHI, J. Respiration and the growth efficiency in relations to crop productivity. **J. Fac. Agric. Hokkaido Univ.**, **59**:59-129, 1978.