

Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica¹

Growth and root system distribution in peanut, sesame and castorbean under water deficit cycles

Ciro de Miranda Pinto^{2,*}, Francisco José Fernandes Alves Távora³, Marlos Alves Bezerra⁴ e Márcio Cleber de Medeiros Corrêa⁵

Resumo - Foram estudados em casa de vegetação, o crescimento da parte aérea e o crescimento e estratificação do sistema radicular do amendoim, gergelim e mamona, sob irrigação diária e ciclos de deficiência hídrica. O amendoim apresentou a menor partição de matéria seca para as raízes; o gergelim ficou numa posição intermediária (entre o amendoim e mamona) e a mamona destinou a maior proporção de biomassa para as raízes. A matéria seca da parte aérea, sistema radicular e total foram reduzidas nas três espécies em resposta à deficiência hídrica. A relação raiz/parte aérea aumentou em resposta ao estresse hídrico nas culturas do amendoim e gergelim, enquanto na mamona essa relação permaneceu inalterada. O amendoim apresentou a maior modificação da estratificação do sistema radicular em resposta ao déficit hídrico. A mamona apresentou a menor resposta e o gergelim ficou numa posição intermediária. O número de folhas e a área foliar foram reduzidos nas três espécies em resposta ao déficit hídrico.

Palavras-chaves: Oleaginosas. Relações alométricas. Estratificação radicular. Estresse hídrico.

Abstract - A greenhouse study was carried out with the objectives of studying the shoot and root growth, and root stratification in the soil profile for peanut, sesame and castor bean, grown under several cycles of water stress. Peanut plants had the smallest dry matter partition to the roots, followed by sesame (intermediary position) and finally by castor bean which partitioned the higher proportion of dry matter to the roots. Total dry matter was reduced in the three crops studied in response to water stress. Root/shoot ratio increased in response to water stress in sesame and peanut, while in castor bean this relationship remained unchanged. Peanut showed the greatest deepening of the root system in the soil profile in response to water stress. Castor bean had the smallest response as far as deepening of the root system is concerned, and sesame stayed at an intermediary position. The leaf number and leaf area were reduced in the three species in response to water stress.

Key words: Oil seed crops. Allometric relationships. Root stratification. Water stress.

* autor para correspondência

¹ Recebido para publicação em 29/05/2007; aprovado em 23/04/2008

² Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor na Universidade Federal do Ceará 2006

³ Eng. Agrônomo, Mestre em Agronomia/Fitotecnia, CCA/UFC, Caixa Postal 12.168, CEP: 60 455-970, Fortaleza - Ceará, ciroagron@gmail.com

⁴ Eng. Agrônomo, Ph. D., Prof. do Dep. de Fitotecnia, CCA/UFC, tavora@ufc.br

⁵ Eng. Agrônomo, D. Sc., Pesquisador da Embrapa Agroindustrial Tropical, marlos@cpat.embrapa.br

⁵ Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. do Dep. de Fitotecnia, CCA/UFC, mcleber@ufc.br

Introdução

As plantas cultivadas estão constantemente expostas a estresses abióticos e bióticos, e às interações, que causam modificações no crescimento, metabolismo e rendimento agrícola. Dentre esses estresses, a seca tem importância capital, apresentando grande variabilidade de respostas entre espécies (KRAMER; BOYER, 1995). O Nordeste brasileiro se caracteriza por apresentar precipitações pluviárias irregulares no tempo e no espaço, incrementando assim a probabilidade da ocorrência de eventos como os veranicos, durante a fase crítica de necessidade d'água dos vegetais. Nessa região as espécies oleaginosas apresentam alto potencial de expansão, pois são tolerantes às condições de seca, destacando-se o amendoim, (NOGUEIRA et al., 1998), o gergelim, (BELTRÃO, 2001) e a mamona, (SOUZA et al., 2007).

A deficiência hídrica reduz a produção de matéria seca do amendoim (TÁVORA; MELO, 1991), e do feijão-de-corda (ROCHA, 2001) em virtude das reduções na taxa fotossintética e da área foliar. Além disso, a deficiência hídrica geralmente estimula aumentos na relação raiz/ parte área (CORREIA; NOGUEIRA, 2004; MATSUI; SINGH, 2003) devido a maior alocação de fotossintatos para as raízes.

Desta forma, o estudo do comportamento de oleaginosas assume grande importância, servindo de base para escolha de variedades mais tolerantes à seca. Além disso, a ampliação do mercado, em função da possibilidade da produção de biodiesel, traz novas e favoráveis perspectivas de ampliação dessas culturas nas regiões, em que se destacam a soja para o Sudeste e Centro-Oeste, o dendê para o Norte e a mamona, o amendoim e o gergelim para o Nordeste do Brasil.

Em função do exposto, objetivou-se analisar o efeito da deficiência hídrica durante a fase vegetativa, em duas cultivares de amendoim, duas de gergelim e duas de mamona, no que concerne ao acúmulo de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular e à estratificação do sistema radicular.

Material e métodos

Foram conduzidos três ensaios no período de janeiro a março de 2006, em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza-Ceará, com as seguintes coordenadas geográficas: 3° 44'S latitude, 38° 33'W longitude Greenwich e altitude de 19,5 m.

Foram utilizadas duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) PI-165317 e 57422, duas de gergelim (*Sesamum indicum* L.) CNPA-G₃ e CNPA-G₄ e duas cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) BRS 149 Nordestina e Mirante 10.

Cada unidade experimental foi composta de duas plantas cultivadas em um tubo PVC (com 0,15 m de diâmetro e 1,0 m de profundidade) contendo solo de textura franco-arenoso retirado da camada arável, 0 a 20 cm, peneirado e previamente esterilizado com 8 pastilhas do gastoxim (fosfeto de alumínio). O tubo PVC foi cortado longitudinalmente para facilitar o estudo da estratificação do sistema radicular, sendo previamente vedado com fita adesiva transparente de 5 cm de largura. Em sua base colocou-se um disco de isopor perfurado para permitir a sustentação do solo e funcionar como dreno.

O solo empregado nos ensaios apresentou as seguintes características: Ca⁺⁺= 1,4 cmol_c dm⁻³; Mg⁺⁺= 0,8 cmol_c dm⁻³; K⁺= 0,04 mg dm⁻³; P⁺= 9 mg dm⁻³ e pH= 6,7. A adubação foi procedida conforme as recomendações da análise de fertilidade do solo para cada tipo de cultura. Os fertilizantes empregados foram uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

As sementes de mamona foram postas para pré-germinar em laboratório, em papel germi-teste, a uma temperatura constante de 25 °C e fotoperíodo 8 horas de luz, e após 6 dias, semeadas nos tubos PVC. Após esse período escolheram-se as plântulas de mamona, aquelas de crescimento da radícula mais uniformidade, para então realizar o plantio de três sementes pré-germinadas por tubo PVC no dia 31 de janeiro de 2006.

As sementes de amendoim e gergelim foram plantadas em 27 de janeiro de 2006. Nesta ocasião usaram-se 5 sementes de amendoim e 15 sementes de gergelim por tubo PVC. Essa quantidade de sementes foi empregada para garantir que tivesse o número de plântulas desejado na época do desbaste.

O desbaste foi realizado aos 7 dias depois da emergência (DAE), deixando para cada espécie as duas plântulas por tubo PVC, aquelas de crescimento mais vigoroso. Desde a semeadura até a imposição da deficiência hídrica, os tubos PVC foram mantidos em condições de umidade próximas à capacidade de campo, com irrigação diária.

Aos 10 DAE as plantas foram submetidas a dois regimes hídricos, a saber:

- a) controle, onde todas as plantas foram irrigadas diariamente ao longo do período experimental, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo; e
- b) estresse, onde as plantas foram submetidas a ciclos de deficiência hídrica. A reidratação das plantas estressadas de amendoim, gergelim e mamona ocorreu quando as plantas apresentavam sinais de murcha. Tal reidratação foi realizada no primeiro dia com apenas uma irrigação, depois que as plantas não conseguiam manter a turgescência da folha.

A cultura do gergelim teve ciclos de deficiência hídrica aos 10; 19; 26; 32; 42 e 49 DAE, o que totalizou seis irrigações com intervalo médio de 7 dias. O amendoim teve ciclos de deficiência hídrica aos 10; 19; 27; 36; 44; 49 e 54 DAE, o que totalizou sete irrigações com intervalo médio também de 7 dias. A mamoneira teve ciclos de deficiência hídrica aos 10; 19; 27; 36; 41, 48 e 55 DAE, o que totalizou sete irrigações com intervalo médio de 9 dias.

A colheita das plantas foi realizada aos 50 DAE para o gergelim, 55 DAE para o amendoim e 56 DAE para a mamona. Para os dados de raízes, os tubos de PVC foram abertos longitudinalmente e o solo separado em estratos de 0 a 25 cm; 25 a 50 cm; 50 a 75 cm e 75 a 100 cm a partir do topo. Na coleta das raízes, utilizou-se jatos d'água sobre uma peneira, para

retirar as partículas aderidas, e assim determinar a matéria seca das raízes (MSR).

A matéria seca da parte aérea (folha e caule) foi determinada após corte da planta rente à superfície do solo. A matéria seca total (MST) é resultado do somatório da matéria seca da parte aérea e da raiz. Para determinação da matéria seca, o material vegetal foi colocado em estufa regulada para 80 °C, por 24 horas, sendo depois pesado em balança de precisão.

A área foliar (AF) das plantas foi determinada logo após a chegada ao laboratório pelo método da quadricula (TÁVORA et al., 1982). A partir dos dados de biomatéria e área foliar, foi possível estabelecer as seguintes relações alométricas: relação matéria seca da raiz/matéria seca da parte aérea (MSR/MSPA), relação matéria seca da raiz/matéria seca total (MSR/MST), área foliar específica (AFE), determinada através da relação entre a área foliar e o peso da matéria seca de cada folha (BENINCASA, 1988) e a razão de área foliar (RAF), determinada através da relação entre área foliar e o peso da matéria seca total (RADFORD, 1967).

Para cada espécie, o delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com 5 repetições e 4 tratamentos. Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial (2 x 2), constituídos por duas cultivares e dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado), perfazendo 20 unidades experimentais.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando detectada a significância pelo teste F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

A área foliar auferida foi reduzida em 37,77%; 40,48% e 67,51%, respectivamente, para as culturas de amendoim, gergelim e mamona, pela deficiência hídrica (Tabela 1). Respostas desta natureza concordam com as verificadas na literatura, sendo encontradas em amendoim (CORREIA; NOGUEIRA, 2004; TÁVORA; MELO, 1991),

feijão-de-corda (COSTA, 1995) feijão comum (COSTA et al., 1989), e ervilha (AGUIAR NETTO, 1995). As reduções da área foliar aumentam com intensificação da insuficiência hídrica. A redução da área foliar do gergelim e mamona foi mais acentuada que a do amendoim devido senescência foliar ocasionada pela deficiência hídrica. Em tais condições o comportamento das plantas de mamona e do amendoim foi semelhante, com sintomas claros de murcha, enquanto o gergelim, além da visível redução na turgescência, também apresentou enrolamento do limbo foliar. Esse tipo de resposta pode ser considerado como mecanismo de sobrevivência às condições adversas, como a deficiência hídrica, reduzindo a área foliar exposta a radiação solar e sua superfície de transpiração.

Vale ressaltar que a redução na área foliar foi maior que a do número de folhas no amendoim, gergelim e mamona, indicando que a restrição causada pela deficiência hídrica foi maior na expansão do que na germinação das gemas foliares. Essa resposta está em conformidade com a encontrada em feijão-de-corda (ROCHA, 2001). A área foliar específica (AFE) não diferiu em amendoim e gergelim para cultivar e regime hídrico, entretanto a mamona apresentou resposta diferenciada (Tabela 1).

Na mamona, a área foliar específica teve incremento na ordem de 19,39% nas plantas estressadas, confrontadas as plantas túrgidas (Tabela 1). Esse aumento provavelmente é derivado da alta razão superfície/volume no interior da folha (DORNHOFF; SHIBLES, 1970). A cultivar Mirante foi superior em 6,23%, quando comparada à Nordestina, denotando ser menos coreácea.

Com relação a esta variável, as respostas ocorrem de forma diferenciada entre espécies expostas às condições de deficiência hídrica. Costa et al. (1989) e Lopes et al. (1986) reportam incrementos da área foliar específica nas plantas de feijão comum sob condições de insuficiência hídrica do solo. Os autores comentam que essa resposta foi derivada de reduções mais drásticas no acúmulo de matéria seca das folhas que as reduções na taxa de expansão foliar.

Tabela 1 - Número de folhas, área foliar, área foliar específica e razão de área foliar, em amendoim, gergelim e mamona, submetidos a ciclos de deficiência hídrica (2 plantas/ tubo PVC)

	Nºfolha	AF	AFE	RAF
		(cm ²)	(cm ² g ⁻¹)	(cm ² g ⁻¹)
Amendoim		Cultivar		
PI-165317	83,4 b	1792,8 a	289,6 a	92,1 a
57422	101,6 a	1980,4 a	294,3 a	106,8 a
		Regime Hídrico		
Controle	114,0 a	2327,2 a	298,2 a	107,1 a
Estressado	71,0 b	1446,0 b	285,8 a	91,7 a
CV	18,70	37,9	18,2	22,0
Gergelim		Cultivar		
CNPA-G ₃	23,4 b	1523,6 b	243,6 a	84,1 b
CNPA-G ₄	26,3 a	1880,4 a	248,5 a	103,7 a
		Regime Hídrico		
Controle	28,7 a	2134,0 a	248,1 a	98,6 a
Estressado	21,0 b	1270,0 b	243,9 a	89,2 b
CV	11,4	18,9	13,3	8,5
Mamona		Cultivar		
Mirante	10,0 a	1203,0 a	244,0 a	76,6 a
Nordestina	8,9 a	1244,0 a	228,8 b	72,4 a
		Regime Hídrico		
Controle	11,2 a	1847,6 a	215,5 b	66,5 b
Estressado	7,7 b	600,2 b	257,3 a	82,4 a
CV	19,3	40,4	6,1	20,3

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Rocha (2001), estudando feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica, não detectou reduções significativas na área foliar específica, sugerindo que a capacidade de acúmulo de matéria seca por unidade de área foliar não foi afetada na fase de crescimento vegetativo. Paz et al. (2003) constataram, em

Barleria lupulina Lindl, a redução da área foliar específica sob diminuição dos níveis de água no solo, expressando que as reduções na taxa de expansão foliar foram maiores que o acúmulo de matéria seca.

A deficiência hídrica reduziu a razão de área foliar (RAF) em 9,55% para o gergelim, e aumentou na mamona em 23,88%, enquanto no amendoim permaneceu inalterado (Tabela 1). Esse aumento ocorrido na mamona decorre de uma maior redução na matéria seca total da planta (74,02%) que na área foliar (67,51%). Segundo Costa et al. (1989) e Benincasa (1988), a razão de área foliar é considerada como uma medida da dimensão do aparelho assimilador. Paz et al. (2003), estudaram *Barleria lupulina* Lindl, e constataram redução na razão de área foliar sob diminuição dos níveis de água no solo. Por outro, plantas estressadas de ervilha não tiveram mudanças na RAF em função da redução do potencial de água no solo (AGUIAR NETTO et al., 1995). Esse tipo de resposta provavelmente ocorre devido a declínios de magnitude semelhante na área foliar e no acúmulo de matéria seca total da planta (COSTA et al., 1989).

Em resposta ao déficit hídrico, observaram-se comportamentos diferenciados nas relações alométricas de matéria seca raiz/matéria seca da parte aérea (MSR/MSPA), matéria seca raiz/matéria seca total (MSR/MST) e na matéria seca total (MST), para regime hídrico, nas plantas de amendoim e gergelim, enquanto a mamona apresentou resposta diferenciada apenas na matéria seca total (Tabela 2). A deficiência hídrica causou incremento significativo nas relações matéria seca raiz/matéria seca da parte aérea e matéria seca raiz/matéria seca total nas culturas do amendoim (46,4 e 38,2%) e gergelim (27,6 e 20,8%) (Tabela 2).

Tais respostas deveram-se as maiores reduções na matéria seca da parte aérea e matéria seca total, em relação as constatadas na matéria seca da raiz. O amendoim comportou-se como a cultura que apresentou maior variação na relação MSR/MST em resposta ao estresse hídrico. A mamona não apresentou resposta diferenciada nas relações de MSR/MSPA e

MSR/MST. Independente do regime hídrico, a mamona apresentou maior relação MSR/MST, quando comparada ao gergelim e amendoim. Talvez por apresentar, em condições normais, maior proporção de MSR na MST, a mamona não tenha desenvolvido mecanismos de adaptação ou reajuste no sistema radicular.

A relação entre matéria seca da raiz e matéria seca da parte aérea expressa um balanço funcional entre a taxa fotossintética e a absorção de água pelas raízes, que em condições tidas como normais, apresenta certo equilíbrio (TAIZ; ZEIGER, 2004). Por outro lado, sob condições de estresse hídrico, geralmente aumenta a relação entre matéria seca da raiz e matéria seca da parte aérea. Esse aumento provavelmente é derivado de reduções do crescimento foliar que ocorrem antes de se reduzir a taxa fotossintética, resultando em excesso de carboidratos para as raízes. Contudo, há relatos variados nesta relação sob condições de deficiência hídrica.

Em amendoim, a submissão das plantas a ciclos de deficiência hídrica não altera esta variável (TÁVORA; MELO, 1991), sendo provável que esse tipo de resposta tenha ocorrido em função do volume limitado de solo onde as raízes se encontravam, prejudicando assim seu desenvolvimento (COSTA, 1995). Respostas diferenciadas foram determinadas por Correia e Nogueira (2004), Awal e Ikeda (2002) em amendoim, Kirnak et al. (2001) em berinjela, Adda et al. (2005) em trigo, Sahnoune et al. (2004), resultando em aumento desta relação, favorecendo assim a distribuição da matéria seca para as raízes.

Os valores encontrados para matéria seca total (MST) foram afetados significativamente pela deficiência hídrica na cultura do amendoim, gergelim e mamona (Tabela 2). As reduções ocorridas foram da ordem de 50% no amendoim e gergelim, e de 75% na mamona, quando se compara o regime seco ao úmido (Tabela 2). A diminuição da matéria seca total pode ter sido causada pelo fechamento dos estômatos, resultando em declínio na taxa fotossintética, hipótese confirmada por Távora e Melo (1991), em amendoim, Matsui e Singh (2003), Rocha (2001) e Costa (1995) em feijão-de-corda.

Tabela 2 - Relação matéria seca da parte aérea e raiz, relação matéria seca raiz e total, matéria seca total, em amendoim, gergelim e mamona, submetidos a ciclos de deficiência hídrica (2 plantas/ tubo PVC)

	MSR/MSPA	MSR/MST	MST
	(%)	(%)	(g)
Amendoim			
	Cultivar		
PI-165317	19,45 a	16,13 a	20,44 a
57422	19,74 a	16,34 a	22,13 a
	Tratamento		
Controle	15,91 b	13,63 b	28,65 a
Estressado	23,29 a	18,84 a	13,912 b
CV	19,8	17,1	28,20
Gergelim			
	Cultivar		
CNPA-G ₃	34,12 a	28,28 a	13,95 a
CNPA-G ₄	27,93 b	21,73 b	14,52 a
	Tratamento		
Controle	27,25 b	21,28 b	18,89 a
Estressado	34,80 a	25,74 a	9,58 b
CV	14,5	11,0	21,0
Mamona			
	Cultivar		
Mirante	59,12 a	36,77 a	16,40 a
Nordestina	61,80 a	37,71 a	17,83 a
	Tratamento		
Controle	57,14 a	35,78 a	27,18 a
Estressado	63,78 a	38,80 a	7,06 b
CV	23,5	15,8	29,7

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As três espécies avaliadas apresentam em comum a presença do sistema radicular pivotante. A maior fração do sistema radicular foi encontrada de 0 a 25 cm de profundidade do solo, independente de cultivar, espécie ou regime hídrico empregado (Figura 1). Para o amendoim

a distribuição radicular foi reduzida no primeiro estrato e aumentada no último estrato de solo (Figura 1), sugerindo um investimento gradual em profundidade. Estudos desenvolvidos por Annerose (1990) demonstraram que o sistema radicular de cultivares de amendoim do grupo Virgínia mostrou-se mais vigoroso que o das cultivares do grupo Spanish, contrariando os resultados obtidos no presente estudo. O autor relata que a redução do ciclo das cvs do grupo Virgínia reduz o vigor do crescimento de suas raízes. A cv 57422, com ciclo de 105 dias foi menos vigorosa que as demais estudadas com ciclos de 110 e 120 dias. No presente estudo, a cv. PI-165317 do grupo Spanish e ciclo de 90 dias apresentou vigor semelhante ao da cv 57422.

As plantas de gergelim na condição seca e úmida apresentaram, respectivamente, média de 60,84% e 59,84% na primeira camada de solo. Na última camada o resultado foi revertido com o regime úmido e seco apresentando, respectivamente 17,79% e 12,00%. A cultivar G₃ teve distribuição percentual de matéria radicular superior ao da cultivar G₄ no último estrato de solo, mostrando uma tendência ao aprofundamento das raízes.

A mamona apresentou média de 61,34% e 59,12% de raiz, sob deficiência hídrica e irrigada na primeira camada de solo ao passo que na última foram de 16,23% e 18,00%. A cultivar Nordestina investiu mais em matéria de raiz de 0 a 25 cm e menos de 75 a 100 cm. A cultivar Mirante 10 teve comportamento inverso. Sob condições de seca, a cultivar Mirante 10, provavelmente toleraria um período mais prolongado de estiagem.

A distribuição do sistema radicular em profundidade, devido a insuficiência hídrica, é considerada como parâmetro indicador de tolerância à seca e pode conferir adaptação em algumas espécies (BRAGA et al., 1999).

Vários resultados de pesquisas em plantas cultivadas reportam que as maiores percentagens de matéria seca radicular estão concentradas na camada de 0 a 20 cm de solo (camada arável), independentemente do regime hídrico aplicado. Desta forma, os dados com o amendoim, gergelim e mamona sob deficiência hídrica estão em conformidade com os da literatura. Estudos

com gergelim (BISBAL; RINCÓN, 1997) e feijão-de-corda (ROCHA, 2001) mostraram que independentemente do regime hídrico aplicado, o sistema radicular dessas plantas é superficial.

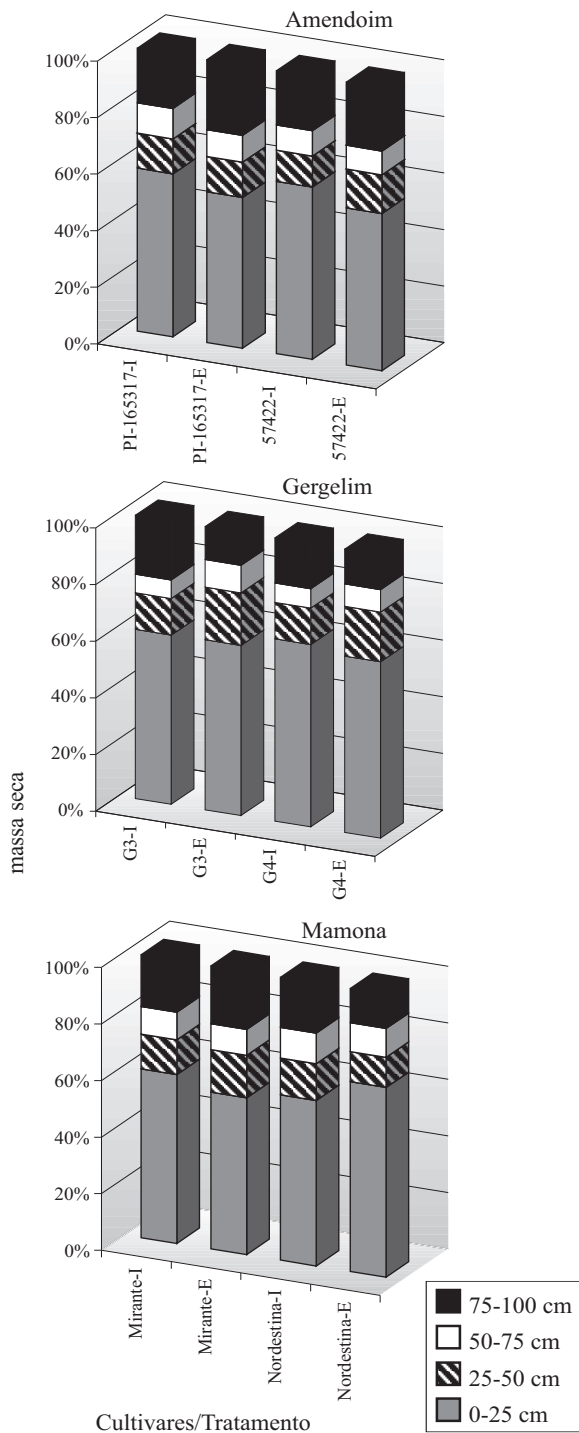


Figura 1 - Estratificação da matéria seca do sistema radicular de plantas de amendoim, gergelim e mamona. I: planta controle irrigado diariamente; E: planta submetida a ciclos de deficiência hídrica

Conclusões

1. Os ciclos de deficiência hídrica alteram a morfologia das plantas de amendoim, gergelim e mamona, reduzindo o número de folhas e a área foliar;
2. A deficiência hídrica limita com maior intensidade o acúmulo de matéria seca da parte aérea, quando comparado ao do sistema radicular nas culturas do amendoim, gergelim e mamona;
3. Os valores médios da área foliar específica (AFE) e da razão de área foliar (RAF) em mamona sob condições de deficiência hídrica foram superiores ao obtido na condição controle;
4. As três espécies estudadas concentraram a maior proporção de raízes no estrato de 0 a 25 cm de solo independentemente do regime hídrico aplicado;
5. De uma forma geral, a deficiência hídrica afeta com maior intensidade a mamona, seguida do gergelim e do amendoim.

Referências

- ADDA, A et al. Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. **Comptes Rendus Biologies**, v. 328, n. 10-11, p. 918-927, 2005.
- AGUIAR NETTO, A. O. et al. Desenvolvimento de plantas de ervilha (*Pisum sativum* L.), submetidas à diferentes potenciais da água no solo: Índices fisiológicos. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 03, p. 521-527, 1995.
- ANNEROSE, D. J. M. **Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas l'arachide (Arachis hypogae L.) cultivée au Sénégal.** 1990. 298 f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais)-Université Paris VII, Paris.
- AWAL, M. A e IKEDA, T. Recovery strategy following the imposition of episodic soil moisture deficit in stands of peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 188, n. 03, p. 185-192, 2002.
- BELTRÃO, N. E. M. Potencial da cultura do gergelim para a região Nordeste, em especial para o Estado da Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 04, n. 02, p. 49-51, 2001.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP. 1988, 42 p.
- BISBAL, E. C. de; RINCÓN, C. A. Efecto de ciclos de sequia en la extracción de agua por cultivares de ajonjolí en el periodo reproductivo. **Agronomía Tropical**, v. 47, n. 02, p. 141-160, 1997.

- BRAGA, M. B.; RAMOS, M. M.; GOMIDE, R. L. Influência de quatro frequências de irrigação na distribuição radicular, em três estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca). **Irriga**, v. 04, n. 03, p. 175-182, 1999.
- CORREIA, G. K.; NOGUEIRA, C. M. J. R. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogae* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 04, n. 2, 2º Semestre, 2004.
- COSTA, M. M. M. N. **Comportamento de cultivares de caupi submetidas à deficiência hídrica em duas fases do ciclo fenológico**. 1995, 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- COSTA, R. C. L.; LOPES, N.; OLIVA, M. A.; BARROS, N. F. Crescimento e conversão da energia solar em feijão submetido a três doses de nitrogênio e dois regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 12, p. 1439-1450, 1989.
- DORNHOFF, G. M.; SHIBLES, R. M. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. **Crop Science**, v. 10, p. 42-45, 1970.
- KIRNAK, H. et al. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, v. 27, n. 03-04, p. 34-46, 2001.
- KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plant and soils**. New York: Academic Press, 1995. 495 p.
- LOPES, N. F. et al. Crescimento e conversão de energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. **Revista Ceres**, v. 33, n. 186, p. 142-164, 1986.
- MATSUI, T.; SINGH, B. B. Root characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedling stage. **Experimental Agriculture**, v. 39, p. 29-38, 2003.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 12, p. 1963-1969, 1998.
- PAZ, V.; VERA, A.; PÁEZ, A. Distribución de biomasa de *Barleria lupulina* Lindl. en respuesta a tres regímenes de riego. **Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)**, v. 20, p. 273-281, 2003.
- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae-their use and abuse. **Crop Science**, v. 07, n. 03, p. 107-115, 1967.
- ROCHA, F. G. D. **Relações hídricas, crescimento de plantas e estratificação do sistema radicular em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica na fase vegetativa**. 2001, 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- SAHNOUNE, M. et al. Early water deficit effect on seminal root barley. **Comptes Rendus. Biologies**, v. 327, p. 389-398, 2004.
- SOUZA, A. S. et al. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. II – crescimento e produtividade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 04, p. 422-429, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.
- TÁVORA, F. J. A. F.; MELO O. I. F. Resposta de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 22, n. 1/2, p. 47-60, 1991.
- TÁVORA, F. J. A. F. et al. Comportamento de cultivares de mandioca com diferentes características foliares, submetidas a diversas densidades de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 03, p. 417-431, 1982.