

DESENVOLVIMENTO INICIAL DA PARTE AÉREA E DO SISTEMA RADICULAR DO GUANDU, *CAJANUS CAJAN* (L.) MILLSP

Durvalina Maria Mathias dos Santos¹
Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues¹
David Ariovaldo Banzatto²

Recebido em 28/01/1999. Aceito em 27/07/1999

RESUMO – (Desenvolvimento inicial da parte aérea e do sistema radicular do guandu, *Cajanus cajan* (L.) Millsp.). O desenvolvimento das cultivares de guandu IAC-Fava Larga (C₁), ICP-7035 (C₃) e da linhagem IAC-87318 (C₂) foi estudado em três idades, aos 14, 28 e 42 dias após a sementeira, em casa de vegetação. Foram avaliados os seguintes parâmetros: altura (cm), número de folhas, área foliar (dm²), densidade de raízes (cm de raiz/cm³ de substrato) e massa seca (g) de caules, lâminas foliares e raízes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. As médias das medidas de crescimento das cultivares foram comparadas entre si, pelo teste de Tukey, em cada idade, tendo a cultivar C₂ apresentado maior crescimento do sistema radicular e da parte aérea, aos 14, 28 e 42 dias. As cultivares C₃ e C₁ apresentaram plântulas menos vigorosas e com menor quantidade de raízes. Os sistemas radiculares de C₁, C₂ e C₃ alcançaram cerca de 60cm de profundidade, aos 14 dias, e os de C₂ e C₃ no final do experimento, aos 42 dias, quando atingiram 100cm.

Palavras-chave – plântulas, raízes, leguminosa, crescimento, forrageira

ABSTRACT – (Root and shoot development of the pigeonpea, *Cajanus cajan* (L.) Millsp.). The objective of this study was to analyse the early development of two cultivars of the pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), namely IAC-Fava Larga (C₁), ICP-7035 (C₃) and the inbred line IAC-87318 (C₂), at 14, 28 and 42 days after sowing (DAS). The experiment was conducted under greenhouse conditions, and the following characteristics were evaluated: height (cm), leaf number, leaf area (dm²), root density (cm/cm³ of soil), and dry mass (g) of the stems, leaf blades and roots. The experiment was conducted under a completely randomized design with three replications. The means of growth of the cultivars were compared by Tukey's test, at each sampling date. Cultivar C₂ presented the highest growth of the root system at 14, 28 and 42 DAS. Cultivars C₃ and C₁ presented less vigorous seedlings, with fewer roots. The roots of C₁, C₂ and C₃, were 60cm deep at 14 DAS, and the roots of C₂ and C₃ reached 100cm at 42 DAS.

Key words – seedlings, roots, legume, growth, forrage

¹ Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, UNESP, Rodovia Carlos Tonanni, km 5, CEP 14.870-000, Jaboticabal, SP, Brasil e-mail: dumaria@fcav.unesp.br

² Departamento de Ciências Exatas, idem, ibidem

Introdução

Cajanus cajan (L.) Millsp. pertence à família Leguminosae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Cajaninae, com sinonímia de *Cajanus flavus* D.C., *Cytipus cajanus* L., *Cajanus cajan* (L.) Druce e *Cajanus indicus* Spreng (Wutke 1987). As plantas são perenes, eretas, arbustivas, têm de 1 a 3m alt. e possuem folhas trifoliadas, com glândulas pequenas na superfície. A espécie é considerada uma das mais importantes leguminosas dos trópicos semi-áridos, sendo muito utilizada como adubo verde e como planta forrageira; possui a habilidade de ser resistente à seca, crescer em solos pobres, além de ser muito adequada para a rotação de culturas (Vieira & Salgado 1992). Comumente conhecida pelo nome de guandu ou guando (Alcântara & Bufarah 1988), foi aclimatizada em diversos países tropicais (Vieira *et al.* 1988). Embora seu centro de origem permaneça incerto, esta planta é considerada nativa da região leste da África, de onde teria se deslocado para a Índia e, posteriormente, introduzida pelos europeus na América Central e do Sul, à época do descobrimento (Wutke 1987; Nene *et al.* 1990).

Para o desenvolvimento da cultura, o crescimento inicial das plântulas é de suma importância, pois determina a densidade do estande, influencia o grau de infestação das plantas invasoras e a produção por unidade de área (Oliveira 1990). Nítidas diferenças fisiológicas no crescimento de diversas cultivares de guandu, em diferentes ambientes, foram verificadas por Balakrishnan *et al.* (1992), Kirkegaard *et al.* (1992) e Bohringer *et al.* (1994).

Estudos dos padrões de crescimento e das características morfológicas do sistema radicular têm se desenvolvido nos últimos anos, em consonância com a disponibilidade de novas técnicas analíticas (Rossiello *et al.* 1995). Na avaliação da eficiência de absorção e utilização de nutrientes, a quantificação do sistema radicular pode ser realizada utilizando-se parâmetros de crescimento, como massa seca e densidade (Russell 1977).

O desenvolvimento radicular do guandu é menos vigoroso e mais lento se comparado com outras culturas, como sorgo e *Vigna* (Brakke & Gardner 1987), mas suas raízes são mais profundas e mais densas que as do sorgo (Narayanan & Willey 1980), soja e amendoim (Lawn & Troedson 1990). As cultivares selecionadas para a resistência à seca apresentam maior comprimento da raiz, 31 dias após a germinação (Onim 1983). O guandu cv. 5-16 apresenta acentuadas diferenças no comprimento de raiz durante o crescimento inicial (Mukherjee & Sahai 1988) e, de modo geral, o crescimento da raiz do guandu é significativamente mais lento em solo compactado do que em mais poroso (Kirkegaard *et al.* 1992).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da parte aérea e do sistema radicular do guandu, pois poucas são as informações existentes sobre esta cultura, principalmente nas condições brasileiras onde é freqüentemente cultivado para adubação verde e pastagem.

Material e métodos

Em agosto/1995 utilizaram-se lotes de sementes de duas cultivares de guandu, a saber: IAC-Fava Larga, ICP-7035 e da linhagem IAC-87318, denominadas no presente trabalho de C₁, C₃ e C₂, respectivamente. O material foi cedido pelo Instituto Agrônomico

de Campinas (IAC), Campinas, SP, sendo o experimento conduzido em casa de vegetação.

As avaliações do crescimento das plântulas foram realizadas aos 14, 28 e 42 dias após a semeadura (DAS). Para o cultivo das plantas em casa de vegetação, foram utilizados 27 tubos de PVC de 0,20m diâm. e 1m compr., instalados paralelamente e no sentido vertical. Os tubos foram totalmente preenchidos com mistura peneirada de terra e areia, na proporção de 3:1 (v/v), evitando-se a compactação. A seguir, o solo foi molhado abundantemente até que não se verificasse movimento descendente de suas partículas. Da superfície do solo até a borda dos tubos, restou folga de 0,05m que serviu como reservatório para adicionar água sem perdas, quando necessário. As análises química e física deste substrato foram realizadas nos laboratórios de Física de Solos da FCAV, sendo os resultados apresentados na Tab. 1.

Tabela 1. Análises química e granulométrica do substrato utilizado

Análise Química										
pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	
CaCl ₂	g/dm ^{3r}	resina mg/dm ³	mmol _e /dm ³							%
5,0	14	13	1,4	16	7	28	24,4	52,4	47	
Análise Granulométrica										
Argila	Limo	Areia						Classe		
		A.M.F.	A.F.	A.M.	A.G.	A.M.G.	Total	Textural		
		g/kg						Média		
240	10	40	340	270	100	0	750			

g/dm³ = % x 10; mmol_e/dm³ = meq/100 cm³ x 10; M.O.: matéria orgânica; SB: soma de bases; T: troca catiônica; V: Índice de saturação de bases; A.M.F.: areia muito fina; A.F.: areia fina; A.M.: areia média; A.G.: areia grossa; A.M.G.: areia muito grossa.

Foram colocadas quatro sementes por tubo, a 5cm profundidade e, após a semeadura, foi feito o acompanhamento diário do desenvolvimento das plântulas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições.

Aos 14 DAS foi feita a primeira amostragem, em nove tubos, coletando-se a parte aérea das plântulas e o sistema radicular, pela separação do solo, em segmentos de 0,20m compr., a partir da parte inferior do tubo. Aos 28 DAS foi feita a segunda amostragem e, aos 42 DAS, foi feita a última amostragem, adotando-se o mesmo procedimento.

Para a avaliação da parte aérea das plântulas, foram realizadas primeiramente contagens do número de folhas e medição da altura (cm). A massa seca (g) e a área foliar (dm²) foram quantificadas após o corte da plântula na altura do colo. A determinação da área foliar foi feita com o auxílio do aparelho integrador de área foliar (marca Licor, modelo LI.3000). As lâminas foliares e caules foram colocados em sacos de papel e levados para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 80°C até peso constante, para avaliação da massa seca.

Para quantificar a distribuição das raízes nas várias profundidades, foi utilizada a metodologia descrita e adaptada por Rodrigues (1984). A terra foi retirada de cada tubo seccionado longitudinalmente, propiciando fracionamento mais prático do sistema

radicular das plantas. Foi utilizada mesa separadora-lavadora, que permite a separação das raízes sem perdas, lavagem adequada e rendimento do processamento. As partículas de solo foram separadas das raízes por lavagem com corrente fraca de água sobre peneira 16 (malha de 1,0mm²). As raízes foram conservadas em solução aquosa de álcool a 20% e levadas ao refrigerador. As medidas do comprimento das raízes foram feitas pelo método direto nos casos de comprimento pequeno e, pelo método de Tennant (1975), nos casos das frações com raízes mais extensas.

As raízes foram colocadas em pesa-filtros e secadas em estufa de circulação forçada de ar a 80°C, até massa constante. A densidade das raízes, expressa em cm de raiz/cm³ de substrato, foi calculada dividindo-se o comprimento encontrado em cada fração pelo volume de substrato em cada fração.

A análise de variância foi efetuada pelo teste F, utilizando-se do teste de Tukey para comparação de médias (Banzatto & Kronka 1995).

Resultados e discussão

A Tab. 2 mostra que, aos 14 DAS, a linhagem C₂ apresentou maior crescimento (altura, quantidade de folhas, área foliar e massa seca de caules e folhas) em relação às cultivares C₁ e C₃. Todavia, o acúmulo de massa seca nas plântulas das cultivares C₁ e C₃ não foi significativamente diferente. Aos 28 DAS não houve diferença significativa para o crescimento do guandu (Tab. 2); entretanto, o acúmulo de massa seca de plântulas (Tab. 2) de C₂ foi acentuadamente maior somente para caules. Para os valores de massa seca de folhas, não foram encontradas quaisquer diferenças entre as plantas de guandu. Na última avaliação, aos 42 DAS não foi possível avaliar a cultivar C₁, devido à morte das plântulas. Houve nítida diferença no crescimento de C₂ e C₃, mostrando que, exceto para a característica área foliar (Tab. 2), em C₂ ocorreu maior crescimento. Também, exceto para massa seca de caules, o acúmulo de massa seca de folhas desta linhagem (C₂) foi acentuadamente maior, diferindo da cultivar C₃ (Tab. 2).

Estas diferenças no crescimento de C₁, C₂ e C₃ eram esperadas, pois, de modo geral, existem nítidos comportamentos fisiológicos no crescimento de cultivares de guandu (Lawn & Troedson 1990; Balakrishnan *et al.* 1992; Bohringer *et al.* 1994). Estudos indicaram que na cultivar HY.2 de guandu ocorria crescimento lento até três semanas após a sementeira, não importando se cultivada sozinha (monocultura) ou associada a outra cultura no campo (Balasubramanian & Venkateswarlu 1989). O lento crescimento inicial do guandu pode ocorrer, provavelmente, devido à separação desproporcional dos assimilados para as raízes, resultando em menor crescimento da parte aérea, ou devido ao guandu apresentar germinação hipógea, bem como a dimensão foliar menor das folhas unifoliadas e trifoliadas (Brakke & Gardner 1987). O crescimento inicial do guandu é menos vigoroso que o apresentado por outras plantas cultivadas, como soja, sorgo e *Vigna* (Pandey 1980; Brakke & Gardner 1987).

As variações da densidade e da massa seca de raízes do guandu em três idades distintas (14, 28 e 42 DAS) estão apresentadas nas Tab. 3 e 4, respectivamente (Tab. 3 e 4). Aos 14 DAS, as raízes cresceram até 60cm de profundidade e, pelas Tab. 3 e 4 verifica-se que, C₂ apresentou a maior densidade e massa seca de raízes, principalmente

Tabela 2. Crescimento da parte aérea de plântulas de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), aos 14, 28 e 42 DAS. C₁: IAC Fava Larga, C₂: IAC- 87318 e C₃: ICP-7035.

Crescimento do Guandu - 14 DAS. Resultados do teste de Tukey ¹					
Cultivares	Altura (cm)	Folhas ² (número)	Área Foliar (dm ²)	M.S. de Caules (mg)	M.S. de Folhas (mg)
C ₁	2,74 c	0,71 c	0,17 c	33,07 b	53,33 b
C ₂	13,04 a	3,24 a	1,02 a	143,33 a	310,00 a
C ₃	6,60 b	1,91 b	0,44 b	53,33 b	133,33 b
CV (%)	13,08	8,56	9,97	18,63	21,69
Crescimento do Guandu - 28 DAS. Resultados do teste de Tukey ¹					
Cultivares	Altura (cm)	Folhas ² (número)	Área Foliar (dm ²)	M.S. de Caules (mg)	M.S. de Folhas (mg)
C ₁	8,89 a	1,90 a	0,82 a	110,00 b	260,00 a
C ₂	20,38 a	3,93 a	2,29 a	406,67 a	813,33 a
C ₃	9,70 a	1,77 a	1,08 a	156,67 b	373,33 a
CV (%)	39,81	43,38	39,58	36,86	38,85
Crescimento do Guandu - 42 DAS. Resultados do teste de Tukey ¹					
Cultivares	Altura (cm)	Folhas ² (número)	Área Foliar (dm ²)	M.S. de Caules (mg)	M.S. de Folhas (mg)
C ₂	31,69 a	5,00 a	4,11 a	820,00 a	1660,00 a
C ₃	10,65 b	1,38 b	2,01 a	285,00 a	666,00 b
CV (%)	12,38	8,28	26,31	34,96	25,72

¹ Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

² Dados transformados em \sqrt{x}

M.S.: massa seca

Tabela 3. Densidade de raízes (cm de raiz/cm³ de solo) de plântulas de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), em diferentes profundidades, aos 14, 28 e 42 DAS. C₁: IAC Fava Larga, C₂: IAC- 87318 e C₃: ICP-7035.

Densidade de raízes - 14 DAS. Resultados do teste de Tukey ¹					
Cultivares	Profundidades (cm)				
	20	40	60	80	100
C ₁	0,03 b	0,01 b	0,14 a	sc	sc
C ₂	0,14 a	0,05 a	0,94 a	sc	sc
C ₃	0,05 b	0,02 b	0,41 a	sc	sc
CV (%)	20,95	41,81	51,85	sc	sc
Densidade de raízes - 28 DAS. Resultados do teste de Tukey ¹					
Cultivares	Profundidades (cm)				
	20	40	60	80	100
C ₁	0,07 a	0,05 a	0,01 b	0,01 a	0,01 a
C ₂	0,12 a	0,12 a	0,10 a	0,02 a	0,03 a
C ₃	0,09 a	0,08 a	0,04 b	0,02 a	0,02 a
CV (%)	49,67	36,47	26,17	59,15	87,94
Densidade de raízes - 42 DAS. Resultados do teste de Tukey ¹					
Cultivares	Profundidades (cm)				
	20	40	60	80	100
C ₂	0,15 a	0,13 a	0,07 a	0,08 a	0,04 a
C ₃	0,11 a	0,05 a	0,05 a	0,02 b	0,04 a
CV (%)	15,77	29,80	60,59	13,32	96,71

¹ Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

sc : sem crescimento

Tabela 4. Massa seca de raízes (mg) de plântulas de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), em diferentes profundidades, aos 14, 28 e 42 DAS. C₁: IAC Fava Larga, C₂: IAC- 87318 e C₃: ICP-7035.

Massa seca de raízes – 14 DAS. Resultados do teste de Tukey ¹					
Cultivares	Profundidades (cm)				
	20	40	60	80	100
C ₁	11,30 b	2,13 c	1,00 a	sc	sc
C ₂	79,90 a	12,40 a	4,50 a	sc	sc
C ₃	33,30 b	7,75 b	2,00 a	sc	sc
CV (%)	28,32	19,90	55,67	sc	sc
Massa seca de raízes – 28 DAS. Resultados do teste de Tukey ¹					
Cultivares	Profundidades (cm)				
	20	40	60	80	100
C ₁	82,70 b	29,40 a	12,10 b	5,30 a	3,85 a
C ₂	264,20 a	191,90 a	52,07 a	19,33 a	26,63 a
C ₃	83,80 b	40,27 a	25,53 b	7,90 a	11,63 a
CV (%)	29,46	106,79	29,34	52,67	72,66
Massa seca de raízes – 42 DAS. Resultados do teste de Tukey ¹					
Cultivares	Profundidades (cm)				
	20	40	60	80	100
C ₂	413,10 a	140,00 a	111,47 a	58,93 a	60,87 a
C ₃	113,80 b	42,15 b	26,20 b	7,45 b	25,35 a
CV (%)	26,00	12,46	17,87	43,03	67,57

¹ Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

sc : sem crescimento

nas profundidades de 20 e 40cm. Aos 60cm profundidade, contudo, não houve diferença significativa entre as plântulas. O acúmulo de massa seca das raízes da cultivar C₁, aos 14 DAS (Tab. 4), na profundidade de 40cm, foi acentuadamente menor. As raízes das plântulas do guandu não revelaram diferenças significativas na profundidade de 60cm. Aos 28 dias, as plântulas de guandu da linhagem C₂ apresentaram maior densidade e massa de raízes somente na profundidade de 60cm. Nas demais profundidades, não houve diferenças significativas na densidade das raízes. Contudo, o acúmulo de massa seca das raízes desta linhagem nas profundidades de 20 e 60cm, foi acentuadamente maior (Tab. 4). As raízes das plântulas do guandu não revelaram diferenças significativas nas profundidades de 40, 80 e 100cm.

Na última avaliação, aos 42 DAS, as raízes de C₂ e C₃ atingiram até 100cm profundidade (Tab. 3 e 4). As plântulas de guandu C₂ apresentaram maior densidade de raízes que a cultivar C₃ somente na profundidade de 80cm. Nas demais profundidades, não houve diferenças significativas entre as plantas. Foram encontradas nítidas diferenças na massa seca das raízes de C₂ e C₃ na maioria das profundidades, mostrando que ocorreu maior acúmulo de massa seca nas raízes em C₂ (Tab. 4).

No presente trabalho, verificou-se que as plântulas de guandu mostraram intenso crescimento radicular, o que confirma as observações de Sheldrake & Narayanan (1979) e Narayanan & Willey (1980) de que suas raízes podem atingir mais de dois metros de profundidade, embora o maior crescimento somente ocorra até os 60cm profundidade do solo. Inforzato (1947), avaliando o sistema radicular do guandu nas condições brasileiras,

verificou que plantas com idade de dois anos apresentaram maior crescimento radicular (90%) até 30cm de profundidade do solo. Entretanto, pelos resultados encontrados para C_2 , pode-se inferir que esta linhagem deve ser mais resistente à seca que as cultivares C_1 e C_3 , pois, estudos de Onim (1983) mostraram que o comprimento da raiz do guandu, 31 dias após a germinação, era maior em plântulas mais resistentes à seca.

Normalmente, a profundidade das raízes de guandu está na faixa de 30 a 90cm e é influenciada, principalmente, pela data de plantio (Reddy 1990), e pela disponibilidade de umidade no solo (Lawn & Troedson 1990). As cultivares C_1 e C_3 apresentaram perfil de distribuição radicular mais próximo ao de plantas que não são muito tolerantes ao estresse hídrico.

Dias-Filho (1995), estudando o crescimento da raiz em invasoras da Amazônia, salientou que plantas irrigadas maximizam o desenvolvimento radicular nas camadas mais superficiais do solo, enquanto o oposto é observado em plantas não irrigadas.

O sistema radicular parece estar condicionado ao hábito da planta, pois plantas de guandu mais altas e robustas, isto é, com parte aérea mais densa, produzem raízes mais profundas e maiores, enquanto plantas menos robustas produzem raízes nas camadas mais superficiais (Reddy 1990). De fato, isto ocorreu em C_2 , pois os resultados de acúmulo de massa seca da parte aérea foram sempre mais elevados, mostrando sistema radicular mais desenvolvido. Entretanto, caracteristicamente, o desenvolvimento inicial do guandu é menos vigoroso que o de outras culturas, como de sorgo e *Vigna*, devido, provavelmente, à maior alocação dos assimilados para as raízes, resultando em menor crescimento caulinar (Brakke & Gardner 1987). Por outro lado, se o desenvolvimento da parte aérea do guandu é menor, o mesmo não ocorre com o sistema radicular pois, de acordo com Narayanan & Willey (1980) e Lawn & Troedson (1990), as raízes do guandu são mais profundas e mais densas que as do sorgo, soja e amendoim.

Assim, o estudo do desenvolvimento inicial da parte aérea e do sistema radicular do guandu em casa de vegetação, revelou que a linhagem IAC-87318 (C_2) apresentou crescimento mais vigoroso, aos 14, 28 e 42 DAS. Na cultivar ICP-7035 (C_3), obtiveram-se plântulas menores e, a cultivar IAC-Fava Larga (C_1) apresentou o menor crescimento, dentre as cultivares estudadas.

Referências bibliográficas

- Alcântara, P. B. & Bufarah, G. 1988. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 4ª. ed. Nobel, São Paulo.
- Balakrishnan, K.; Natarajaratnam, N. & Arjunam, A. 1992. Time trend changes of growth components in pigeonpea. **Madras Agricultural Journal** 79(9): 528-530.
- Balasubramanian, V. B. & Venkateswarlu, S. 1989. Dry matter production, leaf area index and growth rates of short and long duration intercrops. **Indian Journal of Plant Physiology** 32(1): 6-11.
- Banzatto, D. A. & Kronka, S. N. 1995. **Experimentação agrícola**. 3ª. ed. FUNEP, Jaboticabal.
- Bohringer, A.; Tamo, M. & Dreyer, H. M. 1994. Growth and productivity of pigeonpea (*Cajanus cajan*) genotypes for use in alley cropping and their interactions with the environment. **Experimental Agriculture** 30(2): 207-215.
- Branke, M. P. & Gardner, F. P. 1987. Juvenile growth in pigeonpea, soybean and cowpea in relation to seed and seedling characteristics. **Crop Science** 27(2): 311-316.
- Dias-Filho, M. 1995. Root and shoot growth in response to soil drying in four Amazonian weedy species. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** 7(1): 53-59.

- Inforzato, R. 1947. Nota sobre o sistema radicular do guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e sua importância na adubação verde. *Bragantia* 7: 125-127.
- Kirkegaard, J. A.; So, H. B. & Troedson, R. J. 1992. The effect of soil strength on the growth of pigeonpea radicles and seedlings. *Plant & Soil* 140(1): 65-74.
- Lawn, R. J. & Troedson, R. J. 1990. Pigeonpea: physiology of yield formation. Pp. 179-208 In: Y. L. Nene; S. D. Hall & V. K. Sheila. (Ed.), *The pigeonpea*. CAB International, University Press, Cambridge.
- Mukherjee, V. & Sahai, R. 1988. Effect of distillery waste on seed germination, seedling establishment and early seedling growth of *Cajanus cajan* L. (var. 5-16). *Acta Botanica Indica* 16(2): 182-185.
- Narayanan, A. & Willey, R. W. 1980. Sorghum-pigeonpea intercropping and the effects of plant population density. 1. Growth and yield. *Journal of Agricultural Science* 95: 51-58.
- Nene, Y. L.; Hall, S. D. & Sheila, V. K. 1990. *The pigeonpea*. CAB International, University Press, Cambridge.
- Oliveira, M. A. 1990. Investigações preliminares sobre a emergência e o crescimento inicial de diferentes cultivares de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) sob três níveis iniciais de umidade no substrato. Monografia de Graduação. UNESP, Jaboticabal.
- Onim, J. F. M. 1983. Association between grain yield and drought resistance in pigeon pea in marginal rainfall areas of Kenya Pp. 864-872. In: J. C. Holmes & W. M. Mair (Eds.), *More food from better technology*. Fao, Roma.
- Pandey, R. K. 1980. Growth, development and yield physiology of pigeonpea Pp. 203-208. In: *International workshop on pigeonpeas. Proceedings*. ICRISAT, India.
- Reddy, L. J. 1990. Pigeonpea: morphology Pp. 47-87. In: Y. L. Nene, S. D. Hall & V. K. Sheila (Eds.), *The pigeonpea*. CAB International, University Press, Cambridge.
- Rodrigues, T. J. D. 1984. *Drought resistance mechanisms among peanut genotypes*. PhD Thesis. University of Florida, Gainesville.
- Rossello, R. O. P.; Araújo, A. P.; Manzatto, C. V. & Fernandes, M. S. 1995. Comparação dos métodos fotoelétrico e de interseção na determinação de área, comprimento e raio médio radicular. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30(5): 633-638.
- Russel, R. S. 1977. *Plant root systems: their function and interaction with the soil*. McGraw-Hill, New York.
- Sheldrake, A. R. & Narayanan, A. 1979. Growth, development and nutrient uptake in pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *Journal of Agricultural Science* 92: 513-526.
- Tennant, D. A. 1975. A test of modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 63: 995-1001.
- Vieira, R. D.; Vieira, R. V.; Carvalho, N. M. de & Nunes, O. L. G. S. 1988. Maturação de sementes de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), labe-labe (*Dolichos lablab* L.) e mucuna preta (*Stylobium aterrimum* Piper & Tracy). *Científica* 16(1): 125-131.
- Vieira, R. F. & Salgado, L. T. 1992. A cultura do guandu. *Informe Agropecuário* 16(174): 52-60.
- Wutke, E. B. 1987. *Caracterização fenológica e avaliação agrônômica de genótipos de guandu (Cajanus cajan (L.) Millsp.)*. Dissertação de Mestrado. ESALQ, Piracicaba.