

EFEITOS, EM VASOS, DO TIPO DE SOLO, UMIDADE E FERTILIZANTES NO ALGODOEIRO HERBÁCEO¹

MARIA LINDOMAR DE LIMA², JOSÉ ERNESTO SOUTO BEZERRA³
e HUGO O. CARVALHO⁴

RESUMO - Avaliam-se os efeitos, em vasos, do tipo de solo, umidade e fertilização no comportamento do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), em casa de vegetação. Os ensaios foram conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNP) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Campina Grande, PB. O delineamento experimental foi um fatorial 2 x 3 x 4 inteiramente casualizado, com três repetições. Estudou-se o efeito das variáveis solo, umidade e fertilização na germinação, altura de plantas e produção do algodão. Os solos usados foram um Bruno Não-Cálcico e um Podzólico Vermelho-Amarelo, com características marcadamente diferentes. Os níveis de água corresponderam a 40, 60 e 80% do espaço poroso cheio com água. Quatro níveis de fertilização foram testados (testemunha, 150 ppm de N, 150 ppm de P e 150 ppm de N + 150 ppm de P). A variedade de algodão usada foi a SU-0450/8909. A variável solo afetou somente a altura das plantas. A germinação, altura das plantas e produção aumentaram quando o conteúdo de água do solo foi incrementado de 40 a 60%. Níveis de água mais altos não proporcionaram maiores aumentos. A fertilização do solo prejudicou a germinação das sementes. Na altura das plantas e na produção, foi benéfica, obtendo-se as maiores no tratamento com fertilização NP. A resposta do algodão ao fósforo foi maior que a observada para o nitrogênio.

Termos para indexação: *Gossypium hirsutum* L., altura de plantas, solo Bruno Não-Cálcico, Podzólico Vermelho-Amarelo.

EFFECTS, IN VASE, OF SOIL TYPE, HUMIDITY AND FERTILIZATION ON HERBACEOUS COTTON PLANTS

ABSTRACT - The main objective of this work was to evaluate the effects, in vase, of soil type, humidity and fertilization on the development of cotton plants (*Gossypium hirsutum*, L.) under greenhouse conditions. The trial was conducted at the "Centro Nacional de Pesquisa do Algodão" (CNP) of the "Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária" (EMBRAPA), located at Campina Grande, Paraíba, Brazil. The experiment was planned in a factorial 2 x 3 x 4 completely random design with three replications, where the effect of the variables soil, humidity and fertilization on the germination, plant height and cotton production were studied. The soils studied were a "Noncalic Brown soil" and a "Red-Yellow Podzolic soil", both having quite different characteristics. The water levels used were 40, 60 and 80% of the porous space full of water. Four levels of fertilization were tested: (control, 150 ppm of N, 150 ppm of P, and 150 ppm of N + 150 ppm of P). The cotton cultivar used was SU-0450/8909. The soil variable affected only the plant height. Germination, plant height and production increased when the soil water content was incremented from 40 to 60%. Higher levels of water did not have much response. Fertilization harmed germination; however, on plant height and production it was highly beneficial, mainly with the NP treatment. The response of cotton to P application was greater than the response to N application.

Index terms: *Gossypium hirsutum* L., plant height, Noncalic Brown soil, Red-Yellow Podzolic soil.

INTRODUÇÃO

O algodão é um dos principais produtos agrícola-

las em vários estados do Nordeste, do ponto de vista econômico e social. Apresenta, em geral, baixo rendimento, mas há condições para cultura irrigada em diversas regiões. Nessas condições a água e os fertilizantes são os fatores de maior importância para a obtenção de alto rendimento e sucesso econômico.

Vários experimentos têm sido conduzidos para estudar o efeito das características do solo, umidade e fertilização na produção do algodoeiro. No entanto, não se dispõe de adequada informação que possa ser aplicada às condições do Nordeste

1. Aceito para publicação em 21 de julho de 1983.

Parte da dissertação de M.Sc. apresentada pelo primeiro autor a Universidade Federal da Paraíba.

2. Eng.^a Agr.^a, M.Sc., Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) - Caixa Postal 77, CEP 59300 - Caicó, RN.

3. Eng.^o Agr.^o, M.Sc., EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNP), Caixa Postal 174, CEP 58100 - Campina Grande, PB.

4. Eng.^o Agr.^o, Ph.D., Departamento de Engenharia Agrícola (UFPB) - Campus II, CEP 58100 - Campina Grande, PB.

do Brasil. Salter & Goode (1967); Singh et al. (1974), Shalhevet et al. (1976) e outros têm encontrado que existe uma relação direta entre a quantidade de água aplicada e a produção de algodão. Segundo Marany & Levi (1973), este seria mais sensível ao déficit de umidade nos primeiros estádios do período de crescimento, podendo-se economizar água mediante corte da irrigação, ao final deste. Entretanto, Meyer & Anderson (1952) informaram que a cultura é também muito sensível ao déficit hídrico na época da floração. Isto mostra a necessidade de se estudar o efeito do déficit d'água nos diferentes estádios fenológicos da cultura.

Estudos conduzidos com o objetivo de avaliar os efeitos da fertilização NPK, na produção de algodão, têm reportado resultados diferentes. Por um lado, tem-se encontrado que o fósforo é o elemento que regula a produção (Schmidt et al. 1958, Neves & Freire 1959, Verdade et al. 1966, Fuzzato & Cavaleri 1966). Por outro, Langh (1977) e Varshney (1977) encontraram uma alta resposta do algodão à fertilização nitrogenada e, praticamente nenhuma resposta à aplicação de P ou K ou de ambos.

A interação umidade do solo x fertilização é também bastante paradoxal. Assim, vários autores têm encontrado respostas desde insignificantes a altamente significativas quando o algodão é fertilizado com diferentes níveis, sob diferentes condições de umidade do solo (Black 1968, Singh 1974).

Observa-se, ainda, que a resposta do algodão aos fertilizantes e à umidade é diferente, dependendo das características do solo, tais como: textura, densidade, acidez, estrutura (Adams et al. 1942, Schmidt et al. 1958, Fuzzato & Cavaleri 1966).

O objetivo do presente trabalho foi estudar os efeitos, em vaso, do tipo de solo, quantidade de água, e fertilizantes, na produção do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L.), crescendo sob condições controladas de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Campina Grande, PB.

Dois tipos de solo foram usados: o Bruno Não-Cálcico

e Podzólico Vermelho-Amarelo, ambos provenientes do município de São Mamede, Patos, PB, região produtora de algodão. Os solos foram trazidos ao Centro e, com exceção das amostras destinadas à determinação da densidade aparente, os solos foram secos ao ar, destorroados, passados através de peneiras de 2 mm e analisados com respeito às suas propriedades físicas e químicas. A Tabela 1 apresenta algumas das características dos solos estudados.

Setenta e dois vasos de plástico, de 20 cm de profundidade e 4 kg de capacidade, nos quais não havia drenagem, foram levados a uma casa de vegetação e enchidos com cada um destes solos. Neles colocaram-se nove sementes de algodão herbáceo, variedade SU-0450/8909.

Além dos solos mencionados, foram testados três níveis de umidade: 40, 60 e 80% da porosidade total do solo cheia com água, e quatro com fertilização: testemunha, 150 ppm de N (NH_4NO_3), 150 ppm de P (KH_2PO_4), e 150 ppm de N + 150 ppm de P. O solo, quando estava com 40, 60 e 80% dos seus poros cheios com água, estava abaixo da capacidade de campo, na capacidade de campo e acima da capacidade de campo, respectivamente. A porosidade foi determinada a partir dos valores das densidades aparente e real. Nos tratamentos que receberam fertilização, 100 ppm foram aplicados com a primeira irrigação: o restante (50 ppm), no início da floração. O solo era irrigado diariamente, de forma a manter os níveis de umidade desejados. O controle da umidade foi feito gravimetricamente.

Dez dias após o plantio, determinou-se a percentagem de germinação e foi feito um desbaste, deixando-se duas plantas por vaso. Ao final do período de crescimento (135 dias após o plantio), retirou-se uma planta de cada vaso e mediu-se a altura de plantas e a produção do algodão.

O delineamento estatístico usado, foi um fatorial $2 \times 3 \times 4$, inteiramente ao acaso, com três repetições. As médias representativas dos diversos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5% e 1% de probabilidade (Gomes 1970).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da germinação de sementes, altura de plantas e algodão produzido em diferentes condições de solo, umidade e fertilização, são apresentados na Tabela 2. As análises de variância são apresentadas, resumidamente, na Tabela 3.

Germinação de sementes

A análise de variância dos resultados de germinação (Tabela 3) mostrou diferença significativa ao nível de 5% para o tratamento umidade e a 1% para fertilização. Não foi encontrada diferença

TABELA I. Características dos solos estudados.

Características	Unidade	Solo	
		Bruno Não-Cálcico	Podzólico Vermelho-Amarelo
Granulométrica			
areia	(%)	39,37	80,18
silte	(%)	19,87	7,01
argila	(%)	40,76	12,81
Classificação textural	(%)	argiloso	Franco arenoso
Densidade aparente	(g/cm ³)	1,30	1,64
Densidade real	(g/cm ³)	2,52	2,57
Porosidade	(%)	48,45	35,16
Umidade equivalente	(%)	24,00	12,74
Ponto de murcha perm.	(%)	15,51	6,50
Condutividade elétrica	(mmhos/cm)	0,25	<0,20
pH		7,00	7,10
Matéria orgânica	(%)	0,91	0,28
Fósforo assimilável	(mg/100 g)	2,49	0,74
Nitrogênio	(%)	0,05	0,02
Complexo sortivo			
- Cálcio	(meq/100 g)	5,80	2,60
- Magnésio	(meq/100 g)	6,10	2,80
- Sódio	(meq/100 g)	1,11	0,18
- Potássio	(meq/100 g)	0,23	0,15
- Hidrogênio	(meq/100 g)	0,28	0,33
- Alumínio	(meq/100 g)	0,05	0,00
Saturação de bases	(%)	99,07	91,76
Sódio trocável	(%)	3,13	4,76

significativa para o tratamento solo nem para as interações.

A Tabela 4 mostra os valores médios da germinação de sementes, em função das características do solo, umidade e fertilização e o teste de Duncan aplicado a estes. Observa-se que quando o nível de água aumentou de 40 para 60% houve aumento estatisticamente significativo na germinação (15,28%), fato atribuído a que as sementes precisam de uma determinada umidade para germinar (Passos 1978). O aumento do conteúdo de água do solo de 60 a 80% não produziu variação significativa na germinação. Observa-se, ainda, que as germinações em presença de fertilizantes foram significativamente menores daquelas obtidas nas testemunhas. As germinações obtidas individualmente, quando se aplicou qualquer nível de fertilização, não foram estatisticamente diferentes entre si. Uma possível razão da diminuição da germinação com a fertilização pode ser atribuída a que os ferti-

lizantes aplicados, em solução, provavelmente teriam diminuído o potencial total de água do solo, com uma conseqüente diminuição da absorção de água pelas sementes (Bari et al. 1973, Prisco & Leary 1970, Aguiar & Pereira 1980).

Altura das plantas

A análise de variância dos resultados de alturas de plantas (Tabela 3) indica que existem diferenças significativas a 5% para o tratamento solo e a 1% para os tratamentos de umidade e fertilização, e que não existe diferença significativa para as interações.

A Tabela 5 mostra os valores médios das alturas das plantas quando submetidas aos diferentes tratamentos e o teste de Duncan aplicado a estes. Observa-se que a média das alturas de plantas proporcionada pelo solo Bruno Não-Cálcico foi significativamente maior que a obtida no Podzólico Ver-

TABELA 2. Germinação, altura de plantas e produção do algodão nos solos Bruno Não-Cálcico e Podzólico Vermelho-Amarelo submetidos a níveis de umidade e fertilização.

Tratamento	Germinação (%)	Altura das plantas (g/pl)	Produção (g/pl)	
Bruno Não-Cálcico				
Testemunha	$\theta = 40\%$	89,00	27,33	0,00
	$\theta = 60\%$	92,66	33,90	0,00
	$\theta = 80\%$	100,00	34,90	0,00
150 ppm N	$\theta = 40\%$	67,00	29,08	0,83
	$\theta = 60\%$	85,33	40,33	2,91
	$\theta = 80\%$	78,00	38,43	2,65
150 ppm P	$\theta = 40\%$	70,66	29,40	2,86
	$\theta = 60\%$	78,00	44,10	3,32
	$\theta = 80\%$	74,33	42,00	3,15
150 ppm N +	$\theta = 40\%$	63,00	44,16	8,59
	$\theta = 60\%$	80,33	49,50	15,17
	$\theta = 80\%$	67,00	49,00	11,71
Podzólico Vermelho-Amarelo				
Testemunha	$\theta = 40\%$	89,00	22,33	0,00
	$\theta = 60\%$	96,33	31,16	0,00
	$\theta = 80\%$	96,33	32,66	0,00
150 ppm N	$\theta = 40\%$	81,66	26,43	0,70
	$\theta = 60\%$	85,33	37,71	2,26
	$\theta = 80\%$	85,33	39,93	1,32
150 ppm P	$\theta = 40\%$	78,00	26,88	2,38
	$\theta = 60\%$	92,66	36,33	2,88
	$\theta = 80\%$	81,66	39,65	2,61
150 ppm N +	$\theta = 40\%$	51,66	43,66	8,36
150 ppm P	$\theta = 60\%$	70,66	45,00	10,21
	$\theta = 80\%$	81,66	48,00	8,92

TABELA 3. Análise de variância da germinação, altura de plantas e produção do algodão em função do solo, umidade e fertilização.

Causas da variação	G. L.	Quadrados médios		
		Germinação	Altura das plantas	Produção
Solo (S)	1	106,170	130,039*	2,981
Umidade (U)	2	506,302*	215,996**	15,961**
Fertilização (F)	3	1.939,496**	1.165,483**	386,501**
Interação S x U	2	0,198	2,603	0,653
Interação S x F	3	79,427	9,937	0,878
Interação U x F	6	49,881	7,363	5,494**
Interação S x U x F	6	85,869	9,243	0,581
Resíduo	48	113,772	25,081	1,070

* Significante ao nível de 5% de probabilidade

** Significante ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 4. Valores médios da germinação de sementes de algodão em função do solo, umidade e fertilização.

Tratamento	Germinação ²
Solo	%
Bruno Não-Cálcico	78,77 a
Podzólico Vermelho-Amarelo	82,52 a
Umidade	
$\theta^1 = 40\%$	73,74 b
$\theta = 60\%$	85,16 a
$\theta = 80\%$	83,04 a
Fertilização	
Testemunha	94,00 a
150 ppm N	80,44 b
150 ppm P	79,22 b
150 ppm N + 150 ppm P	69,05 b

¹ θ = Porosidade cheia com água.

² = Percentagens de germinação seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 5. Valores médios das alturas das plantas de algodão, 135 dias após o plantio, em função do solo, umidade e fertilização.

Tratamento	Altura ¹
Solo	(cm)
Bruno Não-Cálcico	38,51 a
Podzólico Vermelho-Amarelo	35,82 b
Umidade	
$\theta^2 = 40\%$	31,15 b
$\theta = 60\%$	39,75 a
$\theta = 80\%$	40,57 a
Fertilização	
Testemunha	30,30 c
150 ppm N	35,32 b
150 ppm P	36,39 b
150 ppm N + 150 ppm P	46,55 a

¹ θ = Porosidade cheia com água.

² Alturas de plantas seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes ao nível de 1% de probabilidade.

melho-Amarelo. Como observado na Tabela 1, o primeiro solo possui maiores quantidades de nutrientes que o Podzólico Vermelho-Amarelo. O efeito da umidade, nas alturas das plantas, foi igual ao observado na germinação das sementes. Pode-se pensar que o nível de 40% de umidade foi insuficiente para proporcionar um adequado desenvolvimento das plantas.

O teste de Duncan indica que as aplicações de N ou P produziram alturas de plantas não estatisticamente diferentes entre si, mas foram estatisticamente superiores à testemunha. A aplicação de N mais P foi estatisticamente superior aos demais tratamentos, proporcionando as maiores alturas de plantas.

Produção

A análise de variância efetuada para estes resultados (Tabela 3) permite verificar que tanto os tratamentos umidade e fertilização como a interação destes dois foram significativas a 1% de probabilidade. Para maior esclarecimento nas análises dos resultados, apresenta-se, na Tabela 6, um desdobramento da interação umidade x fertilização, com o correspondente teste de Duncan.

Observa-se que, para qualquer nível de umidade, a produção de algodão aumentou com a fertilização. Embora estatisticamente superior somente no nível de umidade mais baixo, a resposta do algodão ao P foi maior que ao N. Observa-se, ainda, que a fertilização mais completa (N + P) sempre proporcionou uma produção estatisticamente maior que aquela obtida quando se aplicou unicamente N ou P. Estes resultados são coerentes com os obtidos por Silva et al. (1969), Hassan et al. (1975) e Suriyapan (1978).

Com exceção do tratamento que não recebeu fertilização (testemunha), obteve-se um acréscimo na produção de algodão quando o conteúdo de água do solo aumentou de 40 a 60%. No entanto, um maior aumento do conteúdo de água (80%) significou uma redução da produção. O teste de Duncan, aplicado às médias da produção, permite observar que quando o conteúdo de água do solo aumentou de 40 a 60% obteve-se um acréscimo significativo de 54,88%. No entanto, quando aumentou de 60 a 80%, houve um decréscimo signi-

TABELA 6. Interação umidade x fertilização na produção de algodão (em g/plantas).

Fertilização umidade	Testemunha	150 ppm N	150 ppm P	150 ppm N		Média
					150 ppm P	
		(g/pl)				
$\theta = 40\%$	0,00 e ¹	0,77 e	2,62 d	8,48 c	2,97 b	
$\theta = 60\%$	0,00 e	2,59 d	3,10 d	12,69 a	4,60 a	
$\theta = 80\%$	0,00 e	1,99 d	2,88 d	10,32 b	3,80 b	
Média	0,00 d	1,78 c	2,87 b	10,50 a		

¹ Produções seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si ao nível de 1% de probabilidade.

ficativo de 17,39%, deixando evidente que a elevação no conteúdo de água do solo de 60 a 80% não é recomendável para condução de material em casa de vegetação. O fato de o tratamento com 60% de espaço poroso cheio com água render a máxima produção, deve-se, provavelmente, a que este conteúdo de água foi equivalente àquele de "capacidade de campo" para os dois solos, proporcionando, assim, adequadas condições de umidade e aeração, coisa que seguramente não ocorreu com os outros níveis de água.

Finalmente, é importante indicar que o fato de a testemunha não produzir deve-se provavelmente a que a quantidade de solo usada no estudo (3,9 kg), foi insuficiente para um crescimento da planta sob condições de baixa fertilização. Similares considerações foram feitas por Maurice & Hans, em 1967.

CONCLUSÕES

1. Com exceção das alturas de plantas, as características do solo não afetaram o comportamento do algodão herbáceo.

2. Germinação, altura de plantas e produção aumentaram quando a porosidade do solo cheia com água foi incrementada de 40 a 60%. Nível de água mais alto não proporcionou maiores aumentos.

3. A fertilização do solo afetou negativamente a germinação das sementes.

4. O efeito da fertilização nas alturas de plantas e produção foi altamente benéfico, obtendo-se sempre o nível ótimo com a fertilização NP.

5. Verificou-se que a resposta do algodão à aplicação de P foi maior que para a aplicação de N.

6. Será dada continuidade ao estudo, avaliando-se o efeito do volume de solo dos vasos no comportamento do algodão e posteriormente verificando no campo os resultados obtidos na casa de vegetação.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, F.; VEIHMEYER, F.J. & BROWN, L.N. Cotton irrigation investigations in São Joaquim Valley, California, Agricultural Experimental Station, 1942. (Bull., 668).
- AGUIAR, P.A.A. & PEREIRA, J.R. Efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de melão. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 15(2):207-10, 1980.
- BARI, G.; HAMLID, A. & AWAN, M.A. Effect of salinity on germination and seedling growth of rice varieties. *Intern. Rice Com. Newsl.*, 22:32-6, 1973.
- BLACK, C.A. Soil plant relationships. 2. ed. New York, John Wiley, 1968. 792p.
- FUZATTO, M.G. & CAVALERI, P.A. Correlação entre a resposta do algodoeiro à adubação fosfatada e a análise química do solo, nas condições do Estado de São Paulo. *Bragantia*, 25:407-20, 1966.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 4. ed. São Paulo, Nobel, 1970. 430p.
- HASSAN, N.A.K.; AZZIZ, F. & CULAYMAN, A. Response of cotton to different levels of nitrogen and phosphorus fertilization. In: CONFERENCE OF THE SCIENTIFIC RESEARCH FORMULATION, 2, Iraq, 1975.
- LANGH, D.A. A review of research into the effects of nitrogen on yield of seed cotton in Rhodesia. *Rhod. Agric. J.*, 74(5):131-7, 1977.
- MARANY, A. & LEVI, B. Effect of soil moisture during every stage of development on growth and yields of cotton plants. *Agron. J.*, 65:637-41, 1973.
- MAURICE, F. & HANS, B. The soil - plant system. New York, Academic Press, 1967. 358p.
- MEYER, B.S. & ANDERSON, D.B. Plant physiology. 2. ed. Toronto, D. Van Nostrand, 1952. 784p.

- NEVES, O.S. & FREIRE, E.S. Adubação do algodoeiro: ensaio com diversos adubos fosfatados. *Bragantia*, 18:295-318, 1959.
- PASSOS, S.M. de G. Algodão. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1978. 424p.
- PRISCO, J.T. & LEARY, J.W. Osmotic and toxic affects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. *Turrialba*, 20:177-84, 1970.
- SALTER, P.Y. & GOODE, J.E. Crop response to water at different stages growth. England, CAB, 1967. 246p.
- SCHMIDT, W.; NEVES, O.S. & FREIRE, E.S. Adubação do algodoeiro: ensaio com azoto, fósforo e potássio em "campos de cooperação". *Bragantia*, 17:363-409, 1958.
- SHALHEVET, J.; MANTELL, A.; BELORAI, H. & SHIMSHI, D. Water requirements of field and orchard crops. *Bet Dagan, s.ed.*, 1976. p.131-56.
- SILVA, N.M.; FUZZATTO, M.G.; GRIDI-PAPP, I.L.; FERRAZ, C.A.M. & CIA, E. Comportamento de duas variedades paulistas de algodoeiro em diferentes níveis de adubação P e K. Campinas, Instituto Agrônomo, 1969. 15p.
- SINGH, A.; DAYAL, R. & SARAF, N.H. Effect of application of irrigation water at different moisture regimes on "H y 4" cotton. *Indian J. Agric. Sci.*, 44(5): 314-6, 1974.
- SURIYAPAN, P.; BOONYUNG, B. & DOMNUS, P. The influence of nitrogen and phosphorus on growth, yield and fibre quality of irrigated cotton in dry season. *Tahu H. Agric. Sci.*, 11:11-4, 1978.
- VARSHNEY, D.P. Effect of nitrogen, phosphorus, and potash alone and in various combinations on the development and yield of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *J. Res. Ser. 1, India*, 14:34-7, 1977.
- VERDADE, F.C.; VENTURINI, W.R. & AMARAL, A.Z. Correlação entre a produção e o teor de fósforo no solo. *Bragantia*, 25:51-55, 1966.