

MODIFICAÇÕES NA BIOQUÍMICA DA PLANTA DA MAMONEIRA, CULTIVAR BRS 188 PARAGUAÇU, SUBMETIDA AO ESTRESSE HÍDRICO (DEFICIÊNCIA E EXCESSO)¹

NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO², JOSÉ GOMES DE SOUZA³, JOSÉ WELLINGTON DOS SANTOS³, FABIANA XAVIER COSTA⁴, AMANDA MICHELINE AMADOR DE LUCENA⁴ e UILMA CARDOSO DE QUEIROZ⁴

RESUMO: Objetivando-se verificar os efeitos do estresse hídrico via deficiência e excesso no metabolismo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) na fase inicial do seu crescimento, por vários períodos de tempo, um experimento em condições de casa-de-vegetação foi conduzido na sede da Embrapa Algodão, localizada em Campina Grande, Paraíba, no ano de 2001. Foram testados sete tratamentos com cinco repetições, delineamento de blocos ao acaso e esquema fatorial 3 x 2 + 1, cujos fatores foram : três períodos de duração do estresse (2, 4 e 6 dias) e dois tipos ou natureza do estresse, deficiência e excesso, mais uma testemunha absoluta, sem estresse. Verificou-se independência entre os fatores estudados para todas as variáveis computadas. No tocante à duração do estresse, somente as variáveis atividade da invertase e o teor de amido nas folhas foram significativamente alterados, sendo que, com seis dias de estresse a atividade da invertase foi reduzida 18,47% em relação ao estresse por dois dias e de 16,43% em comparação à testemunha sem estresse. Ao que se refere ao tipo de estresse verificou-se que o excesso de água, e a conseqüente hipoxia incrementou a atividade da enzima beta-amilase em 34,13% quando comparada ao tratamento com deficiência hídrica e de 50,48% com relação a testemunha. Os teores de amido e carboidratos solúveis nas raízes foram reduzidos significativamente quando se permitiu o estresse por excesso de água no ambiente edáfico.

Termos para indexação: *Ricinus communis* L., proteína nas folhas, invertase, beta-amilase, hipoxia, metabolismo.

BIOCHEMISTRY MODIFICATIONS IN THE CASTOR PLANT CULTIVATE BRS 188 PARAGUAÇU, SUBMITTED TO DEFICIENCY AND EXCESS HIDRIC

ABSTRACT: Beming to verify the effects of deficiency and excess hidric, for several periods of time, in the metabolism of the castor (*Ricinus communis* L.) in the initial phase of its growth, an experiment in green house conditions was carried out in Embrapa Cotton's headquarters located in Campina Grande, Paraíba, in the year of 2001. Seven treatments were tested with five repetitions, at randomized blocks and outline factorial 3 x 2 + 1, being the factors periods of duration of the stress (2, 4 and 6 days) and two types of stress, deficiency and excess, one more absolute treatment, without stress. Independence was verified among the factors studied for all the computed variables. Concerning duration of the stress, only the variables activity of invertase and the concentration of starch in leaves were significantly altered, being with six days of stress, activity of invertase was reduced 18.47% in relation to the stress for two days and 16.43% regarding treatment without stress. Regarding the type of the stress it was verified that the excess of water, and consequent hypoxia increased the activity of the enzyme beta-amilase 34.13% when compared to the treatment with deficiency and of 50.48% regarding treatment without stress. The concentration of starch and sugars at roots were reduced significantly when was permitted the stress for excess of water in the edafyc medium.

Index Terms: *Ricinus communis* L., Proteins in the leaves, invertase, beta-amilase, hypoxia, metabolism.

¹Aceito para publicação em 02 de Dezembro de 2002.

²Eng. Agr. D.Sc. Embrapa Algodão, CP 174, CEP: 58107-720, Campina Grande, PB, e-mail: nbaltrao@cnpa.embrapa.br

³Eng. Agr. M.Sc. Embrapa Algodão.

⁴Estudante de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG e estagiária da Embrapa Algodão.

INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma das principais oleaginosas do mundo, com a singularidade de que o óleo, seu principal produto, não é comestível, e o único que a natureza construiu, glicerídico, que é solúvel em álcool (WEISS, 1983, FREIRE, 2001), constituindo, em média, nas cultivares comerciais, cerca de 48%, em termos de produto bruto nas sementes (segundo MAMONA, 1967, citado por HEMERLY, 1981). Trata-se de uma espécie pertencente à família euphorbiaceae, heliófila, de razoável nível de xerofitismo e de ampla capacidade de adaptação (MAZZANI, 1983 e AMORIM NETO et al. 2001), necessitando de chuvas regulares durante a fase vegetativa e de períodos secos na maturação dos frutos (SEARA, 1989). De acordo com Távora (1982) e Bahia (1995) a maior exigência de água pela mamoneira ocorre no início da fase vegetativa. Para Silva (1981) esta oleaginosa é muito exigente em calor e sensível ao excesso de umidade no solo, o que também é confirmado por Mazzani (1883) e Weiss (1983).

Na verdade e apesar de ser muito importante como planta produtora de um óleo de larga aplicação industrial (CHIERICE e CLARO NETO, 2001), pouco se conhece dos efeitos do estresse hídrico por deficiência ou excesso, com correlata hipoxia ou mesmo anoxia, no metabolismo e na bioquímica da mamoneira, em especial nas fases iniciais de seu crescimento e desenvolvimento. Em outras culturas, como o caso do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. Raça *latifolium* Hutch.) e o gergelim (*Sesamum indicum* L.) vários trabalhos têm sido desenvolvidos objetivando-se verificar os efeitos do estresse hídrico no metabolismo, em especial em enzimas de elevada importância, como a invertase, relacionada com o metabolismo dos açúcares (sacarose, glicose e frutose), amilases e teores de amido, proteínas e açúcares solúveis nas raízes e na parte aérea das plantas (SOUZA et

al. 1997, SOUZA et al. 2000 e BELTRÃO et al. 2000). Objetivou-se, com este trabalho, verificar os efeitos do estresse hídrico (deficiência e excesso) e o tempo de duração do agente estressor na mamoneira, cultivar BRS 188 Paraguaçu, na sua fase inicial do crescimento, antes do início da floração para a emissão do primeiro cacho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em condições de casa-de-vegetação de vidro, com controle parcial do ambiente, localizada em Campina Grande, Paraíba e pertencente à Embrapa Algodão, no ano de 2001. A semeadura foi realizada em 30 de agosto, utilizado-se a cultivar BRS 188 Paraguaçu, de mamona (*Ricinus communis* L.), que tem ciclo em torno de 235 dias, de frutos semi-indeiscentes e teor de óleo nas sementes em média de 48%, de acordo com a EMBRAPA (1999). Cada unidade experimental foi constituída de um vaso de plástico, todos da mesma cor azul e capacidade para 20 litros. Cada vaso foi enchido com um material de solo de um Argilossolo, com argila de elevada atividade, tipo 2: 1 proveniente de Sousa, PB, misturado com 10% de esterco de curral bem curtido e passado em peneira de 2,0 mm. Cada vaso foi preenchido com o material do solo, deixando-se 3,0cm livre para se aplicar os tratamentos e evitar transbordamento de água, quando das irrigações. Em cada vaso foram semeadas três sementes deixando-se, após o desbaste, uma planta por vaso. Utilizou-se um delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições e sete tratamentos, com esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, sendo os fatores: duas condições de estresse hídrico, deficiência e excesso, três períodos de duração do estresse (2, 4 e 6 dias) e um tratamento adicional, testemunha, sem estresse. As avaliações foram realizadas aos 53 dias do plantio com as plantas sem ter entrado em floração e com altura média, na testemunha, de 54cm e no estágio de seis a

sete folhas, incluindo-se as duas cotiledonares, como pode ser observado na Figura 1.

Foram avaliadas as seguintes variáveis relacionadas com o metabolismo da planta: amido e açúcares solúveis nas folhas e nas raízes, proteínas nas folhas e atividade das enzimas b-amilase e invertase nas folhas. As determinações foram realizadas aos 52 dias a partir da emergência das plântulas, cujas sementes levaram cerca de oito dias para germinar. As amostras das folhas, discos de 1,2cm de diâmetro, foram retiradas da terceira folha contada a partir do ápice da planta. Os discos foram macerados com 10ml de uma solução tampão, com pH = 5, para as determinações das enzimas b-amilase e invertase, além do conteúdo de proteínas solúveis na folha. O teor de proteína foi determinado utilizando-se a metodologia de Lowry et al. (1951). A redução dos açúcares solúveis resultante das atividades das enzimas b-amilase e invertase foi medida usando-se a metodologia preconizada por Bernfeld (1955). Os teores de açúcares solúveis e amido foram determinados via metodologias preconizadas por Ashwel (1957) e Mac Cready (1950). Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se análise da variância (ANOVA), utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos.



FIG.1. Tratamento testemunha "sem estresse", plantas no estágio de seis folhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observam-se os resumos das análises de variâncias dos dados das variáveis computadas, denotando-se que não se verificou nenhuma das interações significativas entre os dois fatores estudados, o que significa que eles foram independentes entre si, não havendo interferência de um sobre o outro. Apesar do dano externo ter sido satisfatório, com redução da altura das plantas e área foliar, visualmente, não se verificou distúrbios significativos nas variáveis ligadas ao metabolismo das plantas, em especial nos teores dos açúcares, como pode ser visto na Tabela 1.

No tocante aos valores médios obtidos para as variáveis estudadas verifica-se na Tabela 2 que não houve diferenças significativas para a variável proteínas solúveis nas folhas, das quais a rubisco é a mais importante, ligada diretamente a assimilação clorofiliana das plantas, responsável pela fixação inicial do CO₂ no processo fotossintético, representando mais de 50% das proteínas solúveis do cloroplasto das plantas (LARCHER, 2000). Com relação à enzima b-amilase, que é a [α(1-4)-glucan-malto-hidrolase], que ataca a amilose e a amilopectina componentes do amido, polissacarídeo de reserva das plantas, (LEHINGER, 1976), e exoamilase, que ataca o amido formando maltose da amilose e maltose e dextrina da amilopectina (CONN e STUMPF, 1980), verifica-se, na Tabela 2 que o estresse anoxítico elevou significativamente a sua atividade em relação ao estresse hídrico por deficiência de água e que a duração do estresse não alterou a atividade desta proteína funcional. Com este fato, acredita-se que a planta em estresse por excesso de água no ambiente edáfico, com depilação completa do oxigênio (anoxia), pode promover a hidrólise do amido de reserva para se ajustar ao equilíbrio osmótico para, então tentar reverter o processo nefasto da falta de oxigênio.

TABELA 1. Resumos das análises de variância dos dados das variáveis conteúdo de proteínas na folha (ug. cm⁻²), conteúdo de B-amilase na folha (ug glucose.cm⁻²), conteúdo de invertase na folha (ug.glucose.cm⁻²), conteúdo de carboidratos solúveis na folha (mg. Glucose. G⁻¹. M. Seca), conteúdo de amido na raiz (mg.glucose.g⁻¹ M. Seca) conteúdo de carboidratos na raiz (mg. Glucose. G⁻¹. M. Seca). Alterações químicas e bioquímicas na mamoneira (cultivar BRS 188-Paraguaçu), na fase inicial, submetido ao estresse hídrico (deficiência e excesso). Campina Grande, PB. 2001.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio						
		Proteínas	α-amilase	invertase	Amido folha	Carboidratos folhas	Amido raiz	Carboidratos raiz
Período de estresse (PE)	2	1493,82 ^{ns}	1273,46 ^{ns}	9237,80*	140,39**	158,27 ^{ns}	54,14 ^{ns}	70,95 ^{ns}
Tipo de estresse hídrico (deficiência ou excesso), (TS)	1	1936,51 ^{ns}	2918,82*	3928,72 ^{ns}	4,12 ^{ns}	170,39 ^{ns}	3495,42**	15125,51**
PE x TS	1	115,58 ^{ns}	238,13 ^{ns}	2520,16 ^{ns}	1,99 ^{ns}	892,94 ^{ns}	199,82 ^{ns}	586,23 ^{ns}
Fatorial vs. Testemunha	1	1487,76 ^{ns}	1116,90 ^{ns}	488,9 ^{ns}	0,0228 ^{ns}	382,97 ^{ns}	356,70 ^{ns}	361,15 ^{ns}
Bloco	4	2583,07 ^{ns}	1299,81 ^{ns}	16121,75*	35,34 ^{ns}	202,20 ^{ns}	77,91 ^{ns}	800,76 ^{ns}
Erro	24	455,35	665,74	1994,41	13,34	324,39	114,03	484,88
Coefficiente de Variação (C.V.)		8,35	39,48	16,47	10,81	20,28	23,12	38,10

ns: Não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade

*: Significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade

** : Significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade

TABELA 2. Médias dos tratamentos das variáveis, conteúdo de proteínas nas folhas (ug.cm⁻²), conteúdo de β-amilase na folha (ug glucose.cm⁻²), conteúdo de invertase na folha (ug glucose.cm⁻²) conteúdo de amido na folha (mg.glucose. g⁻¹ M.Seca), conteúdo de carboidratos solúveis na folha (mg.glucose. g⁻¹ M.Seca), conteúdo de amido na raiz (mg glucose g⁻¹ M.Seca), conteúdo de carboidratos na raiz (mg glucose g⁻¹ M.Seca), em função dos fatores duração e tipo do estresse hídrico (deficiência e excesso). Campina Grande, PB. 2001.

Fatores	Variáveis						
	Proteínas	α-amilase	invertase	Amido folha	Carboidrato folha	Amido raiz	Carboidrato raiz
Período do estresse em dias (PE)							
2	244,88 a	56,66 a	287,37 b	29,99 b	91,62 a	46,07 a	56,83 a
4	261,07 a	79,21 a	286,80 b	33,85 ab	93,22 a	46,36 a	58,95 a
6	268,83 a	67,12 a	234,45 a	37,49 a	85,67 a	42,19 a	53,66 a
Tipo de estresse hídrico							
- Deficiência	250,23 a	57,80 b	280,98 a	34,15 a	92,56 a	55,67 a	78,94 a
- Excesso	266,30 a	77,53 a	258,00 a	33,41 a	87,79 a	34,08 b	65,66 a
Fatorial	258,27 a	67,67 a	269,54 a	33,78 a	90,17 a	44,87 a	56,48 a
Testemunha	239,63 a	51,52 a	280,22 a	33,85 a	80,72 a	53,99 a	65,66 a

Em cada coluna e para cada fator, além do contraste fatorial vs. testemunha, médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

A enzima invertase, que funciona desdobrando a sacarose (diholósídeo), formada por uma molécula de glicose e uma de frutose, sendo um açúcar não redutor e o principal no deslocamento via floema das plantas (STREET e OPIK, 1974), foi pouco afetada pelas condições impostas às unidades experimentais, como pode ser visto na Tabela 2. Em geral, ocorreu tendência para a redução dos carboidratos solúveis e o amido nas raízes das plantas submetidas ao estresse anoxítico, fato que não ocorreu nas folhas, conforme a mesma tabela.

CONCLUSÕES

1. O estresse hídrico, em especial por excesso, com consequente anoxia no meio edáfico, alterou o metabolismo da mamoneira, na sua fase juvenil, cultivar BRS 188 Paraguaçu, em especial a enzima α -amilase que tem sua atividade aumentada com este tipo de estresse com relação à testemunha e à planta submetida ao estresse hídrico por deficiência.

2. Os teores de amido e de açúcares solúveis nas raízes das plantas de mamona, cultivar BRS 188 Paraguaçu, na sua fase juvenil, foram aumentados, quando as plantas foram submetidas a anoxia radicular quando comparado com o estresse hídrico por deficiência hídrica.

REFERÊNCIAS

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A.E. de; BELTRÃO, N.E. de M. Clima e Solo. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (eds. Tec.) O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. p.63-76.

ASHWEL, G. Colorimetric analyses of sugar. In: COLOWICK, A.; KAPLAN, B. (eds.) Methods of enzymology. New York: Academic Press. 1957. p. 85-86, v.3.

BAHIA. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Diagnósticos e oportunidades de investimento à mamona. Salvador: CICM/SEBRAE, [s.d.].

BELTRÃO, N.E. de M.; SOUZA, J.G. de; SANTOS, J.W. dos. Consequências da anoxia temporária radicular no metabolismo do gergelim. Revista de Oleaginosas e Fibrosas, v.4, n. 3, p. 153-161, 2000.

BERNFELD, P. Amylases α and β . In: COLOWICK, A.; KAPLAN, B. (eds.). Methods of enzymology. New York: Academic Press, 1955. v.1. p. 149-158.

CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (eds. Tec.). O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. p. 89-120.

CONN, E.E.; STUMPF, P.K. Introdução à bioquímica. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 525p.

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB). BRS 188 Paraguaçu. Campina Grande, 1999. (Folder).

FREIRE, R.M.M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (eds. Tec.). O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. p. 295- 334.

HEMERLY, F.X. Mamona: comportamento e tendências no Brasil. Brasília: Embrapa-DID, 1981. 69p. (EMBRAPA-DTC-Documentos, 2).

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Paulo: RiMa, 2000. 531p.

LEHNINGER, A.L. Bioquímica. São Paulo: [s.n.], 1976. v.1.262p.

- LOWRY, O.H.; ROSEMBERG, M.J.; FARR, A.L.; With the Folin-phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, v. 193, p. 265-275, 1951.
- MAZZANI, B. Euforbiaceas oleaginosas. Tártago. In: MAZZANI, B. *Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas*. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 1983. p. 277-360.
- McCREADY, R.M.; GUGGOLZ, A.; SILVEIRA, V.; OWENS, H.S. Determination of starch and amylase in vegetables; applications to peas. *Analytical Chemistry*, v. 22, p. 1156-1158, 1950.
- SEARA (Fortaleza, CE). Projeto recuperação da cotonicultura estadual. Fortaleza: 1989. p. 32-39.
- SILVA, W.J. da. Aptidões climáticas para as culturas do girassol, da mamona e do amendoim. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, MG, v.7. n. 82, p. 24-28, 1981.
- SOUZA, J.G. de; BELTRÃO, N.E. de M.; SANTOS, J.W. dos. Fisiologia e produtividade do gergelim em solo com deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras*, v. 4, n.3, p. 163-168, 2000.
- SOUZA, J.G. de; BELTRÃO, N.E. de M.; SANTOS, J.W. dos. Influência da saturação hídrica do solo na fisiologia do algodão em casa-de-vegetação. *Revista de Oleaginosas e Fibras*, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 63-71, 1997.
- STREET, H.E.; OPIK, H. *Fisiologia das angiospermas: Crescimento e desenvolvimento*. São Paulo: Polígono Ed. da Universidade de São Paulo, 1974. 315p.
- TÁVORA, F.J.A. *A cultura da mamona*. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.
- WEISS, E.A. Castor. In: WEISS, E.A. *Oil seed crops*. London: Longman, 1983. p. 31-99.