

RESPOSTA DA ALFAFA A DIVERSAS DISPONIBILIDADES DE ÁGUA¹

GILBERTO ROCCA DA CUNHA², HOMERO BERGAMASCHI³,
JOSÉ ROBERTO FALEIRO DE PAULA⁴ e JOÃO CARLOS DE SAIBRO³

RESUMO - Foi conduzido um estudo com alfafa (*Medicago sativa* L.), cv. Crioula, semeada em junho de 1989 (0,3 m entre linhas), na EEA-UFRGS, em Eldorado do Sul (30°5'S, 51°39'W e 46 m de altitude), visando avaliar a resposta da cultura à água e sua interação com a disponibilidade de fósforo (P). Foi usado o sistema de aspersão em linha, envolvendo seis lâminas de água (chuva + irrigação) e três doses de P (uma, duas e quatro vezes a recomendada, de acordo com a análise de solo). O rendimento total de matéria seca (MS) de quatro cortes do período de primavera-verão, de outubro de 1989 a março de 1990, foi significativamente afetado somente pela espessura da lâmina de água. O rendimento total de MS relacionado com a maior espessura da lâmina de água (716,9 mm) foi 125% superior ao rendimento total relacionado com a menor espessura da lâmina de água (524,4 mm). Pela análise de regressão foi ajustada uma função de resposta, modelo quadrático ($r^2 = 0,996$), relacionando a MS da alfafa, no período de primavera-verão, à lâmina de água.

Termos para indexação: déficit hídrico, função de produção, irrigação, *Medicago sativa*, sistema de aspersão em linha, fertilização com fósforo.

ALFALFA RESPONSE TO DIFFERENT WATER AVAILABILITY

ABSTRACT - A study was made with alfalfa (*Medicago sativa* L.), cv. Crioula, planted in June 1989 (0.3 m between lines), in the EEA-UFRGS, in Eldorado do Sul (30°5'S, 51°39'W at 46 m of altitude) in order to evaluate the response of the culture to water, and its interaction with the availability of phosphorus (P). The aspersion in line system was utilized, involving six water layers (precipitation + irrigation) and three doses of P (one, two and four times the recommended in accordance with soil analysis). The total yield of dry matter from four cuttings in the spring-summer period, from October 1989 until March 1990, was significantly affected only by the thickness of the water layer. The total yield of dry matter associated with the greater thickness of the water layer (716.9 mm) was 115% superior to the total yield associated with the lesser thickness of the water layer (524.4 mm). A quadratic ($r^2 = 0.996$) crop-water production function was developed, equating the dry matter of alfalfa, in the spring-summer period, to the water layer.

Index terms: hydric deficit, production function, irrigation, *Medicago sativa*, line-source sprinkler system, phosphorus fertilization.

¹ Aceito para publicação em 5 de dezembro de 1997.

Extraído da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à UFRGS-Faculdade de Agronomia.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPq), Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: cunha@cnpt.embrapa.br

³ Eng. Agr., Dr., UFRGS-Faculdade de Agronomia, Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

⁴ Eng. Agr., M.Sc., UFRGS-Programa de Pós-graduação em Agronomia.

INTRODUÇÃO

O manejo de práticas agrícolas visando à criação de interações positivas entre os diversos insumos empregados no processo produtivo constitui uma das preocupações de pesquisa aplicada, em todo o mundo. Neste particular, salientam-se os estudos que visam à otimização do uso da água e dos fertilizantes, pela potenciabilidade de elevação do rendimen-

to das culturas e pelos reflexos financeiros no custo final de produção.

Dentre as forrageiras cultivadas no Rio Grande do Sul, a alfafa destaca-se por suas características de rendimento, qualidade e valor econômico da forragem como uma espécie de alto potencial de resposta à adoção de tecnologia. Salientam-se, como fatores que podem afetar a expressão do potencial de rendimento da alfafa, a acidez do solo - freqüentemente com níveis tóxicos de Al e Mn -, a baixa fertilidade natural, principalmente de P e de N, e a ocorrência de déficits hídricos durante o período de primavera-verão (Saibro, 1985).

Em diversos locais tem-se observado resposta no rendimento de matéria seca de alfafa à disponibilidade hídrica (Carter & Sheaffer, 1983; Undersander, 1987; Durand et al., 1989) e à adubação fosfatada (Maltby & McShane, 1988).

Particularmente no Rio Grande do Sul, destaca-se a importância da disponibilidade hídrica (Paim et al., 1975), da adubação fosfatada e da correção do solo (Kornelius, 1972; Silva, 1973; Pons et al., 1974) sobre o rendimento da alfafa, cv. Crioula, bastante utilizada no nosso meio.

O sistema de aspersão em linha (line-source sprinkler system), proposto por Hanks et al. (1976), tem sido amplamente utilizado em trabalhos que envolvem o estudo simultâneo do fator água e de outro fator aplicado perpendicularmente aos níveis de água, adequando-se para o desenvolvimento de funções de produção. Dentre os trabalhos que empregaram este método, pode-se citar os de Couto et al. (1981), em milho; Martins (1983), em soja; Hang & Evans (1985), em girassol e cártamo; Frizzone (1986), em feijoeiro; Faria & Olitta (1987), em trigo e Braunworth Junior & Mack (1989), em milho-doce.

O presente trabalho visou estudar a resposta da alfafa, cv. Crioula, à disponibilidade de água e de P, durante o período de primavera-verão, no sul do Brasil, pelo sistema de aspersão em linha.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do

Sul (EEA-UFRGS), localizada em Eldorado do Sul (latitude: 30°5'S, longitude: 51°39'W e altitude: 46 m), durante 1989/90.

O clima da região é subtropical úmido com verão quente (Cfa), conforme a classificação de Köppen, e o solo da área pertence à Unidade de Mapeamento Arroio dos Ratos, consistindo em um Plintossolo.

A cultura utilizada foi a alfafa (*Medicago sativa*), cv. Crioula, de primeiro ano, semeada em 09.06.89, em uma área experimental de 90 m x 60 m, com linhas no espaçamento de 0,30 m, cujos detalhes de preparo do solo, semeadura, adubação, manejo de cortes e de controle de pragas e plantas daninhas podem ser encontrados em Cunha (1991).

Sobre a área experimental foi delineado um experimento no sistema de aspersão em linha (line-source sprinkler system), conforme proposta de Hanks et al. (1976), envolvendo seis lâminas de água e três doses de P.

A aplicação de água foi feita mediante irrigação por aspersão no centro da área experimental (direção leste-oeste), com aspersores em espaçamento de 6 m, compostos por tubulações de aço galvanizado, diâmetro de 100 mm, com tubos de saída para aspersores (1,5 m de altura e 50 mm de diâmetros), operando simultaneamente doze aspersores, a uma pressão de serviço da ordem de 5,0 kgf/cm².

As irrigações foram realizadas na forma de tratamentos, sempre que o potencial da água no solo monitorado com tensiômetros de Hg atingia níveis inferiores a -0,06 MPa, na profundidade entre 0,15 m e 0,30 m, no tratamento de lâmina de água imediatamente ao lado da linha de aspersores (ℓ6).

Foram realizadas cinco irrigações: duas antes do primeiro corte, e as três restantes, uma antes de cada corte, aplicando-se, como dose máxima (ℓ6), o consumo indicado por um lisímetro de balança (Cunha, 1991), instalado junto à linha de aspersores. As demais lâminas ficavam determinadas pelo gradiente de distribuição de água do sistema de aspersão em linha.

A medição das lâminas de água aplicadas pelo sistema de aspersão em linha foi feita por meio de um conjunto de latas coletoras (151,75 cm² de superfície), colocadas em entrelinhas alternadas da cultura, de modo transversal à linha de aspersores, na posição central do experimento.

As doses de P testadas foram aplicadas integralmente na base, e compreenderam uma vez (130 kg/ha de P₂O₅), duas vezes (260 kg/ha de P₂O₅) e quatro vezes (520 kg/ha de P₂O₅) a recomendação de Siqueira et al. (1987), sendo constituídas por 1/3 de superfosfato simples e 2/3 de superfosfato triplo.

Na Fig. 1, é apresentado o esquema do delineamento experimental, cujas parcelas tinham dimensões de 8,0 m x 2,7 m e área útil de 5,6 m², com a distribuição dos tratamentos, repetições e a posição dos aspersores e da linha de pluviômetros coletores usados nas medições das lâminas de água.

Para o rendimento total de matéria seca (secagem em estufa a 65°C), foram feitos quatro cortes no período de 24 de outubro de 1989 a 1º de março de 1990, realizados a 0,075 m acima do solo, quando a cultura apresentava em torno de 10% de floração, cujas datas foram 28.11.89, 26.12.89, 29.01.90 e 01.03.90.

No caso do rendimento total de matéria seca produzida nos quatro cortes, foi feita a análise de variância seguindo a decomposição de causas de variação, para o sistema de aspersão em linha, conforme a proposição de Hanks et al. (1980). Nesta decomposição, foram testados efeitos de repetição (r), doses de fósforo (P), lâminas de água (ℓ) e lados (L), em conjunto com as interações $P \times \ell$, $P \times L$, $\ell \times L$ e $P \times \ell \times L$. A discriminação entre médias, quando detectada significância pelo F-teste, foi feita pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Visando validar os resultados do modelo de análise de variância univariado, proposto por Hanks et al. (1980), aplicou-se o modelo de análise multivariada, apresentado por Johnson et al. (1983), para o sistema de aspersão em linha, considerando como causas de variação doses de P, lâminas de água (ℓ) e a interação $P \times \ell$.

Pela análise de regressão, foram ajustadas funções de resposta entre o rendimento de matéria seca no período de primavera-verão e a lâmina de água (precipitação pluvial + irrigação), selecionando-se o modelo de maior coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância relativas ao rendimento de matéria seca produzida pela alfafa, englobando o total de quatro cortes realizados entre 24.10.89 e 01.03.90, seguindo o modelo convencional do sistema de aspersão em linha (Hanks et al., 1980) e o modelo multivariado matricial (Johnson et al., 1983), mostraram como altamente significativo (a 1% de probabilidade) o efeito da lâmina de água e como significativo (a 5% de probabilidade) o efeito da interação entre a lâmina de água (ℓ) e a posição em relação à linha de aspersores (L).

A falta de significância relativamente ao efeito de doses de P é explicada com base nos tratamentos utilizados, que consistiram em uma, duas e quatro vezes a dose recomendada pela análise de solo. Com esses tratamentos, procurava-se explorar o incremento de resposta ao P, vislumbrado de acordo com a recomendação de Siqueira et al. (1987), cuja base de recomendação é a máxima eficiência econômica, e não, a máxima eficiência técnica. Também buscava-se estudar o efeito residual de adubações fosfatadas elevadas em cortes seqüenciais e em anos posteriores, uma vez que a alfafa é uma cultura perene, cuja reposição anual de P, além das dificuldades operacionais, pode acarretar prejuízos às coroas das plantas, quando da incorporação do adubo ao solo. Portanto, tratando-se de rendimento dos quatro primeiros cortes, era previsível um pequeno, ou até não detectável efeito de P, sendo possível a ocorrência de diferenciação entre os tratamentos em cortes, ou mesmo, em anos subsequentes.

No tocante à significância da interação entre as lâminas de água e a posição em relação à linha de aspersores (lado), cabe destacar que pode ser atribuída à limitação inerente ao sistema de aspersão em linha, já apontada quando da sua proposição por Hanks et al. (1976), que consiste na alteração da simetria de distribuição de água através dos aspersores, pela ação do vento.

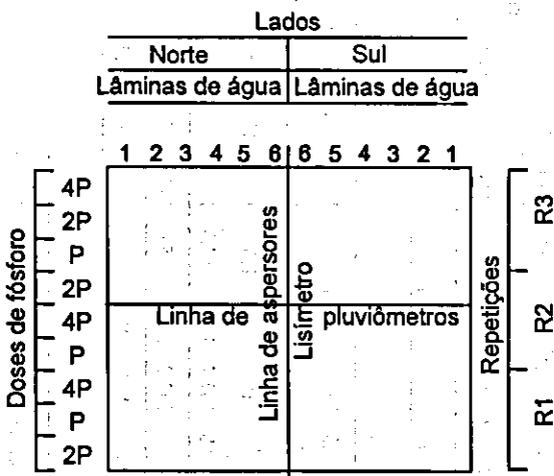


FIG. 1. Esquema do delineamento experimental, com distribuição dos tratamentos, repetições, posição dos aspersores e da linha de pluviômetros. Alfafa, cv. Crioula. Eldorado do Sul, 1989/90.

No presente estudo, a suplementação de 192,4 mm, considerando-se a diferença da lâmina $\ell 6$ para a $\ell 1$, manejada com uma irrigação por corte, exceto o primeiro corte, que recebeu duas irrigações, promoveu o aumento de 125% no rendimento de matéria seca do período de primavera-verão. Em relação à precipitação ocorrida, a lâmina $\ell 1$ recebeu 24 mm de água a mais no total da estação de crescimento, em decorrência de dificuldades operacionais em manejar as aplicações de irrigação, de modo que $\ell 1$ não foi constituída apenas pela precipitação pluvial.

O efeito do déficit hídrico, implicando redução do rendimento da alfafa, cv. Crioula, no Rio Grande do Sul, havia sido anteriormente destacado por Silva (1973) e Paim et al. (1975).

A partir do rendimento de matéria seca dos cortes de primavera-verão (24.10.89 a 01.03.90) e das lâminas de água aplicadas (precipitação pluvial + irrigação), foi escolhido, em função do maior coeficiente de determinação ($r^2 = 0,996$), o seguinte modelo matemático como de melhor ajuste aos dados experimentais:

$$Y = -17052,600 + 53,345X - 0,03223X^2$$

TABELA 2. Efeito da lâmina de água (ℓ) e da posição em relação ao sistema de aspersão em linha (lado) sobre o rendimento de matéria seca (kg/ha) da alfafa, cv. Crioula, produzida entre 24 de outubro de 1989 e 1ª de março de 1990, correspondendo a quatro cortes de primavera-verão. Eldorado do Sul, RS.

Lâmina de água	Lado ¹	
	Norte	Sul
	----- kg/ha -----	
$\ell 6$	A 4.269,50 ab	A 4.975,24 a
$\ell 5$	A 4.342,40 a	A 4.143,07 b
$\ell 4$	A 3.864,43 ab	A 3.535,23 bc
$\ell 3$	A 3.519,22 bc	A 3.102,15 c
$\ell 2$	A 2.815,12 cd	B 2.333,19 d
$\ell 1$	A 2.138,05 d	A 1.962,62 d

¹ Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

sendo:

Y = rendimento de matéria seca no período de primavera-verão (kg/ha) e
x = lâmina de água (mm).

Na Fig. 2, observa-se a curva de relação entre o rendimento de matéria seca da alfafa e a lâmina de água, denotando o ajuste dos pontos observados ao modelo quadrático.

Modelos quadráticos de ajuste de rendimento das culturas à lâmina de água, particularmente em estudos que empregaram o sistema de aspersão em linha, têm sido frequentes; dentre esses, citam-se Frizzone (1986), em feijoeiro, Hang & Evans (1985), em girassol, Faria & Olitta (1987), em trigo, e Braunworth Junior & Mack (1989), em milho-doce.

O método do sistema de aspersão em linha, embora visto como mais adequado à geração de superfícies de resposta em locais que apresentam uma estação de estiagem definida, mostrou-se apto para a obtenção de funções de respostas das culturas à quantidade de água, no sul do Brasil, mesmo não tendo uma situação definida de ausência prolongada de chuvas, a exemplo do que ocorreu no período que abrangeu esse experimento.

Quanto às limitações operacionais do sistema, destaca-se a influência do vento na distorção do padrão de similaridade das lâminas aplicadas em posi-

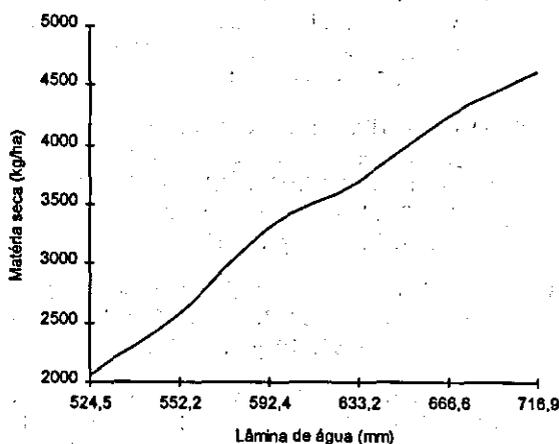


FIG. 2. Rendimento de matéria seca (kg/ha) da alfafa, cv. Crioula, produzida entre 24 de outubro de 1989 e 1ª de março de 1990, correspondendo a quatro cortes de primavera-verão, em função da lâmina de água (mm). Eldorado do Sul, RS.

ções análogas nos dois lados da linha de aspersores. Recomenda-se que as irrigações sejam feitas em condições de calma.

CONCLUSÕES

1. A baixa disponibilidade hídrica durante o período de primavera-verão limita o rendimento da cultura da alfafa, no sul do Brasil.
2. A alfafa não responde a doses de fósforo acima da recomendada, quando se considera apenas a produção no primeiro ano.

REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. *Agroclima da estação experimental agrônômica/UFRGS*. Porto Alegre: UFRGS, 1990. 1v.
- BOLGER, T.P.; MATCHES, A.G. Water-use efficiency and yield of sainfoin and alfalfa. *Crop Science*, Madison, v.30, n.1, p.143-148, 1990.
- BRAUNWORTH JUNIOR, W.S.; MACK, H.J. Crop-water production functions for sweet corn. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount Vernon, v.114, n.2, p.210-215, 1989.
- CARTER, P.R.; SHEAFFER, C.C. Alfalfa response to soil water deficits. I. Growth, forage quality, yield, water-use, and water-use efficiency. *Crop Science*, Madison, v.23, p.669-675, 1983.
- COUTO, L.; COSTA, E.; GARCIA, J.C. Função de produção e eficiência no uso da água pela cultura do milho. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 26., 1981, Porto Alegre. Ata... Porto Alegre: IPAGRO, 1981. p.105-108.
- CUNHA, G.R. *Evapotranspiração e função de resposta à disponibilidade hídrica em alfafa*. Porto Alegre: UFRGS, 1991. 197p. Tese de Doutorado.
- DURAND, J.L.; LEMAIRE, G.; GOSSE, G.; CHARTLER, M. Analyse de la conversion de l'énergie solaire en matière sèche par un peuplement de luzerne (*Medicago sativa* L.) soumis à un déficit hydrique. *Agronomie*, Paris, v.9, p.599-607, 1989.
- FARIA, R.T. de; OLITTA, A.F.L. Lâmina de irrigação na cultura do trigo utilizando o sistema de "aspersão em linha". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.9/10, p.999-1008, set./out. 1987.
- FRIZZONE, J.A. *Funções de resposta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação*. Piracicaba: USP-ESALQ, 1986. 133p. Tese de Doutorado.
- HANG, A.N.; EVANS, D.W. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower. *Agronomy Journal*, Madison, v.77, p.588-592, 1985.
- HANKS, R.J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V.P.; WILSON, G.D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.40, p.426-429, 1976.
- HANKS, R.J.; SISSON, D.V.; HURST, R.L.; HUBBARD, K.G. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, p.886-889, 1980.
- JOHNSON, D.E.; CHAUDHURI, U.N.; KANEMASU, E.T. Statistical analysis of line-source sprinkler experiments and other nonrandomized experiments using multivariate methods. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.47, p.309-312, 1983.
- KORNELIUS, E. *Influência da calagem e da adubação fosfatada e potássica na produção de alfafa (*Medicago sativa* L.) em seis solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: UFRGS, 1972. 126p. Tese de Mestrado.
- MALTBY, J.E.; McSHANE, T.J. Fertility studies on soil of the Lower Burdekin Area North Queensland. I. Lower Burdekin River Elliot River Area. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*, Brisbane, v.45, n.2, p.65-75, 1988.
- MARTINS, S.R. *Respuestas fisiológicas y agronómicas de la soja (*Glycine max* (L.) Merr.) al déficit hídrico: El agua como función de producción*. Madrid: Univ. Politécnica de Madrid, 1983. 247p. Tesis Doctoral.
- PAIM, N.R.; SAIBRO, J.C.; BARRETO, I.L. Influência de densidades e métodos de semeadura no estabelecimento de alfafa (*Medicago sativa* L.) em solo ácido recuperado da depressão central, no Rio Grande do Sul. I. Produção, índice de crescimento da cultura e índice de área foliar. *Revista da Faculdade de*

- Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v.1, n.1, p.97-144, 1975.
- PONS, A.L.; STAMMEL, J.G.; KORNELIUS, E. Efeito residual da calagem e da adubação fosfatada sobre a produção de alfafa (*Medicago sativa* L.) num latossolo bruno distrófico do Rio Grande do Sul. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.10, n.2, p.211-226, 1974.
- SAIBRO, J.C. Produção de alfafa no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 7, 1984, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1985. p.61-106.
- SILVA, V.P.S. Efeito da aplicação de calcário, fósforo e potássio no estabelecimento e produção de alfafa (*Medicago sativa* L.) num solo laterítico bruno avermelhado eutrófico. Porto Alegre: UFRGS, 1973. 101p. Tese de Mestrado.
- SIQUEIRA, O.J.F.; SCHERER, E.E.; TASSINARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELLA, J.F.; TEDESCO, M.J.; MILAN, P.A.; ERNANI, P.R. *Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1987. 100p.
- UNDERSANDER, D.J. Alfafa (*Medicago sativa* L.) growth response to water and temperature. *Irrigation Science*, Berlin, v.8, p.23-33, 1987.