

Influência da salinidade no teor e índice de clorofila em três variedades de mamoneira⁽¹⁾.

Rafael Antonio Presotto⁽²⁾; Guilherme Zolli Alves⁽³⁾; Júnior César Rodrigues da Silva⁽⁴⁾; Martin de Oliveira Freire⁽⁵⁾, Glaucio da Cruz Genuncio⁽⁶⁾, Everaldo Zonta⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho realizado com recursos da Petrobras; ⁽²⁾ Estudante de mestrado em Solos; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Seropédica, RJ E-mail: presotto_ufrjr@hotmail.com; ⁽³⁾ Estudante de Licenciatura em Ciências Agrícolas; UFRRJ; guilhermezolli@hotmail.com; ⁽⁴⁾ Estudante de Agronomia; UFRRJ; jr.cesarodrigues@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Estudante de doutorado em Solos; UFRRJ; martin_freire@hotmail.com; ⁽⁶⁾ Professor do Departamento de Ciências Fisiológicas; UFRRJ; glauciogenuccio@gmail.com; ⁽⁷⁾ Professor do Departamento de Solos; UFRRJ; ezonta@ufrjr.br.

RESUMO: Pesquisas demonstram que as culturas respondem diferentemente à salinidade, sendo a mamona (*Ricinus communis* L.) considerada moderadamente sensível à salinidade. A concentração de clorofila é uma medida de avaliação nutricional bastante utilizada, principalmente em relação ao nitrogênio e pode ser utilizado como indicador de estresses abióticos. Os medidores de clorofila portáteis permitem estimativas do índice de clorofila instantaneamente, porém, alguns fatores podem interferir nessa determinação. O objetivo deste trabalho foi comparar duas metodologias de determinação de clorofila em mamoneira em condições de estresse salino. O experimento consistiu de um fatorial com cinco doses de NaCl e três cultivares de mamoneira. A salinidade em solução nutritiva aumentou significativamente a concentração e índice de clorofila *a*, *b* e total. O índice de clorofila Falker apresenta elevada correlação com a concentração de clorofila determinada por espectrofotometria.

Palavra chave: *Ricinus communis* L, Sódio, Cultivo Hidropônico.

INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa pertencente à família Euphorbiaceae, com elevado potencial para produção de biodiesel, contribuindo para ampliação da matriz energética brasileira. No Norte e Nordeste do Brasil o cultivo desta oleaginosa se torna de extrema importância para geração de emprego, principalmente para a agricultura familiar.

A escassez de água em regiões agrícolas de várias partes do mundo vem forçando os agricultores a utilizarem água com concentração de sais relativamente alta para a irrigação das lavouras (SAVVAS et al., 2007). Ressalta-se que o uso de águas salobras para irrigação, assim como a utilização inadequada de fertilizantes minerais aumenta a salinidade do solo.

Com o constante acúmulo desses sais solúveis no solo, principalmente na zona radicular, observam-se reduções no crescimento e desenvolvimento nas plantas, devido à diminuição o potencial osmótico da solução, ocorre problemas de toxicidade e desordem nutricional. (Fageria, 1989, Shannon, 1997).

A clorofila é constantemente sintetizada e destruída, dependendo das condições ambientais e da própria planta, como a luminosidade e a nutrição mineral, respectivamente (Taiz & Zeiger, 2004). A concentração de clorofila tem sido muito utilizada para avaliar o estado nutricional em diversas espécies agrícolas, normalmente em referência ao nitrogênio.

Para a determinação dos pigmentos fotossintéticos pelas metodologias clássicas necessariamente ocorre à destruição das amostras além da necessidade do uso de reagentes. Nesse sentido o uso de medidores de clorofila portáteis permitem estimativas confiáveis sem a necessidade de destruir os tecidos foliares. Os clorofilômetros quantificam um índice de clorofila, calculado pelo conteúdo de luz transmitida pela folha, em dois ou três comprimentos de onda e diferentes absorvâncias, dependendo do equipamento utilizado, o resultado final é uma única leitura proporcional às clorofilas *a* e *b* (Jesus & Marengo, 2008; Falker, 2008).

O medidor de clorofila portátil modelo CFL 1030 produzido pela Falker Automação Agrícola, conhecido como ClorofilLog[®] utiliza emissores em três comprimentos de onda: dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila ($\lambda=635$ e 660nm) e um outro no infravermelho próximo ($\lambda=880\text{nm}$). Um sensor inferior recebe a radiação transmitida pela folha e fornece valores de leitura proporcionais à absorvância das clorofilas *a* e *b*. Os resultados não apresentam unidade, sendo chamado de Índice de clorofila Falker (ICF) (FALKER, 2008).

Objetivou-se com este trabalho comparar duas metodologias de determinação de clorofila em mamoneira em condições de estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Departamento de Solos da UFRRJ. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em fatorial (5x3), com parcela subdividida e com 3 repetições. Foram testadas cinco concentrações de sódio em solução nutritiva (controle, 25, 50, 75 e 100 mmol L⁻¹) e três variedades de mamoneira (BRS energia, MPA 34 e MPB 01). A subparcela foi constituída de três plantas de cada variedade, totalizando 9 plantas na parcela principal.

As plantas foram germinadas em substrato arenoso e após 15 dias foram transplantadas para caixas de 36 L, contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) à 1/2 força iônica. Aos 4 dias após transplante (DAT), renovaram-se as soluções nutritivas e, foram adicionadas as doses de NaCl de acordo com os tratamentos. A condutividade elétrica (CE), assim como o pH da solução nutritiva foram monitorados e corrigidos diariamente da solução nutritiva. Durante todo o experimento a solução nutritiva recebeu oxigenação constante.

Os índices de clorofila *a*, *b* e total foram determinado pelo medidor de clorofila eletrônico modelo CFL 1030 da marca Falker® na porção mediana da primeira folha totalmente expandida (do ápice para a base). Em cada parcela foram realizadas 30 leituras. Nas mesmas folhas foram retirados 6 discos foliares, totalizando 4,71 cm², que foram acondicionados em frascos escuros contendo 20 mL de acetona 80%. Após 72 horas procederam-se as leituras do extrato em espectrofotômetro ($\lambda = 645$ e 663 nm) para determinação das concentrações de clorofila *a*, *b* e total conforme metodologia proposta por Arnon (1949).

Os dados obtidos foram submetidos a teste de normalidade dos resíduos (Lilliefors) e homogeneidade das variâncias dos erros (Cochran e Bartlett) com posterior análise de variância. Quando significativos pelo teste F com $p < 0,05$. O fator quantitativo (salinidade) foi desmembrado por regressão linear, sendo os coeficientes testados com $p < 0,05$. As determinações de cada metodologia foram comparadas por correlação de Pearson com $p < 0,01$. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS (SAS Institute, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **tabela 1** está apresentado o resumo da análise de variância da concentração de clorofila *a*, *b* e total em três variedades de mamoneira sob níveis de salinidade.

Tabela 1 - Valores do quadrado médio da análise de variância das leituras de clorofila obtidas por espectrofotometria.

Fonte de Variação	Teor de clorofila		
	<i>a</i>	<i>b</i>	Total
Salinidade (S)	139	13,3	238
Variedade (V)	0,43 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,21 ^{ns}
S*V	19,8 ^{ns}	1,96 ^{ns}	33,8 ^{ns}
CV 1 (%)	11,7	10,3	11,3
CV 2 (%)	12,6	13,8	12,8

*, ** Significativo pelo teste F com $p < 0,05$ e 0,01, respectivamente; ^{ns}: não significativo.

A salinidade em solução nutritiva aumentou significativamente a concentração de clorofila, entretanto não foi observado diferença entre as variedades estudadas. Sendo as variedades semelhantes e a interação não significativa, agrupou-se as variedades e a análise e discussão dos dados foi realizada então em função dos efeitos da salinidade.

As concentrações de clorofila *a*, *b* e total das três variedades de mamoneira em função dos níveis de salinidade estão apresentados na **figura 1**, onde pode-se verificar um aumento significativo da destes com o aumento da dose de sódio em solução nutritiva.

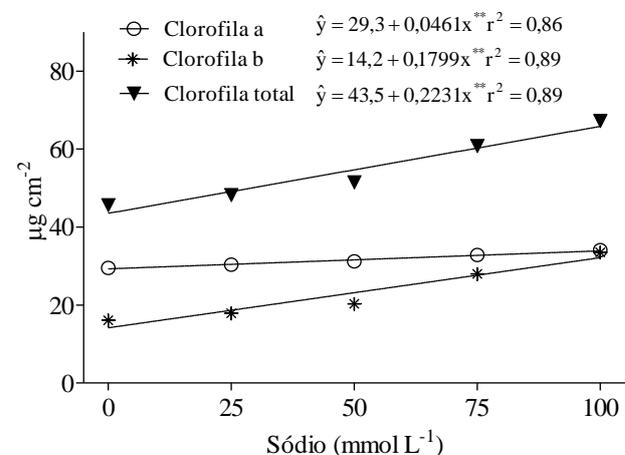


Figura 1 - Concentração de clorofila (*a*, *b* e total) determinada por espectrofotometria na mamoneira em função da dose de sódio em solução nutritiva. Média das três variedades. **: Equação significativa com $p < 0,01$.

De forma análoga, na **tabela 2** está apresentado o resumo da análise de variância, dos índices de clorofila *a*, *b* e total determinados por clorofilômetro portátil.

A significância das fontes de variação são similares aos dados de clorofila determinados pela extração em acetona, ou seja, somente a salinidade influenciou nessas determinações.

Tabela 2 - Valores do quadrado médio da análise de variância do índice de clorofila Falker obtidas por clorofilômetro portátil.

Fonte de Variação	Índice de clorofila Falker		
	a	b	Total
Salinidade (S)	30,5**	488**	740**
Variedade (V)	1,13 ^{ns}	27,9*	34,7*
S*V	0,10 ^{ns}	3,12 ^{ns}	4,67 ^{ns}
CV1 (%)	4,4	14,0	8,4
CV2 (%)	2,0	10,3	5,5

*, ** Significativo pelo teste F com $p < 0,05$ e $0,01$, respectivamente; ^{ns}: não significativo.

A regressão do índice de clorofila a, b e total em função da salinidade em solução nutritiva está apresentada na **figura 2**, onde novamente observa-se aumento significativo com o aumento da dose de sódio.

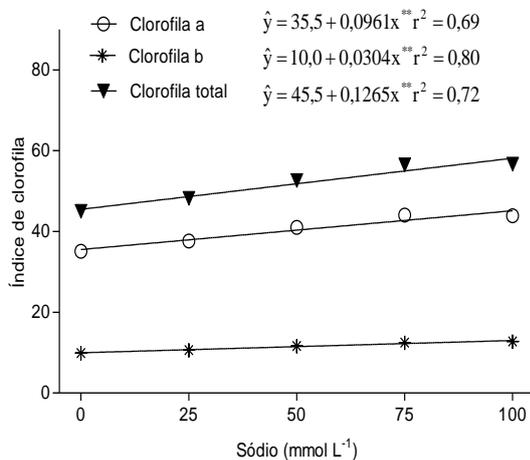


Figura 2 - Índice de clorofila Falker (a, b e total) em função da dose de sódio em solução nutritiva. Média das três variedades. **: Equação significativa com $p < 0,01$.

Conforme estudos de Cavalcanti, (2005) e Santos et al. (2013), o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu linearmente a área foliar em mamoneira. Essa redução, possivelmente, esteja relacionada com um mecanismo de adaptação da planta ao estresse salino, através da redução da superfície transpirante (Tester & Davenport, 2003). Como consequência da redução do volume das células, pode ocorrer, indiretamente a concentração de solutos na folha, contribuindo para o ajustamento osmótico (Lauchli & Epstein, 1990; Taiz & Zaiger, 2002).

O aumento da concentração e índice de clorofila por unidade de área foliar, evidenciada nesse estudo, pode estar associado a alterações morfológicas na folha, como a um aumento da espessura da folha devido a redução da área foliar. Para comprovar esse efeito seria necessário a quantificação da clorofila por unidade de peso foliar.

Apesar dos efeitos da salinidade na concentração e no índice de clorofila terem sido semelhantes, isso não nos permite afirmar que os métodos de determinação de clorofila são diretamente correlacionados. Para comprovar que estas metodologias estejam sincronizadas podemos avaliar a correlação entre estas determinações.

Na **figura 3** está apresentado a correlação de Pearson entre as determinações de clorofila por extração em acetona com o índice de clorofila Falker, para clorofila a, b e total.

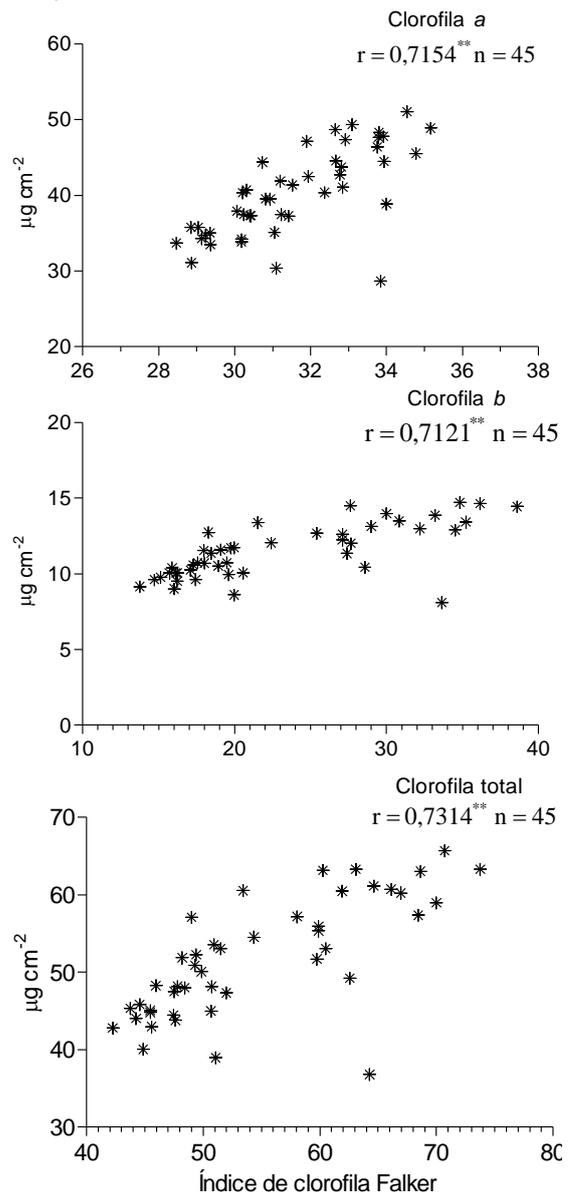


Figura 3 - Correlação de Pearson entre a concentração de clorofila e o índice de clorofila Falker em três cultivares de mamoneira sob níveis de salinidade. **: Correlação significativa com $p < 0,01$.

A correlação calculada é positiva e significativa em todos os casos, apresentando coeficiente de

correção médio de 0,72 ($p < 0,01$). Com base nessa correlação pode-se afirmar que a determinação de clorofila pelo clorofilômetro portátil é válido para a mamoneira mesmo sob condições de estresse salino. Correlações semelhantes foram observadas por Barbieri Junior et al. (2012) usando o mesmo medidor de clorofila portátil em folhas do capim Tifton 85.

CONCLUSÕES

A salinidade em solução nutritiva promove aumento da contração de clorofila *a*, *b* e total nas três variedades de mamoneira, que são similares entre si.

O uso do medidor de clorofila portátil Falker apresenta correlação satisfatória com a determinação de clorofila por espectrofotometria.

AGRADECIMENTOS

A UFRRJ e ao CPGA-CS, pela infraestrutura que possibilitou a obtenção dos resultados, à Petrobras e a CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BARBIERI JUNIOR, É.; ROSSIELLO, R. O. P.; SILVA, R.V.M.M.; RIBEIRO, R. C.; MORENZ, M.J.F. . Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. *Ciência Rural*, 12:2242-2245, 2012.

CAVALCANTI, M. L. F; FERNANDES, P. D; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L; SIQUEIRA, E. da C.; Índices ecofisiológicos da mamoneira sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9:66-70, 2005. Suplemento.

FAGERIA, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. EMBRAPA - CNPAF. Documento, 18.

Falker automação agrícola LTDA. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (clorofilog / cfl

1030). Porto Alegre, Falker automação agrícola. Rev. B. 2008. 33p.

JESUS, S. V., & MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. *Acta Amazonica*, 38(4):815-818, 2008.

LAUCHLI, A. & EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: Tanji, K.K. (ed.) *Agricultural salinity assessment and management*. New York: ASCE, 1990. cap. 6, p.113-137.

MARCOVITCH, J. Para mudar o futuro: mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais. Saraiva/Edusp. São Paulo, 2006. 368p.

SANTOS, J. B. DOS; SANTOS, D. B. DOS; AZEVEDO, C. A. V. DE; REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F., & CAVALCANTE, Í. H. L. Comportamento morfofisiológico da mamoneira BRS Energia submetida à irrigação com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(2):145-152, 2013.

SAS INSTITUTE.. *SAS System: SAS/STAT version 9.1 (software)*. Cary, 2003.

SAVVAS, D.; STAMATIB, E.; TSIROGIANNISB, I. L.; MANTZOSB, N.;BAROUCHASB, P.E; KATSOULASC, N.; KITTASC; C. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. *Agricultural Water Management*, v.91, p.102-111, 2007.

SHANNON, M. C. Adaptation of plants to salinity. *Advances in Agronomy*, v.60, p.75-120, 1997.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Plant physiology*. 3 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 798p.

TESTER, M. & DAVENPORT, R. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91:503-527, 2003.