



ARTIGO ORIGINAL

Miriam da Silva Tavares^{1*} 
Napoleão E. de M. Beltrão² †

¹ Universidade Estadual de Goiás, Av. Sra. de Santana, 598, Santa Luzia, Posse, GO, CEP: 73900-000, Brasil.

² Embrapa Algodão, Rua Oswaldo Cruz, 1143, Bairro Centenário, Campina Grande, PB, CEP: 58428-095, Brasil. (In memoriam)

* Autora correspondente:

E-mail: myriann_silva@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Gossyium hirsutum L.
Nitrogênio
Resíduos orgânicos

KEYWORDS

Gossyium hirsutum L.
Nitrogen
Organics residues

Eficiência comparativa da adubação orgânica e mineral no crescimento e metabolismo do algodoeiro

Comparative efficiency of organic and mineral fertilization on cotton growth and metabolism

RESUMO: A combinação de fertilizantes minerais e orgânicos têm sido recomendada como manejo alternativo, principalmente quando o material orgânico aplicado apresenta elevada relação carbono: nitrogênio (C/N). Objetivou-se avaliar os aspectos de crescimento e fisiológicos do algodoeiro sob doses de torta e casca de mamona associadas a fontes solúveis de N. Adotou-se um delineamento em blocos inteiramente casualizados com 24 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro doses de torta de mamona (0 – 0,8 – 1,6 e 2,4 t ha⁻¹) e quatro doses de casca do fruto de mamona (0 – 0,8 – 1,6 e 2,4 t ha⁻¹), complementadas com três fontes de N solúvel na dose de 120 kg h⁻¹ (ausência, ureia e sulfato de amônio). Aos 90 dias foram quantificados altura da planta, diâmetro do caule, área foliar, massa seca (parte aérea, raiz e de capulho), teor de clorofila, flavonoides, antocianina, índice de balanço de N e ruptura da membrana. Observou-se que o sulfato de amônio se apresentou como alternativa viável quando combinado com casca de mamona. Os melhores resultados para a altura e teor de clorofila foram obtidos com a aplicação de 1,6 t ha⁻¹ de casca de mamona associada ao sulfato de amônio. O uso de torta e casca de mamona associada à ureia e sulfato de amônio não influenciaram no diâmetro caulinar, no teor de flavonoides, antocianina e índice de balanço de N. A utilização de 0,8 t ha⁻¹ de torta de mamona associada à ureia, promoveu o maior extravasamento de eletrólitos e menor instabilidade da membrana plasmática.

ABSTRACT: The combination of mineral and organic fertilizers has been recommended as an alternative management, especially when the applied organic material has a high carbon: nitrogen ratio (C/N). The objective of this study was to evaluate the growth and physiological aspects of cotton under doses of castor bean cake and peel associated with soluble nitrogen sources. Adopted a randomized closed block design with 24 treatments and 3 repetitions. The treatments consisted of four doses of castor cake (0 – 0,8 – 1,6 e 2,4 t ha⁻¹) and four doses of castor fruit peel (0 – 0,8 – 1,6 e 2,4 t ha⁻¹), supplemented with three levels of soluble N at a dose of 120 kg h⁻¹ (ausent, urea and ammonium sulfate). At 90 days were quantified: plant height, stem diameter, leaf area, dry mass (air, root and mulch), chlorophyll content, flavanoids, anthocyanin, nitrogen balance index and membrane disruption. It was observed that ammonium sulfate was a viable alternative when combined with castor cake in relation to urea. The best results for height and chlorophyll content were obtained with the application of 1,6 t ha⁻¹ of castor bean hulls associated with ammonium sulfate. The use of castor bean cake and peel associated with urea and ammonium sulfate did not influence the stem diameter, flavanoid, anthocyanin content and nitrogen balance index. The use of 0.8 t ha⁻¹ of urea castor bean cake promoted the largest electrolyte leakage and lower plasma membrane instability.

Recebido em: 13/12/2019
Aceite em: 30/06/2020

1 Introdução

A fibra de algodão é a principal matéria-prima da indústria têxtil brasileira e mundial, além disso é um produto de extrema importância socioeconômica. O Brasil assume a 4ª posição entre os maiores produtores, atrás da Índia, da China e dos Estados Unidos da América (Conab, 2013). É importante ressaltar que para a obtenção de aumentos na produção do algodoeiro, ou seja, para que a cultura demonstre todo o seu potencial genético, faz-se necessário condições edafoclimáticas para um adequado crescimento e desenvolvimento (Adugna et al., 2016).

O manejo do solo constitui uma das principais ferramentas para obtenção de bons rendimentos, no entanto, este manejo deve ser realizado de maneira equilibrada, para que não ocorra um desequilíbrio ambiental, ou mesmo a utilização exagerada de insumos, acarrete em prejuízos econômicos. Desta forma, torna-se primordial que se tenha um manejo agrícola visando não somente ao controle das perdas de terra, mas também promova melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Modesto Junior & Alves, 2016).

Estudos demonstram que os adubos orgânicos melhoram as propriedades físicas (promove a aeração, armazenamento de água e drenagem interna do solo), químicas (enriquecimento gradual do solo com macro e micronutrientes essenciais) e biológicas (aumento na biodiversidade de microrganismos úteis que solubilizam nutrientes) (IAC, 2013).

Os teores de matéria orgânica no solo variam em torno de 0,5 a 5% nos horizontes superficiais minerais, podendo apresentar maiores valores em solos orgânicos. A matéria orgânica, principalmente suas frações, é indicadora da qualidade do solo e, na agricultura, está relacionada ao aporte de material vegetal adicionado. Contudo, fatores inerentes à matéria orgânica, como a relação carbono: nitrogênio (C/N), granulometria, tipo de solo, interferem na dinâmica microbiana do solo (Maluf et al., 2015; Rosa et al., 2017).

É reconhecido na literatura que a presença de fitomassa com baixa relação C/N (alta concentração de N) proporciona uma maior disponibilidade de N aos microrganismos envolvidos no processo de decomposição, ocasionando consequentemente a liberação rápida do N encontrado no solo. Em contrapartida, resíduos com alta relação C/N (baixa concentração de N), são lentamente mineralizados e induzem à deficiência de N nas plantas, pois os microrganismos absorvem grande parte do N disponível (Silva et al., 2016). Neste contexto, o uso combinado de fertilizantes minerais e materiais orgânicos apresenta-se como manejo alternativo, promovendo maior estabilidade do solo, principalmente em condições com material orgânico com alta relação C/N (Fernandes et al., 1997; Cancellier et al., 2011), consequentemente melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo. Partindo deste pressuposto objetivou-se avaliar os aspectos de crescimento e fisiológicos do algodoeiro sob doses de torta e casca de mamona

associadas a fontes solúveis de nitrogênio.

2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no ano 2013 em condições de casa de vegetação, na área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa Algodão], localizada na microrregião de Campina Grande, Paraíba, sob as coordenadas geográficas são latitude 7° 13' 11" S, longitude 35° 53' 31" W. Durante o período de condução do experimento foram mensurados dados médios de umidade e temperatura dentro da casa de vegetação, os quais podem ser verificados na Figura 1.

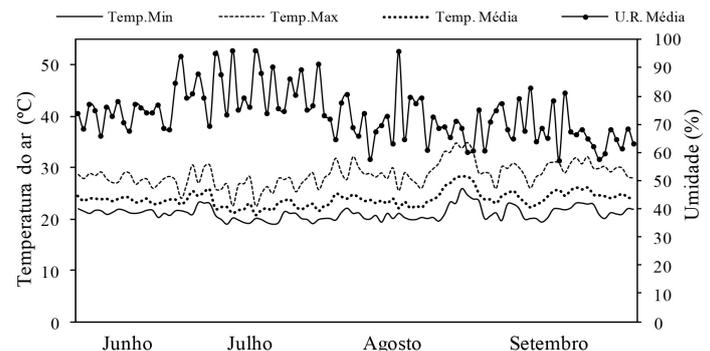


Figura 1. Temperatura máxima (Temp. Max.), média (Temp. Méd.), mínima (Temp. mín.) °C e umidade relativa (UR%), durante o período de condução do experimento. Fonte: Estação climatológica da Embrapa Algodão.

Figure 1. Maximum temperature (Max. Temp.), Average (Med. Temp.), Minimum (Min. Temp.) °C and relative humidity (RH%) during the experiment period. Source: Embrapa Cotton Climatic Station.

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento em blocos inteiramente casualizados, com arranjo fatorial de (2 x 4 x 3), sendo duas fontes de resíduos orgânicos (casca e torta de mamona), aplicadas em 4 doses (0 – 0,8 – 1,6 e 2,4 t ha⁻¹) para fornecer as doses fixas de nitrogênio (0 – 60- 120- 180 kg ha⁻¹), associada à 3 fontes de N solúvel na dose de 120 kg h⁻¹ (ausência de N, ureia e sulfato de amônio), em 3 repetições, totalizando 72 unidades experimentais.

Cada unidade experimental foi composta um vaso de 20 L, pintado na cor prata fosco, a fim de refletir os raios solares. Na base do vaso, foi colocada uma camada de 3 cm de brita, a qual foi previamente lavada com água corrente. Em seguida, os vasos foram preenchidos com o solo.

Utilizou-se, um solo de textura arenosa, classificado como Neossolo Regolítico segundo preconizado pela Embrapa (2006), coletado a uma profundidade de 0-20 cm, oriundo da fazenda experimental da EMEPA (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária), localizada na cidade de Lagoa Seca-PB. Para a caracterização dos atributos químicos e físicos do solo, foram coletadas nove amostras simples, as quais posteriormente foram secas ao ar, destorroadas, peneiradas, seguida de homogeneização, obtendo-se ao final uma amostra composta. As análises foram realizadas no Laboratório de Química, Fertilidade e Salinidade do Solo, da Universidade Federal de Campina

Grande, para as caracterizações químicas e físicas do solo (Tabelas 1 e 2), conforme as metodologias preconizadas pela Embrapa (1997).

Tabela 1. Características físicas do solo utilizado no experimento, realizado na Embrapa- Algodão.

Table 1. Physical characteristics of the soil used in the experiment, carried out at Embrapa- Cotton.

Composição			Classificação	Densidade		Porosidade Total
Textural			Textural	Solo		
Areia	Silte			Partículas		
-----g kg ⁻¹ -----				-----g cm ⁻³ -----		%
79,35	12,18	8,47	Areia Franca	1,58	2,67	40,67

Tabela 2. Características químicas do solo utilizado no experimento, realizado na Embrapa- Algodão.

Table 2. Chemical characteristics of the soil used in the experiment, carried out at Embrapa- Cotton.

pH	P	K	Na ⁺	H+Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	M.O
	-----			cmolc/dm ³ -----			g dm ⁻³	
4,98	0,69	0,02	0,08	0,60	0,08	0,80	0,84	0,38

Para determinar os teores de nutrientes dos resíduos orgânicos foram realizadas análises no Laboratório de Solos da Embrapa Algodão, para caracterização da composição química das fontes orgânicas (Figura 2).

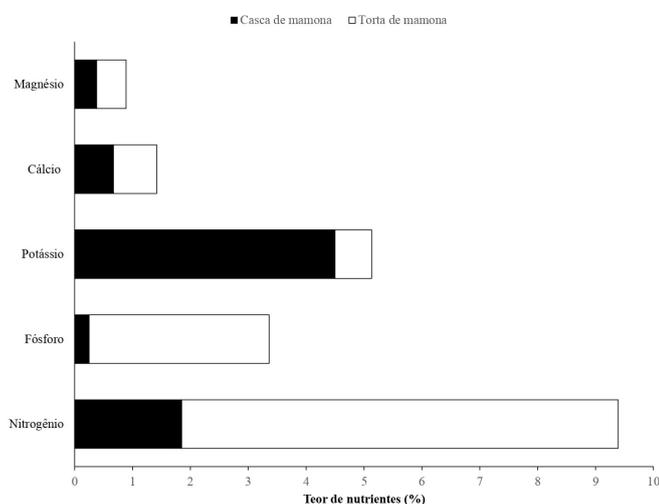


Figura 2. Teor (%) de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio na casca do fruto e na torta de mamona.

Figure 2. Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium content in fruit peel and castor cake.

Conforme os resultados obtidos para os atributos químicos do solo, observou-se a necessidade da realização de calagem, afim de corrigir a acidez do solo. A calagem foi realizada utilizando calcário dolomítico (PRNT 90%), que foi calculado com base no alumínio trocável. Após a aplicação, o solo manteve-se incubado por um período de 30 dias. Neste período, o solo recebeu

irrigação diárias, para manter o mesmo próximo a capacidade de campo.

Após a calagem, o solo recebeu adubação de fundação, aplicando-se as seguintes fontes minerais: superfosfato simples (22% P₂O₅), cloreto de potássio (60% K₂O) como fonte de fósforo e potássio, respectivamente. No momento da adubação de fundação, foram aplicadas as doses de resíduos orgânicos (casca e torta de mamona), bem como feita a aplicação da metade da dose da ureia e do sulfato de amônio, no intuito de proporcionar a aceleração do processo de decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos.

Após a aplicação dos tratamentos, foram semeadas quatro sementes de algodão da variedade BRS 8H, as quais foram preliminarmente submetidas ao deslignamento químico com ácido sulfúrico e tratadas com fungicida, a uma profundidade de 2 cm. Passados 15 dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso, a mais vigorosa e de tamanho uniforme.

A outra metade da dose da ureia e sulfato de amônio foi aplicada aos 45 dias após o plantio. Foi aplicado um volume de água suficiente para elevar a umidade do solo em torno de 80% da capacidade de campo, sendo determinado por meio de pesagens diárias. Transcorridos 90 dias após a emergência das plântulas, procedeu-se as análises de crescimento e fisiológicas das plantas. Os parâmetros de crescimento foram: diâmetro caulinar, medido com paquímetro digital, aproximadamente 4,0 cm acima da superfície do solo; altura de plantas, mensurado com auxílio de uma trena milimétrica, a partir do colo até a extremidade final da planta; área foliar, utilizou-se uma régua onde foram mensuradas a nervuras principais de todas as folhas das plantas. A partir destes resultados foram realizados o cálculo da área da área foliar por folha, por meio da seguinte equação (Grimes & Carter, 1969):

$$Y = 0,4322x^{2,3002} \text{ (cm}^2\text{)} \text{ (Eq. 1)}$$

Onde: Y = área foliar folha⁻¹, cm²; x = comprimento da nervura principal da folha, cm.

Ainda foram avaliadas a massa seca de parte aérea, de raiz e de capulho, sendo o material foi separado e, em seguida acondicionado em sacos de papel e expostos à 70 °C, pelo período de 48 horas em estufa com circulação forçada de ar.

Em relação as variáveis fisiológicas, foi determinado a ruptura da membrana, extraiu-se 10 discos foliares de área 113 mm² cada, com auxílio de um perfurador de cobre, os quais foram lavados e acondicionados em placas de Petri contendo 20 mL de água deionizada. As placas foram fechadas e mantidas à temperatura de 25 °C, por 90 minutos. Após este período, a condutividade inicial no meio foi medida (Xi) usando um condutivímetro de bancada (MB11, MS Techonopon®). Em seguida, as placas foram submetidas à temperatura de 80 °C, por 90 minutos, em estufa de secagem (SL100/336, SOLAB®) e a condutividade medida novamente (Xf), de acordo com a

metodologia proposta por Scotti Campos & Thu Pham Thi (1997). O extravasamento de eletrólitos foi expresso como a porcentagem de condutividade em relação à condutividade total após o tratamento por 90 minutos a 80° C, de acordo com a seguinte equação:

$$EL (\%) = [(X_i/X_f) \times 100]$$

Onde:

EL= Extravasamento de eletrólitos

X_i= condutividade inicial

X_f= condutividade final

Para o teor de clorofila, flavonoides, antocianina e índice de balanço de N, as leituras foram obtidas a partir da terceira folha contada a partir do ápice da planta; para tanto, utilizou-se um analisador de emissão da fluorescência (Multiplex), no período de 07 h às 09 h.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo o nível de significância determinado pelo teste "F", às médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade. Os tratamentos quantitativos foram submetidos análises de regressão polinomial e escolhido o modelo de maior significância. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2011).

3 Resultados e Discussão

Constatou-se efeito significativo com interação tríplice entre os fatores estudados, para as variáveis altura de plantas e a área foliar ($p < 0,01$). No entanto, para diâmetro caulinar não houve efeito significativo para os fatores estudados ($p > 0,01$). A altura de plantas não foi significativamente influenciada pelo uso da torta de mamona. Por outro lado, a adição de sulfato de amônio associado a casa de mamona (1,6 t ha⁻¹), que corresponde a dose de N de 120 kg ha⁻¹, promoveu incremento no valor da variável com valor de 59,0 cm, ajustando-se os dados ao modelo de regressão linear. Além disso, a utilização de sulfato de amônio resultou em maior altura de plantas quando comparado ao uso de ureia e a testemunha (Figura 3A).

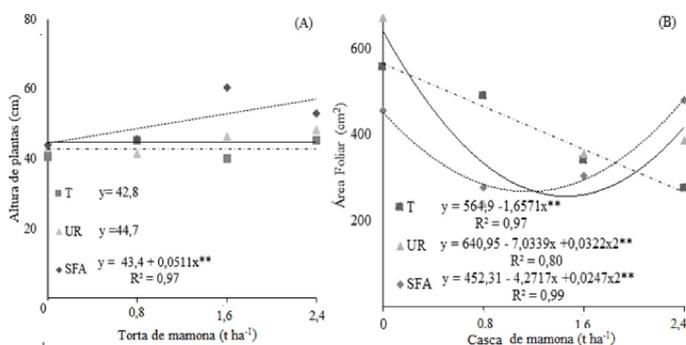


Figura 3. Altura de plantas (A) e área foliar (B) do algodoeiro herbáceo quando submetida ao uso de casca e torta de mamona associadas as fontes solúveis de N. Nota: SFA= sulfato de amônio, T= testemunha, UR= ureia.

Figure 3. Plant height (A) and leaf area (B) of herbaceous cotton when subjected to nitrogen rates obtained from castor bean peel and cake associated with soluble nitrogen sources. Note: SFA = ammonium sulphate, T = control, UR = urea.

Provavelmente, a utilização da casca de mamona moída associado a uma fonte mineral rica em N (sulfato de amônio), promoveu redução na relação C/N da mesma, obtendo-se maiores valores de altura. Esperava-se que as plantas submetidas ao uso de torta de mamona apresentassem valores superiores de altura de plantas em relação aquelas cultivadas com casca de mamona. No entanto, devido à grande concentração de N nos vasos pela própria composição da torta, associada a fonte extra de N aplicadas, favoreceu as perdas do mesmo por volatilização. Além disso, os resultados promovidos pelo uso de sulfato de amônio em relação a ureia devem-se também a composição e características do mesmo, uma vez que possui 21% de N e 24% de enxofre prontamente disponíveis para suprir as necessidades nutricionais do algodão, bem como possui baixa higroscopicidade e a liberação dos nutrientes as plantas de forma gradual (Reetz, 2017).

Quanto a área foliar, não foi observado efeitos significativos para o uso da torta de mamona. De acordo com Lima et al. (2011), estudando fontes como casca de mamona e torta de mamona, na produção de mudas de pinhão-manso, constataram que a alta fertilidade gerada por materiais como a torta de mamona tende a igualar todos os tratamentos.

Contudo, com o aumento nas doses de casca de mamona, associado a ausência da fonte solúvel de N (testemunha) verificou-se que o modelo de regressão que mais se adequou aos dados foi o linear, com decréscimo contínuo na área foliar. Já em relação ao uso de ureia e sulfato de amônio o modelo que se ajustou foi o quadrático. Verifica-se que ocorreu acréscimo na área foliar quando se utilizou a maior dose da fonte orgânica (2,4 t ha⁻¹), que equivale a 180 kg de N ha⁻¹, com valores de 386,9 e 481,80 cm² planta⁻¹ com o uso da ureia e sulfato de amônio, respectivamente (Figura 3B). Possivelmente, a adição de fontes solúveis de N (ureia e sulfato de amônio) supriu a necessidade desse nutriente no percentual mais alto de casca de mamona (2,4 t ha⁻¹), favorecendo o incremento na área foliar.

Observou-se para massa seca de raiz e massa seca de parte aérea (Tabela 3) que ocorreram diferenças significativas entre as fontes minerais utilizadas, independente das doses de casca e torta de mamona estudadas ($p < 0,01$).

Tabela 3. Médias estimadas para as variáveis massa seca de raiz e massa seca da parte aérea em função do uso de casca e torta de mamona associadas com sulfato de amônio (SFA), ureia (UR) e ausência do N solúvel.

Table 3. Average values of root dry matter and dry mass of the area part due to the use of castor bean peel and cake associated with ammonium sulfate (SFA), urea (UR) and absence of soluble N.

	Massa seca de raiz			Massa da parte aérea		
	g planta ⁻¹					
	SFA	UR	T	SFA	UR	T
Casca de mamona	4,38 Aa	4,04 Aab	3,09 Ab	20,53 Aa	17,38 Ab	15,31 Ab
Torta de mamona	4,01 Aa	3,44 Aa	3,18 Aa	18,92 Aa	16,50 Aa	16,29 Aa

Médias seguida da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os maiores resultados de massa seca de parte aérea e massa seca de raiz foram observadas quando as plantas foram submetidas ao sulfato de amônio, quando associado ao uso de casca de mamona (Tabela 3). O N participa tanto da taxa de expansão quanto da divisão celular, influenciando no tamanho final das folhas e capacidade fotossintética das plantas. Desta forma percebe-se que o N é um dos fatores determinantes da taxa de acúmulo de biomassa (Kumari, 2017; Liu et al., 2018). Além disso, assim como o N, o enxofre está presente em todas as funções e processos que são parte da vida das plantas, inclusive controle hormonal para o crescimento e diferenciação celular (Stipp & Casarin, 2010).

Verificou-se para a massa seca do capulho que houve interação significativa entre as fontes minerais e as fontes orgânicas estudadas ($p < 0,01$), indicando que o modelo de regressão que mais se adequou aos dados foi o quadrático, onde a dose 1,6 t ha⁻¹ de torta de mamona associado com a ureia promoveu os maiores valores de massa seca do capulho 12,44 g planta⁻¹ (Figura 4A).

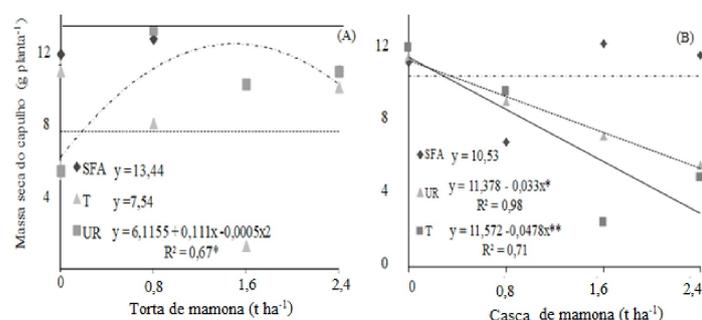


Figura 4. Massa seca do capulho de plantas de algodão herbáceo submetidas às doses de torta de mamona e de casca de mamona e, associadas a fontes de nitrogênio solúvel (N). Nota: SFA: sulfato de amônio; T: testemunha; UR: ureia.

Figure 4. Dry mass of herbaceous cotton plants submitted to castor bean cake (A) and castor bean bark (B) doses and associated with sources of soluble nitrogen. Note: SFA: ammonium sulfate; T: witness; UR: urea.

Vieira et al. (2003), ao avaliar a influência do N sobre os componentes de produção do algodoeiro, demonstrando que as características tecnológicas de produção tais como: fibra, o peso do capulho e a retenção frutífera, são afetadas pelo N, com peso de capulho em torno de 6,7 g com a utilização de 120 kg de N ha⁻¹.

Interessantemente, quando utilizou a casca de mamona como fonte orgânica, associado com testemunha e a ureia verifica-se que os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear, com decréscimos no valor da variável (Figura 4B). Araujo et al. (2006) avaliando as respostas do algodoeiro herbáceo a fontes nitrogenadas, concluíram que o uso do adubo químico favoreceu o aumento no número de capulhos à medida que se elevou as doses de N, até 210 kg de N ha⁻¹, havendo um pequeno decréscimo na dose máxima de N aplicada.

Em relação ao teor de clorofila total ocorreu o efeito significativo apenas para a fonte mineral solúvel estudada ($p < 0,01$) (Tabela 4). Os maiores resultados de clorofila, foram obtidos quando se aplicou 1,6 t ha⁻¹ de casca de

Tabela 4. Teor de clorofila, índice de flavonóis, antocianina e índice do balanço de nitrogênio), do algodoeiro herbáceo cultivar BRS 187 8 H, submetido as doses de casca e torta de mamona, associadas a diferentes fontes de nitrogênio solúvel.

Table 4. Averages of chlorophyll content), flavonol index, anthionine index and nitrogen balance index) of the herbaceous cotton cultivar BRS 187 8 H, submitted to different castor bean peel and cake, associated with different nitrogen sources soluble.

Dose orgânicas (t ha ⁻¹)	Torta de mamona			Casca de mamona		
	T	SFA	UR	T	SFA	UR
Teor de clorofila (nm)						
0	2735,3 Aa	3085,3 Aa	3291,0 Aa	3245,2 Aa	2658,1 Ba	3844,8 Aa
0,8	3275,3 Aa	3706,9 Aa	3779,1 Aa	3254,3 Aa	3723,4ABa	2601,5 Aa
1,6	3575,3 Aa	3809,2 Aa	3665,8 Aa	3239,0 Aa	4420,5 Aa	4112,4 Aa
2,4	4018,0 Aa	4131,5 Aa	3520,6 Aa	3302,3 Aa	3271,4ABa	4170,8 Aa
Teor de Flavonoides (nm)						
0	0,65 Aa	0,58 Aa	0,55 Aa	0,63 Aa	0,61 Aa	0,45 Aa
0,8	0,59 Aa	0,64 Aa	0,60 Aa	0,59 Aa	0,61 Aa	0,61 Aa
1,6	0,47 Aa	0,57 Aa	0,59 Aa	0,52 Aa	0,59 Aa	0,63 Aa
2,4	0,57 Aa	0,44 Aa	0,57 Aa	0,62 Aa	0,69 Aa	0,51 Aa
Teor de Antocianina (nm)						
0	1454,0 Aa	1447,1 Aa	1464,1 Aa	1355,4 Aa	1426,5 Aa	1490,6 Aa
0,8	1409,2 Aa	1335,4 Aa	1332,8 Aa	1358,7 Aa	1150,2 Aa	1454,6 Aa
1,6	1452,4 Aa	1247,7 Aa	1395,3 Aa	1389,3 Aa	1332,0 Aa	1393,6 Aa
2,4	1357,1 Aa	1345,0 Aa	1379,3 Aa	1283,2 Aa	1403,1 Aa	1294,2 Aa
Índice do Balanço de Nitrogênio (nm)						
0	1925,9 Aa	1374,4 Aa	1782,4 Aa	1517,2 Aa	1225,2 Aa	2871,3 Aa
0,8	1535,3 Aa	1491,7 Aa	1862,4 Aa	1810,2 Aa	1568,6 Aa	1328,9 Aa
1,6	2659,9 Aa	2093,1 Aa	1796,3 Aa	1756,7 Aa	2008,2 Aa	1785,4 Aa
2,4	1794,2 Aa	2545,6 Aa	1565,7 Aa	1465,5 Aa	1166,1 Aa	2346,5 Aa

Médias seguida da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Nota: T: Testemunha (para as fontes solúveis de N), SFA: Sulfato de Amônio e UR: Ureia.

mamona, que equivale a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, quando associado ao uso de sulfato de amônio com valor de 4.420,5 nm (Tabela 4).

Dentre os fatores determinantes no conteúdo de pigmentos fotossintetizantes além da luminosidade, é a nutrição mineral, uma vez que age diretamente na própria síntese do pigmento, assim como interage com a estrutura das moléculas (Liu et al., 2018). A nutrição nitrogenada afeta fortemente a organização das membranas dos cloroplastos e número de grana dos tilacoides, assim como influencia na proporção de clorofila a e b, comprimento e largura dos cloroplastos (Kumari, 2017).

Para os teores de flavonoides, antocianina e índice do balanço de N (Tabela 4), não foi detectado efeito significativo para a interação entre os fatores. Pesquisas apontam que os níveis de flavonoides são indicadores do estado de N nas plantas, pois quando uma planta está sob condições ótimas, ela favorece o metabolismo primário e a síntese de proteínas (moléculas contendo N). Entretanto, no caso de deficiência de N, a planta direciona seu metabolismo para uma produção elevada de flavonoides (Deng et al., 2019).

Coelho et al. (2012), constaram em batata que o aumento no teor de clorofila e no balanço de N promoveu um decréscimo nos níveis de flavonoides. Enquanto as

plantas que não receberam a adubação nitrogenada apresentaram aumento de 35 e 55% no teor de flavonol. Desta forma, independente das fontes orgânicas utilizadas (torta ou casca de mamona) e doses estudadas as plantas não demonstrando nenhuma alteração nos níveis de flavonoides, que refletiu no índice de balanço de N.

A determinação dos íons que extravasam através das membranas celulares proporciona a estimativa das condições de integridade celular. Desta forma, quanto menor o extravasamento de íons, melhor a integridade celular do tecido (Fernandes & Souza, 2006). Observou-se para o extravasamento de eletrólitos que ocorreu diferença significativa para doses de N e fontes orgânicas ($p < 0,05$). Verificou-se que o uso de ureia promoveu maior disruptura da membrana (35,61%) quando associado 0,8 t ha⁻¹, que equivale a 60 kg de N ha⁻¹ de torta de mamona (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos por Rigon et al. (2011), fato atribuído de acordo com os mesmos autores a maior disponibilidade inicial de nitrogênio pela ureia, o qual torna a membrana mais suscetível pelo maior alongamento celular.

Tabela 5. Porcentagem dos níveis de disruptura da membrana quando as plantas submetidas as doses de casca e torta mamona, sob efeito de fontes de N solúvel.

Table 5. Percentage of membrane disruption levels when plants subjected to castor bark and cake doses, under the effect of soluble nitrogen sources.

Dose orgânicas (t ha ⁻¹)	Eletrólitos (%)					
	Torta de Mamona			Casca de Mamona		
	T	SFA	UR	T	SFA	UR
0	21,92 Aa	18,59 Aa	23,23 Aa	16,90 Aa	27,62 Aa	24,69 Aa
0,8	22,67 Bb	29,26 Bb	35,61 Aa	24,47 Aa	30,92 Aa	23,36 Aa
1,6	23,67 Aa	23,93 Aa	29,97 Aa	20,24 Aa	30,23 Aa	21,19 Aa
2,4	23,88 Aa	27,87 Aa	29,11 Aa	17,84 Aa	18,67 Aa	27,78 Aa

Médias seguida da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Nota: T: Testemunha (para as fontes solúveis de N), SFA: Sulfato de Amônio e UR: Ureia.

4 Conclusão

Os melhores resultados para a altura e teor de clorofila foram obtidos com a aplicação de 1,6 t ha⁻¹ de casca de mamona associada ao sulfato de amônio. O uso de torta e casca de mamona associada à ureia e sulfato de amônio não influenciou no diâmetro caulinar, no teor de flavonoides, antocianina e índice de balanço de nitrogênio no final do ciclo do algodoeiro. A utilização de 0,8 t ha⁻¹ de torta de mamona associada à ureia, promoveu a maior instabilidade a membrana plasmática.

Referências

ADUGNA, G. N.; MNALKU, H.; NIDA, H.; AMSALU, S. A review of soil fertility improvement and monitoring studies on cotton at middle awash and arbaminch areas,

Ethiopia. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, v. 4, n. 1, p. 18-30, 2016.

CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; ADORIAN, G. C.; RODRIGUES, H. V. M.; MELO, A. V.; PIRES, L. P. M.; CANCELLIER, E. L. Adubação orgânica na linha de semeadura no desenvolvimento e produtividade de milho. *Semina*, v. 32, n.2, p. 527-540, 2011.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L.; CECON, P. R. Avaliação do estado nutricional do nitrogênio em batateira por meio de polifenóis e clorofila na folha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n.4, p.584-592, 2012.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). *Perspectivas para a agropecuária*. Brasília: CONAB, 2013. 104 p.

DENG, B., LI, Y., XU, D.; YE, Q.; LIU, G. Nitrogen availability alters flavonoid accumulation in *Cyclocarya paliurus* via the effects on the internal carbon/nitrogen balance. *Scientific Reports*, v. 9, n. 2, p. 2370, 2019.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

FERNANDES, E. C.; MOTAVALLI, P. P.; CASTILLA, C.; MUKURUMBIRA, L. Management control of soil organic matter dynamics in tropical land-use systems. *Geoderma*, v. 79, n. 1-4, p. 49-67, 1997.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. *Nutrição mineral de plantas*. SBCS, Viçosa: SBCS, 2006. 432 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area measurements. *Agronomy Journal*, v. 3, n. 61, p. 477-479, 1969.

Instituto Agrônomo (IAC). *Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas*. São Paulo: IAC, 2013. 16 p.

KUMARI, S. Effects of nitrogen levels on anatomy, growth, and chlorophyll content in sunflower (*Helianthus Annuus L.*) Leaves. *Journal of Agricultural Science*, v. 9, n. 8, p. 208, 2017.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SOFIATTI, V.; SAMPAIO, L. R.; BELTRÃO, N. E. M. Casca de mamona associada a quatro fontes de matéria orgânica para a produção de mudas de pinhão-mansão. *Revista Ceres*, v. 58, n. 2, p. 232-237, 2011.

LIU, T.; REN, T.; WHITE, P. J.; CONG, R.; LU, J. Storage nitrogen co-ordinates leaf expansion and

photosynthetic capacity in winter oilseed rape. *Journal of Experimental Botany*, v. 69, n. 12, p. 2995–3007, 2018.

MALUF, H. J. G. M.; SOARES, E. M. B.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; SILVA, L. O. G. Decomposição de resíduos de culturas e mineralização de nutrientes em solo com diferentes texturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 6, p. 1681-1689, 2015.

MODESTO JUNIOR, M. S.; ALVES, R. N. B. *Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria*. Brasília: EMBRAPA, 2016. 20 p.

REETZ, H. F. *Fertilizantes e o seu uso eficiente*. São Paulo: ANDA, 2017. 178 P.

RIGON, G. J. P.; CAPUANI, S.; Brito J. F. B.; BELTRÃO, N. E. M.; FRANÇA, F. V. Utilização da torta de mamona e de fontes de nitrogênio durante o crescimento inicial do algodão colorido. *Enciclopédia biosfera*, v.7, n.13, p. 42, 2011.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P.; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, n. 2, p. 221-230, 2017.

SCOTTI CAMPOS, P.; THU, P. T. A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to osmotic stress. *Plant Science*, v. 130, n.1, p. 11-18, 1997.

SILVA, R. M.; ARAÚJO, L. S.; CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; ALMEIDA, A. C. S. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro em sucessão ao milho solteiro e consorciado com guandu anão. *Revista agroambiente*, v. 9, n. 4, p. 361-368, 2016.

STIPP, S.R.; CASARIN, V. *A importância do enxofre na agricultura brasileira*. IPNI, 2010. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/DC0BC5ED983257A90000D6B51/\\$FILE/Page14-20-129.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/DC0BC5ED983257A90000D6B51/$FILE/Page14-20-129.pdf)>. Acesso: 21 maio 2020. CC2127A

VIEIRA, R. M.; MEDEIROS, A. A.; AMORIM, J. A.; FONSECA, F. C. E. Influência do nitrogênio sobre as características da fibra, retenção frutífera e componentes da produção do algodoeiro. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras*, v.7, n.1, p.641-646, 2003.

Contribuição dos autores: Miriam da Silva Tavares realizou os experimentos e a escrita científica. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão orientou e contribuiu com apoio logístico para a realização da pesquisa.

Fontes de financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.