

DESENVOLVIMENTO E PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS EM *GLYCINE MAX* CRESCIDA SOB QUATRO DENSIDADES DO FLUXO RADIANTE¹

ELENA MELGES², NEI F. LOPES³ e MARCO A. OLIVA⁴

RESUMO - O desenvolvimento e a partição de assimilados foram estudados em soja *Glycine max* (L.) Merr. cv. 'UFV-2', submetida a quatro níveis de luz (30, 50, 70 e 100% da radiação solar incidente), em condições de campo. O número máximo de folhas e a altura máxima das plantas coincidiram com o início do enchimento de grãos em todos os níveis de luz. A redução da densidade do fluxo radiante produziu aumento na altura das plantas e redução no número de folhas e de vagens. O sombreamento alterou a partição de assimilados entre os diversos órgãos, mas não modificou a ordem seqüencial dos drenos metabólicos preferenciais. As taxas de acúmulo de matéria seca em cada órgão foram tanto mais elevadas quanto maior o nível de luz incidente. As taxas de acúmulo de matéria seca das raízes foram mais afetadas pelo sombreamento do que as dos outros órgãos.

Termos para indexação: soja, morfologia, níveis de luz.

DEVELOPMENT AND ASSIMILATE PARTITIONING IN *GLYCINE MAX* GROWN UNDER FOUR LIGHT FLUX DENSITIES

ABSTRACT - Development and assimilate partitioning were studied in *Glycine max* (L.) Merr. cv. UFV-2 under four light levels (30, 50, 70 and 100% of sunlight) in field conditions. Irrespective of light flux densities, the maximum number of leaves and maximum height of the plants were attained at the onset of grain filling. Stem elongation increased and the number of leaves and pods were reduced by decreasing light levels. Shading altered the assimilate partitioning among parts but did not change the sequential order of the preferential sinks. The dry matter rates of each organ increased as the light flux densities increased. The rates of root dry matter were more affected by shading than the rates of dry matter production of the other organs.

Index terms: soybean, morphology, light levels.

INTRODUÇÃO

Os principais fatores que afetam a fotossíntese líquida em soja sem deficiência hídrica ou mineral são o genótipo, a quantidade de luz e o índice de área foliar. Há evidência de que baixos níveis de luz a taxa de assimilação declina com índices de área foliar de 3 a 4 (Shibles et al. 1975).

O sombreamento artificial provoca alterações na morfologia das plantas (Crookston et al. 1975, Schou et al. 1978, Wahua & Miller 1978), na anatomia foliar, na ultra-estrutura dos cloroplastos e nos teores de clorofila (Cooper & Qualls 1967, Crookston et al. 1975). Portanto, a redução da densidade do fluxo radiante deve induzir a planta a remanejar a distribuição dos seus fotoassimilados, alterando, conseqüentemente, seu crescimento e morfologia.

Neste trabalho foi analisada a influência da redução da radiação solar sobre a morfologia, a distribuição de assimilados e as taxas de crescimento de órgãos da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar UFV-2 foram cultivadas em condições de campo, no ano agrícola 1981/82, em solo de textura argilosa e fertilidade média, classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbrico, fase terraço, no município de Viçosa, MG. As plantas foram submetidas a quatro níveis de radiação solar (30, 50, 70 e 100%). As condições do experimento foram as descritas por Melges et al. (1989).

Foram realizadas nove coletas durante todo o ciclo da cultura, a intervalos regulares de catorze dias. Na coleta, as plantas eram separadas em partes (folhas, caules, vagens e sementes). O sistema radicular era lavado em peneira até a eliminação total do solo aderente. A secagem do material era realizada em estufa de ventilação forçada a 75°C, até peso constante. Contava-se o número de folhas e de vagens e media-se a altura de trinta plantas por tratamento, o que consistia em tomar a distância entre o nível do solo até a extremidade superior da planta.

Todos os parâmetros determinados foram submetidos a análise de variância. Foi efetuada também análise de regressão curvilínea das médias do peso da matéria seca acumulada nas raízes (W_r), caules (W_c) e folhas (W_f). Procurou-se chegar ao polinômio que melhor se ajustasse aos dados primários, de acordo com Richards (1969). A curva logística de

¹ Aceito para publicação em 11 de maio de 1988.

Parte da tese apresentada para obtenção do Grau de Mestre em Fisiologia Vegetal à UFV pela autora.

² Bióloga, M.Sc., Prof.-Assist., Dep. de Biologia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), CEP 87200, Maringá, PR.

³ Eng. - Agr., Ph.D., Prof.-Adj., Dep. de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), CEP 36570 Viçosa, MG.

⁴ Biólogo, Dr. rer. nat., Prof.-Adj. Dep. de Biologia Vegetal, UFV.

crescimento foi ajustada aos dados de matéria seca acumulada nas vagens (W_v), por meio de um programa interativo para minimizar a variância residual. A equação empregada foi $W_v = W_m(1 + e^{A-Bt})$, sendo W_m a estimativa assintótica do crescimento máximo, A e B constantes de ajustamento e t o tempo, em dias. Para determinar os valores instantâneos da taxa de acúmulo de matéria seca de cada parte, empregou-se a derivada da equação ajustada a peso da matéria seca do órgão vegetal, em relação a tempo (Radford 1967, Richards 1969).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios do estande de cada coleta encontram-se na Tabela 1. Nota-se que praticamente não houve redução do estande desde o início até o final do período da cultura. A queda do estande na última coleta, nos níveis de 50% e 30% de radiação solar total, foi provocada pelo acentuado acamamento, ocasionado pelo grande alongamento das plantas e posterior apodrecimento, pelo contato com o solo.

De conformidade com a Tabela 1 verifica-se que houve diminuição do número de folhas, ocasionada pela redução da radiação solar incidente. Resultados semelhantes foram obtidos em feijão (Crookston et al. 1975), em cevada (Singh 1978) e em soja (Wahua & Miller 1978). O número máximo de folhas coincidiu com a fase inicial de enchimento de sementes, ou seja, 91 dias após a emergência, sob todos os níveis de luz. O rendimento econômico, de uma forma ou de outra, está relacionado com o número de folhas. Como as vagens são formadas nas axilas das folhas, maior número de folhas por planta resultou em maior número de posições para a formação de flores e vagens e, conseqüentemente, maior número de vagens (Tabela 2), maior produção.

A altura máxima das plantas (Tabela 1) coincidiu com o número máximo de folhas no intervalo de 84 a 98 dias após a emergência, sob os quatro níveis de radiação solar. As alturas máximas foram de 77,7, 90,0, 97,7 e 98,2 cm, em ordem decrescente de radiação incidente. A redução da densidade do fluxo radiante ocasionou alongamento do caule das plantas submetidas a essas condições (Crookston et al. 1975, Allen 1975, Antoniw & Sprent 1978, Wahua & Miller 1978). A altura máxima das plantas sombreadas foi, provavelmente, ocasionada pelo maior alongamento dos entrenós e pelo aumento da dominância apical. Geralmente, a dominância apical aumenta quando as plantas crescem sob baixos níveis de luz (Ryle 1961), possivelmente em razão do decréscimo de fotoassimilados e do aumento do nível de auxina

(Phillips 1975). A alteração da qualidade da luz (Melges et al. 1989) possivelmente, contribui também para o aumento da dominância apical nas plantas sombreadas, embora sua influência ainda não tenha explicação (Phillips 1969).

O número médio de vagens, sob cada nível de radiação solar e em cada colheita, pode ser visto na Tabela 2. Os valores médios, por planta e por área, foram superiores nos maiores níveis de radiação solar. Resultados semelhantes foram obtidos por Shou et al. (1978) e Wahua & Miller (1978). O maior número de vagens das plantas cultivadas sob maior radiação demonstrou que eram mais vigorosas durante o período da floração. Segundo Weber (1968), o número final de vagens depende do vigor das plantas nesse estádio.

Conforme mostram as Fig. 1 e 2, o acúmulo de matéria seca nos órgãos foi seqüencial. Observou-se ocorrência de mudanças do depósito metabólico preferencial de um órgão para outro, em virtude das transformações morfológicas das plantas. As correlações de crescimento entre os diversos órgãos das plantas são correlações entre taxas de crescimento e, conseqüentemente, são governadas tanto pelas condições internas de crescimento quanto pelas condições do ambiente (Brouwer 1962). Inicialmente, parece que as raízes e as folhas foram os drenos metabólicos preferenciais, porém, após algum desenvolvimento (a partir da segunda coleta, sob todos os níveis de radiação solar), houve uma mudança do dreno metabólico preferencial para o caule. Quando o caule atingiu a taxa máxima de produção de matéria seca, teve início o período de enchimento de sementes, com a conseqüente mudança do dreno preferencial para essa parte, de modo acentuado e definitivo.

Köller (1971) analisou cada fração da planta de soja, dividindo-a em quatro porções: superior, intermediária, inferior do caule principal e parte ramificada. O caule principal, em sua porção inferior e média, acumula a maior parte da matéria seca total, mas somente 36% vão compor as sementes. Já nos ramos e na parte superior do caule, embora com menor quantidade de matéria seca, 47% vão compor as sementes. A contribuição dos fatores do ambiente nessa diferença de partição da matéria seca é desconhecida. A diferença dessa magnitude, contudo, indica que a matéria seca repartida dentro da planta de soja, qualquer que seja o mecanismo controlador, pode influenciar fortemente a produção econômica.

Heslop-Harrison (1969) deduziu que o crescimento vascular é acentuado nas vagens e promovido

TABELA 1. Estande médio, altura média das plantas e número médio de folhas, sob os quatro níveis de radiação solar.

Nível de radiação solar (%)	Coleta (dias após a emergência)	Estande (plantas.m ⁻²)	Altura das plantas (cm)	Número de folhas/planta	Número de folhas.m ⁻²
100	14	38,1	11,5	5,4	207,2
	28	37,7	20,6	5,6	211,6
	42	36,3	30,8	8,1	286,3
	56	36,3	43,9	8,7	306,7
	70	34,3	48,6	11,4	389,0
	84	34,0	77,7	14,5	491,0
	98	34,0	75,4	19,8	650,2
	112	36,1	65,8	19,4	699,6
	126	31,8	60,3	14,8	496,6
	140	36,2	59,8	0,0	0,0
70	14	36,8	13,2	5,1	181,7
	28	33,6	24,9	5,5	186,1
	42	37,2	39,9	7,2	265,7
	56	32,1	57,7	8,9	313,1
	70	36,1	61,5	11,3	406,2
	84	36,8	90,0	11,9	427,0
	98	36,1	82,1	14,0	505,5
	112	34,0	79,2	13,2	414,1
	126	37,0	63,4	11,6	432,1
	140	36,4	59,0	3,0	109,3
50	14	34,3	15,1	5,6	191,8
	28	36,6	24,8	5,5	202,1
	42	38,0	45,7	7,7	289,0
	56	37,7	66,2	8,0	302,4
	70	37,2	77,1	9,5	363,4
	84	32,7	97,7	12,5	408,4
	98	36,1	86,1	13,6	493,0
	112	36,8	81,9	15,0	541,3
	126	36,9	70,5	12,4	421,6
	140	29,0	62,8	2,0	57,9
30	14	34,7	16,6	5,4	185,0
	28	36,9	32,1	5,3	194,4
	42	34,6	60,7	6,8	227,7
	56	33,8	79,4	8,2	276,6
	70	34,0	85,9	10,0	340,0
	84	34,0	98,2	12,2	415,5
	98	37,7	93,2	12,7	473,6
	112	32,4	84,5	10,7	363,4
	126	36,7	72,2	10,9	397,7
	140	25,8	63,7	1,7	49,5
CV (coletas)		12,37	13,03	18,38	15,98
S (coletas)		4,33	7,75	1,75	53,08
F (coletas)		NS	++	++	++
CV (nível de radiação)		17,97	10,38	17,99	21,75
S (nível de radiação)		2,79	6,18	1,70	73,32
F (nível de radiação)		NS	++	++	++

++ Significativo ao nível de 1%.

NS Não-significativo

TABELA 2. Número médio de vagens, índice de área foliar e área de cada folha, sob os quatro níveis de radiação solar.

Nível de radiação solar (%)	Coleta (dias após a emergência)	Número médio de vagens/planta	Número médio da vagens m ⁻²	Índice de área foliar	Área de cada folha (dm ²)
100	14			0,29	0,14
	28			0,64	0,32
	42			1,50	0,52
	56			2,40	0,79
	70			2,92	0,76
	84	24,2	806,8	3,32	0,68
	98	37,3	1227,70	2,40	0,38
	112	33,5	1225,6	1,78	0,25
	126	30,0	999,5	1,50	0,30
	140	31,2	1095,5	0,0	0,0
70	14			0,40	0,22
	28			0,53	0,28
	42			1,37	0,51
	56			2,36	0,77
	70			2,53	0,63
	84	34,5	1240,9	2,92	0,68
	98	29,3	1115,8	2,84	0,60
	112	28,8	1018,9	2,29	0,56
	126	34,0	1258,1	1,91	0,46
	140	34,4	1241,3	0,04	0,04
50	14			0,43	0,22
	28			0,56	0,28
	42			1,64	0,56
	56			1,92	0,64
	70			2,26	0,54
	84	32,2	1044,9	2,84	0,70
	98	28,7	1029,0	2,23	0,45
	112	33,9	1224,2	1,95	0,37
	126	29,8	1061,9	1,47	0,39
	140	25,2	714,9	0,05	0,09
30	14			0,45	0,24
	28			0,68	0,35
	42			1,69	0,74
	56			1,87	0,67
	70			2,10	0,53
	84	23,0	769,6	2,76	0,69
	98	17,8	657,6	2,41	0,51
	112	21,2	699,6	1,37	0,41
	126	17,9	656,4	0,81	0,21
	140	28,3	732,2	0,07	0,13
CV (coletas)		22,21	26,76	20,58	25,58
S (coletas)		6,40	256,86	0,32	0,11
F (coletas)		NS	NS	++	++
CV (nível de radiação)		24,99	26,50	15,71	22,21
S (nível de radiação)		7,22	263,29	0,25	0,10
F (nível de radiação)		++	++	++	NS

++ Significativo ao nível de 1%.

NS Não-significativo

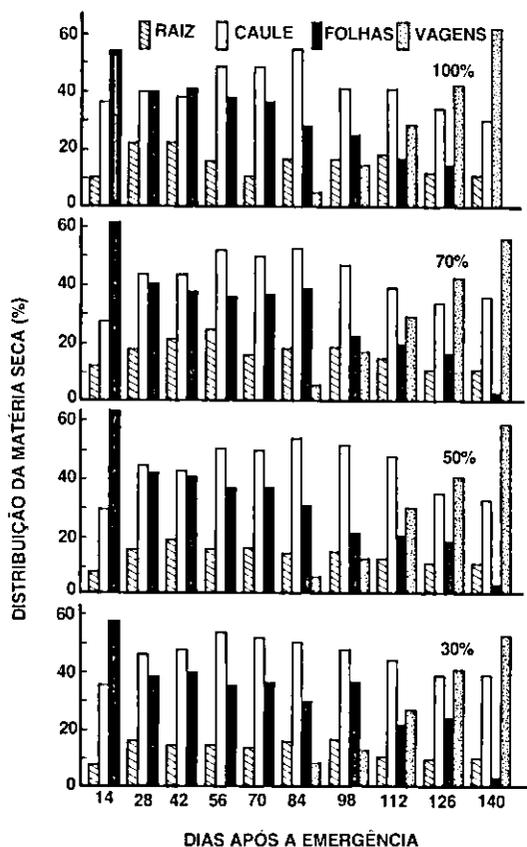


FIG. 1. Distribuição percentual da matéria seca nas raízes, caules, folhas e vagens de plantas cultivadas sob quatro níveis de radiação solar.

pelas auxinas, o que facilita o fluxo de nutrientes e água para as vagens, aumentando seu poder competitivo, em relação aos outros órgãos. Durante o desenvolvimento, as sementes de soja mantêm alto nível de ácido abscísico (ABA) (Quebedeaux et al. 1976). Além disso, foi sugerido, recentemente, que o ABA facilitaria a descarga da sacarose do floema para dentro dos tecidos drenos (Dewdney & Mcwha 1979, During & Alleweldt 1980, citados por Gbikpi & Crookston 1981).

Nota-se que, embora ocorra mudança do drno metabólico preferencial, os outros órgãos continuam acumulando matéria seca, porém em menor taxa.

Os diferentes níveis de radiação solar incidente alteraram a partição dos assimilados entre os órgãos, mantendo-se, todavia, a mesma ordem de drenos preferenciais, sob todos os níveis de radiação (Fig. 1 e 2). Esses dados são coerentes com as observações

de Singh et al. (1978) em cevada, mas contrários aos obtidos por Cooper (1966) em leguminosas.

Comparando as taxas de acúmulo em cada órgão, verifica-se que os valores foram tanto mais elevados quanto maior foi a radiação solar incidente (Fig. 2). Cada parte da planta teve uma taxa máxima de acúmulo (C) em determinado período, fato semelhante ao observado por Köller et al. (1970).

A tendência geral foi de as plantas sombreadas anteciparem suas taxas máximas, em relação às cultivadas sob plena radiação solar. Observa-se, contudo, que a taxa de acúmulo nas folhas (C_f), no nível de 70%, foi obtida aproximadamente uma semana após o C_f máximo, registrado no nível de 100%. As plantas sob o nível de 70% prolongaram por uma semana o acúmulo de matéria seca no caule (C_c), em relação às plantas submetidas a plena radiação solar.

A taxa de crescimento do caule (C_c) evidenciou que esse órgão foi o principal contribuinte de W_t durante o estágio vegetativo. Quando C_c e C_f declinaram, sua contribuição para W_t tornou-se insignificante, e relação à parte reprodutiva. Tendências similares foram relatadas por Köller et al. (1970) e Scott & Batchelor (1979).

A taxa de acúmulo nas raízes (C_r) evidencia que essa parte do vegetal foi a mais seriamente influenciada pelo sombreamento artificial, pois C_r máximo no nível de 100% foi registrado no 60º dia, ao passo que C_r máximo no menor nível de radiação solar foi registrado no 42º dia após a emergência, evidenciando que um estresse na parte aérea limita mais seriamente o crescimento da parte radicular.

Comparando as taxas de acúmulo de matéria seca nas vagens (C_v), verifica-se que os valores foram tanto mais elevados quanto maior foi a radiação solar. A partir do 112º dia após a emergência, os valores de C_v no nível de 70% foram superiores aos valores do nível de 100%, influenciando fortemente a produção final de sementes.

Comparando as taxas máximas obtidas na planta toda e nas suas partes, verifica-se que as taxas obtidas neste trabalho foram inferiores às relatadas por Buttery (1970), Köller et al. (1970), Egli & Leggett (1973) e Scott & Batchelor (1979). A obtenção de menores taxas, foi, provavelmente, resultado das características do solo de textura argilosa, da grande precipitação pluvial, que deixou o solo encharcado em muitas ocasiões e pode ter provocado redução da matéria seca e, principalmente, das oscilações da radiação solar incidente, motivadas pela alta nebulosidade da região na época das chuvas. Essas oscilações certamente provocaram diminuição na fotos-

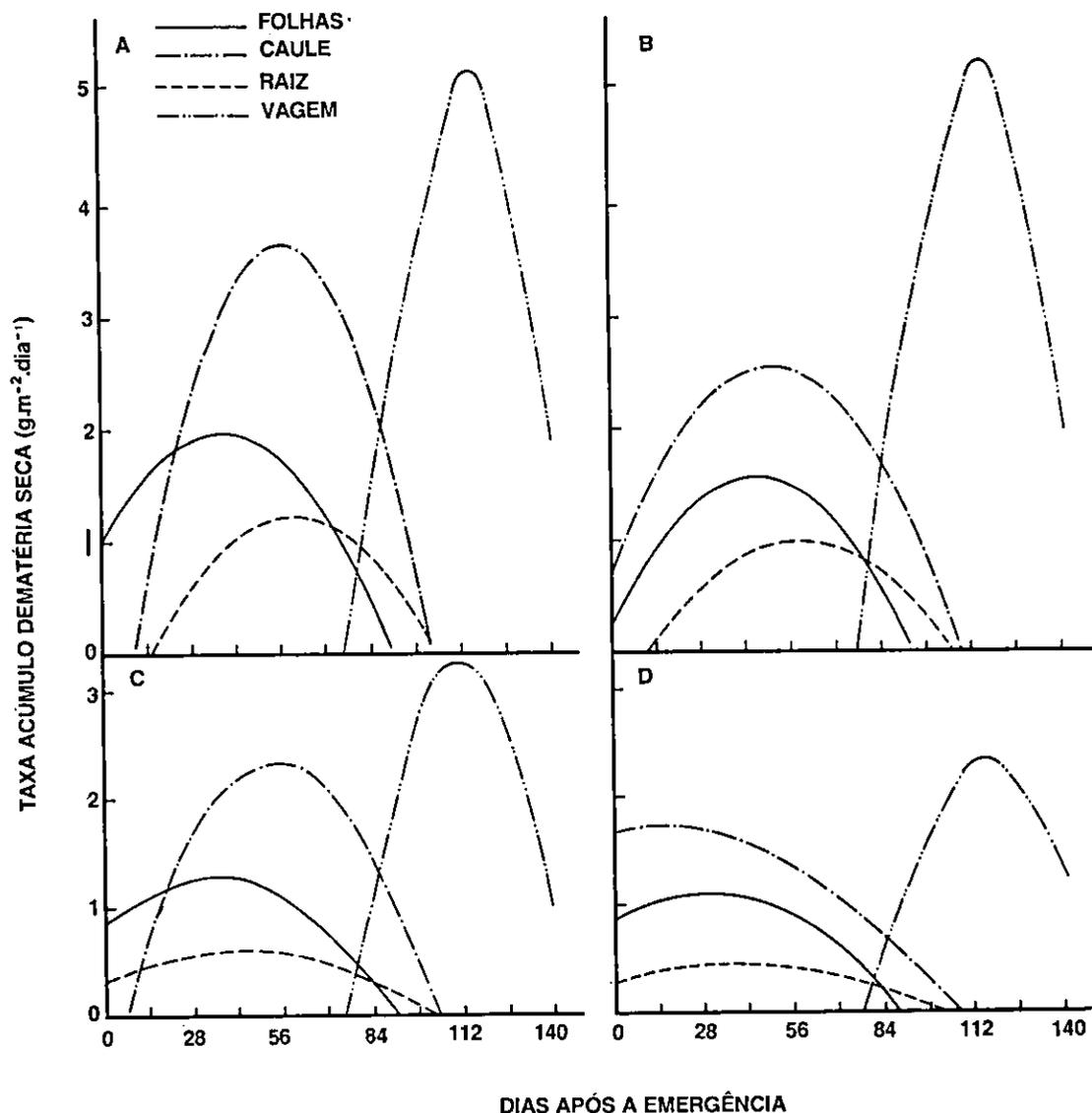


FIG. 2. Taxa de acúmulo de matéria seca nas raízes, caules, folhas e vagens de plantas cultivadas sob 100% (A), 70% (B), 50% (C) e 30% (D) de radiação solar.

síntese líquida e, conseqüentemente, redução na produção de matéria seca (Loomis & Williams 1963).

CONCLUSÕES

1. O número de folhas e de vagens decresceram com a redução do nível de luz.
2. O sombreamento favoreceu o alongamento do caule.

3. O número máximo de folhas e a altura máxima das plantas coincidiram com o início do enchimento dos grãos.

4. O sombreamento alterou a distribuição de assimilados entre os diversos órgãos.

5. As variações das taxas de acúmulo de matéria seca foram nitidamente seqüenciais, ocorrendo mudanças do dreno metabólico preferencial com a ontogenia das plantas.

6. As taxas de acúmulo de matéria seca em cada órgão foram tanto mais elevadas quanto maior a densidade do fluxo de luz.

7. As taxas de acúmulo de matéria seca das raízes foram mais reduzidas pelo sombreamento do que as dos outros órgãos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) pelo apoio financeiro a este trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, L.H. Shade-cloth microclimate of soybeans. *Agron. J.*, **67**:175-81, 1975.
- ANTONIOW, L.D. & SPRENT, J.I. Growth and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. at two irradiances. I. Growth. *Ann. Bot.*, **43**:299-397, 1978.
- BROUWER, R. Distribution of dry matter in the plant. *Neth. J. Agric. Sci.*, **10**:361-75, 1962.
- BUTTERY, B.R. Effects of variation in leaf area index on growth of maize and soybeans. *Crop Sci.*, **10**:9-13, 1970.
- COOPER, C.S. Response of birdsfoot trefoil and alfalfa to various levels of shade. *Crop Sci.*, **6**:63-6, 1966.
- 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.
- EGLI, D.B. & LEGGETT, J.E. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybeans. *Crop Sci.*, **13**:220-2, 1973.
- GBIKPI, P.J. & CROOKSTON, R.K. Effect of flowering date on accumulation of dry matter and protein. *Crop Sci.*, **21**:652-5, 1981.
- HESLOP-HARRISON, J. Development, differentiation and yield. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.Y.; BAVEL, C.H.M. van.; DINAUER, R.C. eds. *Physiological Aspects of Crop Yield*. Madison, Am. Soc. Agron., 1969. p.291-321.
- KÖLLER, H.R. Analysis of growth within distinct strata of the soybean community. *Crop Sci.*, **11**:400-2, 1971.
- KÖLLER, H.R.; NYQUIST, W.E.; CHORUSH, I.S. Growth analysis of the soybean community. *Crop Sci.*, **10**:407-12, 1970.
- LOOMIS, R.S. & WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. *Crop Sci.*, **3**:67-72, 1963.
- MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Influência do sombreamento artificial nas condições microclimáticas na cultura da soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **24**(7):857-63, 1989.
- PHILIPS, I.D.J. Apical dominance. In: WILKINS, M.B. ed. *The Physiology of Plant Growth and Development*. London, Mc Graw-Hill, 1969. p.165-202.
- PHILLIPS, I.D.J. Apical dominance. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **26**:341-67, 1975.
- QUEBEDEAUX, B.; SWEETSER, P.B.; ROWELL, J.C. Abscisic acid levels in soybean reproductive structures during development. *Plant Physiol.*, **58**:363-6, 1976.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Sci.*, **7**:171-5, 1967.
- RICHARDS, F.J. The quantitative, analysis of growth. In: STEWARD, F.C. ed. *Plant Physiology: a treatise*. New York, Academic Press, 1969. p.3-76.
- RYLE, G.J.A. Effects of light intensity on reproduction in S48 timothy (*Phleum pratense* L.). *Nature*, **19**:196-7, 1961.
- SCHOU, J.B.; JEFFERS, D.L.; STREETER, J.C. Effects of reflectors, black boards, or shades applied at different stages of plant development on yield of soybeans. *Crop Sci.*, **18**:29-34, 1978.
- SCOTT, H.D. & BATCHELOR, J. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determine soybeans. *Agron. J.*, **59**:155-9, 1979.
- SHIBLES, R.M.; ANDERSON, I.C.; GIBSON, A.H. Soybean. In: EVANS, L. ed. *Crop Physiology*. London, Cambridge, University Press, 1975. p.151-89.
- SINGH, B.P. Effect of shade growth of spring barley. *Phyton.*, **36**:53-60, 1978.
- WAHUA, T.A.T. & MILLER, D.A. Effects of shading on the N₂ - fixation, yield, and plant composition of field-grown soybeans. *Agron. J.*, **70**:387-92, 1978.
- WEBER, C.R. Physiological concepts for high soybean yields. *Field Crop Abstr.*, **21**:313-7, 1968.