

EFEITO DO FÓSFORO E DA IRRIGAÇÃO NO RENDIMENTO DE SEMENTES DE ALFAFA¹

LUCIA BRANDÃO FRANKE e JOÃO CARLOS DE SAIBRO²

RESUMO - O trabalho foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul, RS, tendo como objetivo identificar os efeitos de níveis de disponibilidade hídrica (ETr/ETm = 0,80 a 0,85; 0,68 a 0,76; 0,46 a 0,67) e de doses de fósforo (130 e 520 kg/ha de P₂O₅) sobre o rendimento de sementes de alfafa (*Medicago sativa* L.) cv. Crioula e seus componentes. Nenhum dos componentes do rendimento de sementes foi afetado pelas doses de P (P>0,05). Apenas o número de legumes por inflorescência e o peso de 1.000 sementes foram beneficiados por uma menor disponibilidade hídrica, o que, aliado à tendência a um maior número de sementes por inflorescência, determinou maior rendimento de sementes, o qual variou de 120 a 178 kg/ha. Outros fatores, mormente problemas de polinização, limitaram o rendimento, por sua ação sobre a porcentagem de flores fecundadas e sobre o número de sementes por legume.

Termos para indexação: produção de sementes, número de inflorescências, peso de sementes, níveis de fósforo, disponibilidade hídrica, *Medicago sativa*.

EFFECT OF PHOSPHORUS AND OF IRRIGATION ON ALFALFA SEED YIELD

ABSTRACT - A field trial was carried out in the Summer 1991, at the Estação Experimental Agronômica of the UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brazil, to identify the effects of three soil water availability levels as determined by the ratio ETr/ETm (0.85 to 0.80; 0.76 to 0.68; 0.67 to 0.46) and of two rates of phosphorus (130 and 520 kg/ha P₂O₅) on seed yield components of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cv. Crioula. Seed yield components were not significantly affected by phosphate (P>0.05). The lower soil water availability level benefited most the number of pods per inflorescence and seed size; this improved condition, coupled with the tendency for an increased number of seeds per inflorescence, determined higher seed yield of plants under the lower soil water availability level. Seed yield varied from 120 up to 178 kg/ha, on average. Lack of pollination, among other non-determined factors, might account for the low alfalfa seed yield response, by limiting the percentage of flowers originating a pod and particularly, on number of seeds per pod.

Index terms: seed production, number of inflorescence, flower head, seed weight, phosphorus levels, soil water availability, *Medicago sativa*.

¹ Aceito para publicação em 25 de junho de 1997.

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

² Eng. Agr., Dr., Faculdade de Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 91501-970 Porto Alegre, RS.

INTRODUÇÃO

O manejo da água para produção de sementes é específico, e não necessariamente concorda com o manejo para produção de forragem (Zaleski, 1956). A cultura da alfafa visando produção de sementes deve ter restrições na disponibilidade de água, para limitar o crescimento vegetativo e favorecer o desenvolvimento dos estádios de floração e frutificação.

Peyremort (1987) e Aletru & Hacquet (1990), em estudos de irrigação em alfafa para produção de sementes, usaram o índice hídrico ETr/ETm, que relaciona o consumo de água ocorrido, com o máximo exigido pela cultura. De acordo com esta relação, valores próximos de 1 e menores que 1 indicam alta disponibilidade de água ou tendência ao déficit hídrico, respectivamente. Segundo eles, esta relação deve permanecer de 0,70 a 0,80 durante o período vegetativo, 0,60 a 0,70 durante o florescimento, e 0,70 a 0,80 após a floração, para maiores rendimentos de sementes. Ou seja, os mais altos rendimentos são obtidos quando ocorre certa limitação hídrica no início do florescimento; e a umidade do solo, a partir de então, deve ser suficiente somente para manter as plantas em boas condições e favorecer o enchimento das sementes

(Taylor et al., 1959; Aletru & Hacquet, 1990). Frequentemente, quando ocorrem altas produções de forragem, o rendimento de sementes normalmente diminui por causa do acúmulo de material verde, do atraso e redução na produção de flores, e da baixa secreção de néctar, que torna as flores de alfafa menos atrativas às abelhas e flores mais túrgidas, dificultando a liberação da coluna estaminal contida na quilha das flores (Pedersen, 1957; Rincker et al., 1987). A interrupção da irrigação pelo menos 15 dias antes da colheita é de vital importância para não criar um microclima propício à deterioração das vagens, à debulha ou à germinação das sementes na vagem (Aletru & Hacquet, 1990).

O P é um dos elementos mais importantes no rendimento de sementes, afetando principalmente o número de flores formadas. Seu principal efeito está em proporcionar maior desenvolvimento vegetativo, e, em consequência, o número de sítios para formação de inflorescências aumenta. Poucos trabalhos com alfafa têm sido encontrados na literatura relacionando disponibilidade de P com produção de sementes. No entanto, trabalhos realizados com outras culturas mostram que o P afeta a maioria dos componentes do rendimento de sementes de diferentes espécies de leguminosas. Huber (1954), citado por Carambula (19-), constatou que a aplicação do P e o adequado suprimento de Ca são algumas das exigências para assegurar um bom rendimento de sementes de *Trifolium pratense*. Segundo este autor, o P e o Ca promovem a iniciação floral e o desenvolvimento das flores. Efeitos positivos com a aplicação de P também foram obtidos por Khein (1965), citado por Carambula (19-), que verificou um aumento no florescimento e no número de sementes/m² de 0 a 130 em *Lathyrus pratensis*, e de 30 a 2.665, em *Trifolium pratense*. Galgoczi (1963), citado por Carambula (19-), concluiu que fertilizantes contendo P aumentaram o peso de 1.000 sementes de trevo branco. Por outro lado, segundo Snaydon (1972), a falta de água no solo limita a absorção de P em alfafa, sendo que o teor de P nas plantas aumenta linearmente com a elevação da umidade do solo. Constatou também que o suprimento de água afeta a solubilidade do P no solo, a habilidade das raízes em extrair o P, e o crescimento relativo das plantas, em que cada um desses efeitos pode influenciar a concentração de P nas plantas. De acordo com Kilmer et al. (1960), o conhecimento das relações entre umidade do solo e a nutrição mineral das plantas é essencial para uma utilização eficiente da água e dos nutrientes. Estes autores observaram que a concentração de P, em todas as oito espécies estudadas, inclusive a alfafa, aumentou à medida em que se elevou o suprimento de água. Zadeh (1989) observou interação significativa entre doses de P (0, 45, 90 e 135 kg/ha de P₂O₅) e intervalos de irrigação (4, 7 e 10 dias) sobre o rendimento de sementes de *Trifolium alexandrinum*, em três solos diferentes. O autor concluiu que a maior dose de P foi a melhor, e que os mais altos rendimentos foram obtidos com intervalos de irrigação de quatro dias nos solos arenosos e sete dias nos solos argilosos.

A alfafa é a espécie de leguminosa forrageira mais destacada para produção de feno no sul do Brasil, mas a produção local de sementes não atende à demanda, o que gera contínua dependência de importação. Foi conduzido o presente trabalho com o objetivo de identificar os efeitos da disponibilidade hídrica do solo e de doses de P sobre o rendimento de sementes de alfafa cv. Crioula e seus componentes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, localizada na Depressão Central do RS (30° 5' 52" S de latitude, 51° 39' 8" W de longitude), em junho de 1989. O clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido de verão quente), conforme a classificação climática de Köppen (Moreno, 1961), que predomina na maior parte da região sul do Brasil.

O solo (Plintossolo) foi corrigido com 2,5 e 2,0 t/ha de calcário dolomítico, em agosto de 1988 e junho de 1989, respectivamente, e adubado com 30 kg/ha de N e 760 kg/ha de K₂O, em junho de 1989. Foram aplicadas, em cobertura, doses de 100 kg/ha de N em 20/10/89 e 50 kg/ha de N em 13/2/90 e 9/5/90, usando uréia como fonte de N. Além disso, foram aplicados micronutrientes em cobertura em 20/10/89 e 6/12/90, nas quantidades de 20 kg/ha de bórax, 12 kg/ha de sulfato de zinco e 3 kg/ha de molibdato de amônio, em cada aplicação.

A semeadura da alfafa cultivar Crioula foi realizada em junho de 1989, em linhas com espaços de 0,30 m, mediante semeadora manual Planet Jr, com sementes submetidas a inoculação com *Rhizobium meliloti*.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com seis repetições, e os tratamentos, arranjados em parcelas subdivididas. Os tratamentos consistiram da combinação de dois níveis de irrigação (subparcelas): irrigado (I), e intermediário (INT), obtidos em função do gradiente estabelecido a partir de uma linha central de aspersores, além da precipitação pluvial (NI - não irrigado); e de dois níveis de adubação fosfatada (parcela), correspondentes à dose recomendada segundo os resultados da análise química do solo (P=130 kg/ha de P₂O₅), e quatro vezes a dose (4P= 520 kg/ha de P₂O₅), doses, essas, aplicadas por ocasião da semeadura, e constituídas por 1/3 de

superfosfato simples e 2/3 de superfosfato triplo. Apesar de as irrigações serem realizadas em condições de calma, evitando que o vento alterasse a distribuição da água, sempre ocorria deriva. Assim, o tratamento NI recebeu, além da precipitação pluvial, água resultante da deriva. As irrigações eram realizadas quando o potencial da água no solo atingia níveis inferiores a -0,06 MPa, na profundidade de 0,30 m, sendo suspensas quando um lisímetro de balança, instalado no centro da área experimental, indicava estar o solo próximo à capacidade de campo (-0,01 MPa). Foram instalados coletores perpendiculares à linha de aspersores, para a medição das lâminas d'água. Baterias de tensiômetros foram instaladas próximo ao lisímetro, na parcela com nível máximo de irrigação, para o acompanhamento da umidade em diferentes profundidades do solo (Fig. 1). Utilizou-se o índice hídrico ETr/ETm para quantificar o volume de água colocado em cada tratamento (Tabela 1). Para isto, foi determinado o balanço hídrico proposto por Thornthwaite & Mather (1955), calculando-se a evapotranspiração máxima diária (Etm), conforme descrito em Cunha (1991), e considerando a capacidade de água disponível (CAD) igual a 50 mm.

A partir de 28/11/90, iniciaram-se as determinações dos componentes do rendimento de sementes. Em 2/1/91, um intenso ataque de lagartas (*Anticarsia gemmatalis* e *Rachiplusia nü* Huebner, 1818 Lep., Noctuidae; Guenné, 1852, Lep., Noctuidae) danificou completamente as plantas, fazendo-se necessário um corte de uniformização da vegetação em 7/1/91 e o reinício das avaliações a campo para a determinação dos componentes do rendimento de sementes. Assim, as avaliações anteriores ao ataque de lagartas foram desprezadas.

O número de inflorescências por área foi determinado em dois segmentos de 30 cm de linha, ao acaso, dentro da área útil. O número de flores por inflorescência e o número de legumes por inflorescência foram determinados pela contagem das flores e dos legumes, respectivamente, de 10 inflorescências intactas, retiradas da mesma amostra destinada à contagem do número de inflorescências por área. O número de sementes por inflorescência foi estimado pela relação entre o rendimento de sementes por inflorescência e peso de 1.000 sementes. O número de sementes por legume foi obtido pela divisão entre o número de sementes por inflorescência e o número de legumes por inflorescência, ambos na data da colheita. O peso de 1.000 sementes foi determinado por contagem e pesagem, o rendimento de sementes por inflorescência foi estimado pela divisão do rendimento de sementes por área e pelo número de inflorescências maduras na data da colheita. A porcentagem de flores fecundadas foi obtida mediante a divisão do número de legumes por inflorescência na colheita e o número máximo de flores por inflorescência (pico) observado em 21 de fevereiro. Efetuou-se a colheita em 19/3/91, quando mais de 85% dos legumes encontravam-se maduros, determinando-se o rendimento de sementes por área.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância referente ao modelo experimental de parcelas subdivididas (Steel & Torrie, 1980), e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

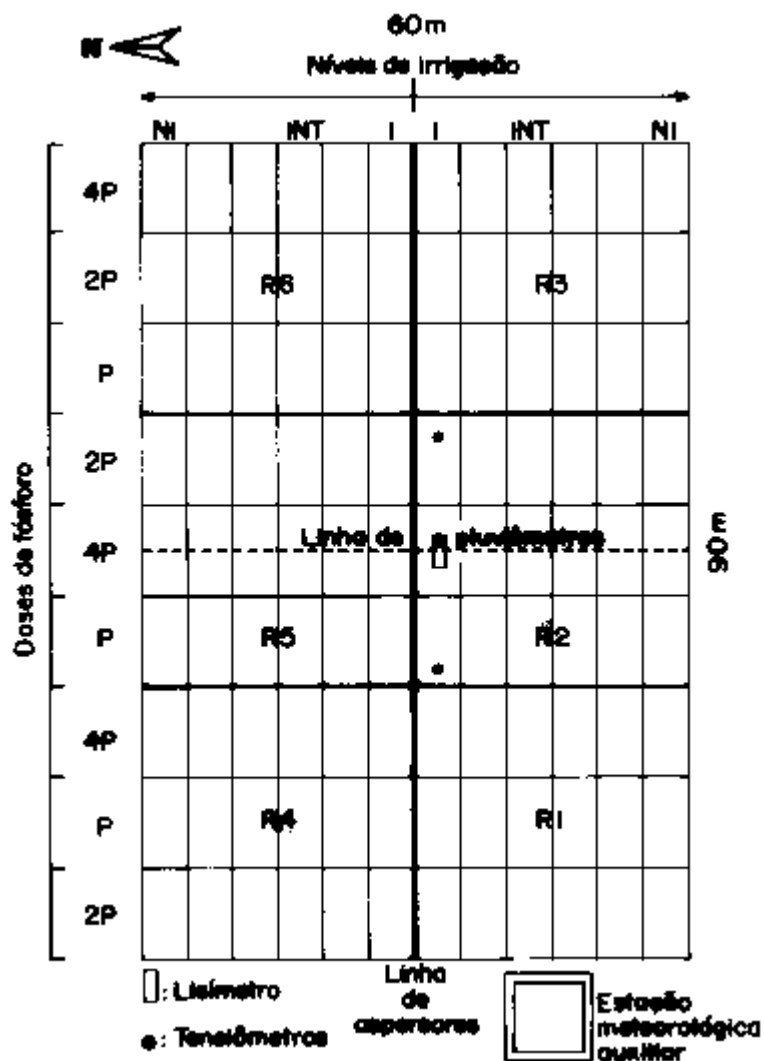


FIG. 1. Esquema de campo dos tratamentos de interação água x P, nas seis repetições (R). Os níveis de água são paralelos à linha de irrigação (I, INT e NI). As doses de P são casualizadas em cada um dos três blocos e aplicadas em faixas perpendiculares à linha de irrigação (P, 2P e 4P). EEA/UFRGS. Eldorado do Sul, RS, 1991.

TABELA 1. Soma térmica, precipitação pluvial, quantidade de água aplicada e índice hídrico ETr/ETm, em cada nível de irrigação, durante o período experimental (janeiro a março de 1991). EEA-UFRGS.

Período	Soma térmica ¹ (graus-dia)	Precip. (mm)	Quantidade de água aplicada (mm)			Etr/ETm		
			I	INT	NI ²	I	INT	NI
7/1 a 31/1 ³	25 a 582	44,7	131,8	70,3	23,5	0,80	0,68	0,46
1/2 a 21/2 ⁴	582 a 1107	66,4	100,8	43,4	17,8	0,84	0,67	0,51
22/2 a 4/3 ⁵	1107 a 1376	47,5	33,6	15,1	6,4	0,85	0,76	0,67
Total		158,6	266,2	128,8	47,7			

¹ $\Sigma t = \Sigma (t_{\max} + t_{\min})/2$; temperatura base = 0°C.

² Corresponde a deriva.

³ Data do corte até início das primeiras inflorescências.

⁴ Início das primeiras inflorescências até pico de florescimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de sementes, em função das doses de P e dos níveis de irrigação, é mostrado na Tabela 2. A análise da variância constatou como significativo o efeito da irrigação, e não-significativo, o efeito das doses de P.

A manutenção de um nível intermediário (INT) da relação ETr/ETm (0,68 a 0,76), ao longo do ciclo, foi o tratamento que proporcionou os maiores rendimentos de sementes, embora não diferindo significativamente do tratamento não-irrigado (NI - ETr/ETm=0,46 a 0,67). Os componentes que mais contribuíram para o rendimento foram o número de inflorescência/área, o número de legumes/inflorescência, e peso de 1.000 sementes (Tabela 2).

TABELA 2. Efeito da disponibilidade hídrica e de doses de P sobre o rendimento de sementes de alfafa cv. Crioula e seus componentes. Média de seis repetições. EEA-UFRGS, 1991.

Determinações	Doses de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Disponibilidade hídrica ¹		
		I	INT	NI
Nº de inflorescências/ 30 cm de linha (pico)	130	191,2a	227,7a	150,8a
	520	244,8a	240,3a	184,8a
Nº de flores/inflorescência (pico)	130	20 ^a	22a	24a
	520	26 ^a	23a	22a
% de flores fecundadas	130	33 ^a	33a	32a
	520	26 ^a	36a	33a
Nº de legumes/inflorescência (colheita)	130	6,4b	7,2	7,5a
	520	6,5b	7,3	7,2a
Nº de sementes/legume	130	0,6a	0,7a	0,8a
	520	0,5a	0,5a	0,9a
Nº de sementes/inflorescência	130	4,1a	4,7a	5,9a
	520	3,4a	3,9a	6,3a
Peso de 1000 sementes (g)	130	1,69b	1,87a	1,94a
	520	1,76b	1,86ab	1,94a
Rendimento de sementes/ inflorescência (mg)	130	6,8a	8,8a	11,6a
	520	6,2a	7,3a	12,1a
Rendimento de sementes/ área (kg/ha)	130	63b	130a	120a
	520	107b	178a	161a

¹ Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sem irrigação, a relação ETr/ETm foi baixa durante todo o período experimental. O rendimento de sementes poderia ter sido mais alto se tivesse havido maior disponibilidade de água no período vegetativo, o que teria proporcionado aumento na quantidade de hastes, e, conseqüentemente, maior número de inflorescências/área. O peso de 1.000 sementes, o número de sementes/legume e o número de legumes/inflorescência, foram os componentes que mais contribuíram para o rendimento de sementes, sob baixa disponibilidade hídrica (Tabela 2).

A irrigação em níveis mais elevados (I)(ETr/ETm = 0,80 a 0,85) determinou rendimentos significativamente mais baixos. Neste tratamento, o prolongamento da irrigação até 28 de fevereiro permitiu maior disponibilidade de água durante todo o período de florescimento, e favoreceu o desenvolvimento vegetativo, o qual conduziu a uma maior produção de matéria seca, prejudicando sensivelmente alguns componentes do rendimento, tais como o número de legumes/inflorescência e o peso de 1.000 sementes. Com esta maior disponibilidade hídrica, observou-se também a retomada do crescimento vegetativo após 21 de janeiro. Isto, segundo Hampton et al. (1989) e Tabora & Hill (1991), ocasiona um desvio de fotoassimilados do “sink” reprodutivo para o vegetativo, reduzindo a quantidade de botões florais, flores, e, conseqüentemente, o rendimento de sementes.

Ao analisar os valores de ETr/ETm na Tabela 1 e comparar com os valores ideais apontados por Peyremort (1987), Hacquet (1988) e Aletru & Hacquet (1990) quanto à produção de sementes de alfafa, constata-se que

o tratamento INT foi o que mais se aproximou destes limites, à exceção do período vegetativo, embora o valor observado (0,68) esteja bem próximo dos valores ideais (0,7 a 0,8) (Tabela 2). No entanto, em todos os tratamentos, os rendimentos de sementes foram muito baixos, mas próximos dos rendimentos médios obtidos em alfafa no estado do Rio Grande do Sul, seguramente inferiores a 100 kg/ha (Saibro, 1985). Segundo Medeiros et al. (1981), o rendimento médio de sementes de alfafa cv. Crioula produzido por um grupo de pequenos e médios produtores de Ijuí, RS, ficou em torno de 180 kg/ha, muito abaixo dos obtidos nos países desenvolvidos, como, por exemplo, Austrália (700 kg/ha), mas ainda assim são considerados atrativos.

Efeitos prejudiciais à produção de sementes pela realização do corte tardio - em 7/1/91 - contribuíram para os baixos rendimentos de sementes. O corte tardio contribuiu para diminuição do rendimento de sementes, decorrente da indução da floração, uma vez que coincidiu com condições térmicas e fotoperiódicas apropriadas ao florescimento e reduziu o período vegetativo. Nesse caso, a soma térmica (Tabela 1) necessária para o florescimento foi atingida mais cedo, e a estação de crescimento foi menor, 73 dias apenas, quando o adequado é um período de crescimento maior que 100 dias, segundo Doull (1967). Portanto, as plantas não tiveram tempo suficiente para produzir maior número de gemas vegetativas, e apresentaram, provavelmente, menor número de folhas/haste, menor número de inflorescências/haste, menor número de flores/haste, menor área foliar, e, conseqüentemente, menor interceptação da radiação e menos carbono disponível para a produção de sementes.

O espaçamento entre linhas pode também ter contribuído para os baixos rendimentos de sementes. Alguns autores (Dovrat et al., 1969; Humphreys, 1979) demonstraram que os melhores espaçamentos para produção de sementes variam entre 60 a 150 cm. Neste trabalho, foi utilizado espaçamento de 30 cm, porque, originalmente, o experimento tinha como objetivo avaliar produção de forragem (Cunha, 1991). Este espaçamento fez com que as plantas mais irrigadas (tratamento I) se apresentassem muito unidas, entrelaçadas, com tendência ao acamamento, dificultando a penetração da luz, menor temperatura e maior umidade no interior da vegetação.

Embora tenha havido tendência de maiores rendimentos de sementes na dose mais alta de P, as diferenças não foram significativas ($P > 0,05$). Verifica-se, no entanto, que o rendimento médio de sementes na dose maior de P foi de 149 kg/ha, e na dose menor, 104 kg/ha, o que representa um aumento de 30%. Do ponto de vista prático, esta é uma diferença importante nos rendimentos obtidos no campo. Então, é provável que a dose recomendada para produção de forragem (P) não seja suficiente para a maximização do rendimento de sementes.

Nenhum dos componentes medidos foi afetado significativamente ($P > 0,05$) pela adubação fosfatada, embora diversos autores (Huber, 1954; Galgoczi, 1963; Khein, 1965, citados por Carambula [19-]) tenham observado que este nutriente afeta de forma apreciável os componentes do rendimento de sementes de várias leguminosas forrageiras.

O número de inflorescências/área nos picos é apresentado na Tabela 2. Embora tenha havido uma tendência de maior emissão de inflorescências/área nos tratamentos I e INT, e na dose maior de P, não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) entre picos. Analisando o número de inflorescências/área em todas as datas de amostragem, observa-se que ocorreram diferenças significativas ($P \leq 0,05$) apenas quanto aos níveis de irrigação nas datas de 30/1 e 4/3 (Tabela 3). De modo geral, nestas duas datas o maior acúmulo de inflorescências ocorreu nos tratamentos I e INT. Houve um atraso de, aproximadamente, duas semanas, na emissão das inflorescências no tratamento NI, em ambas as doses de P, em comparação com os tratamentos irrigados, contrariando dados observados na literatura, que citam que plantas sob determinados níveis de estresse hídrico tendem, normalmente, a antecipar seu ciclo. Este atraso em NI ocorreu, talvez, porque a velocidade de crescimento das plantas foi mais limitada, e, além disso, a deficiência hídrica não foi tão severa e duradoura a ponto de a planta adotar mecanismos para garantir a perpetuação da espécie (Durand et al., 1989).

TABELA 3. Número de inflorescências por 30 cm de linha de alfafa cv. Crioula, em função de disponibilidade hídrica e doses de P, em sete épocas de amostragem. Média de seis repetições. EEA-UFRGS. 1991.

Data	Doses de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Disponibilidade hídrica ¹			Média
		I	INT	NI	
23/1	130	4,5Aa	12,2Aa	5,2Aa	7,3
	520	14,3Aa	6,2Aa	3,7Aa	8,0
30/1	130	29,7Aa	60,8Aa	30,5Aa	40,3
	520	48,0Aa	44,5Aa	6,0Bb	32,8
7/2	130	97,8Aa	119,3Aa	69,8Aa	95,6
	520	115,2Aa	83,5Aa	49,2Aa	82,6
21/2	130	141,2Aa	144,7Aa	107,8Aa	131,2
	520	150,3Aa	162,8Aa	110,3Aa	141,1
4/3	130	191,2Aba	218,0Aa	65,7Ba	158,3
	520	167,2Aa	229,5Aa	104,3Aa	167,0
13/3	130	187,7Aa	227,7Aa	133,0Aa	182,8
	520	244,8Aa	219,0Aa	148,2Aa	204,0
19/3	130	171,7Aa	185,7Aa	150,8Aa	169,4
	520	199,5Aa	240,3Aa	184,8Aa	208,2
Média	130	117,7	138,3	80,4	112,1
Média	520	134,2	140,8	86,6	120,5
Média geral		125,95	139,55	83,5	116,3

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para cada data de avaliação, e maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Uma semana antes da colheita das sementes, verificou-se uma queda no número de inflorescências nos tratamentos I e INT, mas bem mais acentuada no tratamento I. Esta queda pode ter sido causada pela alta umidade que ficou no interior do dossel, e por um maior acamamento, provocando perdas na colheita. O número de inflorescência/área teria sido maior nos tratamentos I e INT, se estas tivessem sido colhidas em 13/3.

As datas determinadas mediante essa variável podem ser indicativas da época de colheita. Assim, em relação aos tratamentos I e INT, a melhor data de colheita foi 13 de março (cerca de 66 dias após o corte, ou 1.602 graus-dia), e em relação a NI, 19 de março (72 dias após o corte, ou cerca de 1.747 graus-dia), embora neste tratamento ainda não tivesse sido detectada uma queda no número de inflorescências/área.

O número de flores/inflorescência variou entre 20 e 25,7 na data de máxima emissão (21 de fevereiro) (Tabela 2), ficando acima dos obtidos por Doull (1967) e Abu-Shakra et al. (1969), que foram em torno de 17,7 e 10,3 flores/inflorescência, respectivamente. Segundo Bolton (1962), o número de flores/inflorescência em alfafa pode variar de 5 a 50, sendo um caráter extremamente variável e fortemente influenciado pelo ambiente (fotoperíodo, intensidade de luz, temperatura e umidade do solo).

Embora alguns trabalhos tenham evidenciado a importância da umidade do solo sobre o número de flores/inflorescência (Grandfield, 1945; Tysdal, 1946), nas condições do presente experimento a disponibilidade de água não provocou efeito significativo ($P > 0,05$) sobre este componente.

A porcentagem de flores fecundadas não foi afetada pelos tratamentos e foi baixa (26 a 36%) (Tabela 2), o que é considerado normal em alfafa, tendo em vista que, em média, 40% das flores são polinizadas mas apenas 25% transformam-se em legumes. Estas perdas de flores polinizadas ocorrem por questões de ordem fisiológica, tais como, problemas hormonais (ou seja, as flores formadas mais cedo inibem e provocam o aborto de flores formadas mais tarde), estresse hídrico, altas e baixas temperaturas. Segundo Cohen et al. (1972), a baixa porcentagem de legumes formados nas plantas com alta intensidade de florescimento pode ser explicada pela limitada quantidade de glicídios não-estruturais nas raízes, disponíveis para a formação de sementes. Esta baixa porcentagem de legumes formados, contudo, pode também estar relacionada a condições

desfavoráveis para a polinização, as quais aumentavam a abscisão de flores, maior incidência de doenças foliares, ou outros fatores desconhecidos que envolvem a formação da semente.

O número de legumes/inflorescência variou de 7,1 a 9,7 nas datas de maior emissão, com um valor médio de 8,4, ficando bem próximos dos resultados de Abu-Shakra et al. (1969), que obtiveram variação de 6,3 a 10,9, e Grandfield (1945), que obteve uma média de 6,0.

Na data da colheita houve diferença significativa apenas quanto aos níveis de irrigação, em que maior quantidade de legumes/inflorescência foi obtida nos tratamentos NI e INT (Tabela 2). É provável que o forte acamamento das plantas observado no tratamento I, que produziu maior quantidade de matéria seca, sobretudo na dose maior de P, tenha sido a causa da menor formação de legumes/inflorescência, neste tratamento.

O número de sementes/legume variou de 0,5 a 0,9, ou seja, menos de uma semente foi produzida por legume, independentemente dos tratamentos, o que indica um provável abortamento de óvulos fecundados e é, provavelmente, o maior responsável pelo baixo rendimento de sementes (Tabela 2).

Em alfafa, segundo Martin (1915) e Cooper (1935), citados por Taylor et al. (1959), o número de óvulos por flor varia entre 10 e 18, mas somente 1 a 6 óvulos se tornam sementes após a fertilização, e, em altas produções, somente uma média de 3 ou 4 sementes são produzidas por legume. Grandfield (1945) obteve uma média de 1,6 sementes por legume, em alfafa. Este baixo número de sementes/legume sinaliza para a existência de outros fatores mais limitantes que os tratamentos impostos, não detectados neste trabalho, atuando desde a fase de polinização ou fecundação até a colheita, evidenciando a necessidade de novas pesquisas para elucidar as causas do reduzido número de sementes/legume.

O número de sementes/inflorescência é uma variável dependente do número de flores/inflorescência, da condição destas flores na época da polinização e fecundação e do número e eficiência dos insetos polinizadores. Ou seja, o número de sementes/inflorescência depende do número de flores/inflorescência e do número de flores que foram fecundadas. Assim sendo, o efeito não-significativo dos tratamentos sobre este componente do rendimento já era esperado, uma vez que eles também não afetaram os parâmetros citados. Além disso, independentemente dos tratamentos, o número de sementes/inflorescência foi muito baixo, o que significa que outro fator mais limitante que a disponibilidade hídrica e a adubação fosfatada estaria atuando, como por exemplo, problemas de polinização. Embora tenham-se colocado duas colméias próximo à área, com o objetivo de proporcionar polinização mais eficiente, havia a possibilidade de atração das abelhas por outras culturas - tais como o trevo branco -, presentes em áreas adjacentes.

O número de sementes/inflorescência foi muito baixo em todos os níveis de irrigação, mas, embora não-significativo, houve tendência de melhores resultados no tratamento NI. Isto também foi observado no componente número de sementes/legume (Tabela 2). A irrigação até 28 de fevereiro, quando a cultura se encontrava em pleno florescimento, certamente contribuiu, principalmente no tratamento I, para um ambiente pouco atrativo às abelhas, especialmente às coletoras de pólen, com riscos de ataque de moléstias e de insetos nocivos, e, conseqüentemente, pobre em legumes e sementes. O maior crescimento vegetativo nos tratamentos I e INT favoreceu o surgimento de novas hastes, reduzindo o suprimento de assimilados disponíveis para a formação da semente. Este fato já havia sido observado por Tysdal (1946), o qual constatou que o excessivo crescimento vegetativo da alfafa induziu o acamamento das plantas, limitando a proporção de sementes formadas, de forma mais acentuada que a do número de flores.

Quanto ao peso de 1.000 sementes, a análise da variância revelou significância ($P \leq 0,05$) em relação a níveis de irrigação. O maior peso de 1.000 sementes foi obtido de plantas que receberam menos água, porém não diferiu do tratamento intermediário, com cerca de 1,94 e 1,86 g, respectivamente (Tabela 2). Estes resultados não diferem muito dos observados por diversos autores citados por Hanson et al. (1988) e Nuernberg et al. (1990), com pesos de 1.000 sementes de alfafa em torno de 2,1 a 1,8 g, respectivamente. Abu-Shakra et al. (1969), no entanto, obtiveram 1.000 sementes de alfafa pesando até 2,3 g.

A irrigação prolongada e excessiva no tratamento I, quando um grande número de legumes estava sendo formado, afetou negativamente o enchimento das sementes, reduzindo seu peso. Outros autores (Pedersen et al., 1972; Clifford, 1979) também constataram que a maior disponibilidade de água no solo durante o enchimento da semente reduziu seu peso.

Houve uma tendência de maiores rendimentos de sementes/inflorescência no tratamento NI (Tabela 2). O rendimento de sementes/inflorescência é uma variável altamente dependente do número de flores/inflorescência; entretanto, esta dependência não foi verificada no presente trabalho. Embora o tratamento NI tenha apresentado menor número de inflorescências/área e o tratamento INT, baixo número de

sementes/legume, a forte tendência de um maior número de sementes/legume no tratamento NI e a presença de sementes de peso significativamente mais elevado nos tratamentos NI e INT determinaram maior rendimento de sementes/inflorescência nestes dois tratamentos. Este tipo de compensação nos componentes do rendimento tem sido largamente demonstrado em trabalhos experimentais (Zaleski, 1961). É bem provável que o diferimento muito tardio (7/1) tenha sido uma das principais causas do baixo rendimento de sementes/inflorescência. Os maiores rendimentos de sementes/inflorescência são obtidos, em geral, naquelas inflorescências formadas mais cedo, o que é plenamente ratificado na bibliografia (Zaleski, 1961; Clifford & Anderson, 1980).

CONCLUSÕES

1. O rendimento de sementes de alfafa e seus componentes não são afetados pela adubação fosfatada.
2. A menor disponibilidade hídrica aumenta o rendimento de sementes.
3. O maior rendimento de sementes obtido sob condições de menor disponibilidade hídrica está associado principalmente ao maior número de legu-mes/inflorescência e ao maior peso de 1.000 sementes.
4. O reduzido número de sementes/legume e a baixa porcentagem de flores fecundadas são os componentes que determinam diminuições no rendimento de sementes.

REFERÊNCIAS

- ABU-SHAKRA, S.; AKHTAR, M.; BRAY, D.W. Influence of irrigation interval and plant density on alfalfa seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, p.569-571, 1969.
- ALETRU, J.; HACQUET, J. Conduite de l'irrigation de la luzerne porte-graine. **Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences. Bulletin**, Angus, n.111, p.14-17, 1990.
- BOLTON, J.L. **Alfalfa; botany, cultivation, and utilization**. London: Leonard Hill, 1962. 474p.
- CARAMBULA, M. **Produccion de semillas de plantas forrajeras**. Montevideo: Hemisferio Sur, [19-]. 518p.
- CLIFFORD, P.T.P. Effect of closing date on potential seed yield from "Grasslands Huia" and "Grasslands Pitau" white clovers. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v.7, p.303-306, 1979.
- CLIFFORD, P.T.P.; ANDERSON, A.C. Red clover seed production: research and practice. In: LANCA-SHIRE, J.A. (Ed.). **Herbage seed production**. Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1980. p.76-79. Proceedings of Conference Held at Lincoln College, Canterbury, New Zealand, 13-15 November, 1979.
- COHEN, Y.; BIELORAI, H.; DOVRAT, A. Effect of timing of irrigation on total nonstructural carbohydrate level in roots and on seed yield of alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Crop Science**, Madison, v.12, p.634-636, 1972.
- CUNHA, G.R. da. **Evapotranspiração e função de resposta à disponibilidade hídrica em alfafa**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1991. 198p. Tese de Doutorado.
- DOULL, K.M. A review of the factors affecting seed production in lucerne. In: LANGER, R.H.M. **The Lucerne crop**. Wellington: A.H. & A.W. Reed, 1967. p.205-217.
- DOVRAT, A.; LEVANON, D.; WALDMAN, M. Effect of plant spacing on carbohydrates in roots and on components of seed yield in alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Crop Science**, Madison, v.9, p.33-44, 1969.
- DURAND, J.L.; LEMAIRE, G.; GOSSE, G.; CHARTIER, 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.5, p.599-607, 1989.
- GRANDFIELD, C.O. Alfalfa seed production as affected by organic reserves, air temperature, humidity, and soil moisture. **Journal of Agriculture Research**, Washington, v.70, p.123-132, 1945.
- HACQUET, J. Quelques clefs pour comprendre l'élaboration du rendement de la luzerne. **Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences. Bulletin**, Angus, n.105, p.28-31, 1988.

- HAMPTON, J.C.; LI, Q.F.; HARE, M.D. Growth regulator effects on seed production of *Lotus corniculatus* L. and *Lotus uliginosus* Schk. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1989, Nice. **Proceedings...** Nice: Assoc. Française de Prod. Fourragère, 1989. v.16, p.631-632.
- HANSON, A.A.; BARNES, D.K.; HILL JUNIOR, R.R. **Alfalfa and Alfalfa improvement**. Madison: ASA, 1988. 1084p. (Agronomy, 29).
- HUMPHREYS, L.R. **Tropical pasture seed production**. Roma: FAO, 1979. 143p.
- KILMER, V.J.; BENNETT, O.L.; STAHLY, V.F.; TIMMONS, D.R. Yield and mineral composition of eight forage species grown at four levels of soil moisture. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, p.282-285, 1960.
- MEDEIROS, R.B. de; OLIVEIRA JUNIOR, C.C. de; ALMEIDA, J.P. de. Produção de sementes de forrageiras no sistema cooperativo - A experiência COTRIJUI. In: MEDEIROS, R.B.; NABINGER, C.; SAIBRO, J.C. de (Eds.). **Produção e tecnologia de sementes de forrageiras tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: UFRGS, 1981. p.98-115.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- NUERNBERG, N.J.; MILAN, P.A.; SILVEIRA, C.A.M. **Manual de produção de Alfafa**. Florianópolis: EMPASC, 1990. 102p.
- PEDERSEN, M.W. Effects of thinning on established stand, nitrogen supply and temperatures on nectar secretion on alfalfa. **Botanical Gazette**, Chicago, v.119, p.119-122, 1957.
- PEDERSEN, M.W.; BOHART, G.E.; MARBLE, V.L.; KLOSTERMEYER, E.C. Seed production practices. In: HANSON, C.H. (Ed.). **Alfalfa science and technology**. Madison: ASA, 1972. p.689-720. (Agronomy, 15).
- PEYREMORT, P. L'irrigation de la luzerne porte-graine: complexe est sa maîtrise. **Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences. Bulletin**, Angus, n.102, p.16-18, 1987.
- RINCKER, C.M.; JOHANSEN, C.A.; MORRINSON, K.J. **Alfalfa seed production in Washington**. Pullman: Washington State University Cooperative Extension, 1987. 12p.
- SAIBRO, J.C. de. Produção de alfafa no Rio Grande do Sul. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de. (Eds.). **Anais do 7º Simpósio sobre Manejo de Pastagem**. Piracicaba: FEALQ. p.61-106. 1985.
- SNAYDON, R.W. The effect of total water supply and of frequency of application, upon lucerne. II. Chemical composition. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.23, p.253-256, 1972.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- TABORA, R.S.; HILL, M.J. An examination of vegetative and reproductive growth habits and their contribution to seed yield in "Grasslands Maku Lotus" (*Lotus uliginosus* Schk.). **Journal of Applied Seed Production**, Corvallis, v.9, p.7-15, 1991.
- TAYLOR, A.; HADDOCK, J.L.; PEDERSEN, M.W. Alfalfa irrigation for maximum seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, p.357-360, 1959.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, 8).
- TYSDAL, H.M. Influence of tripping, soil moisture, plant spacing and lodging on alfalfa seed production. **Journal of American Society of Agronomy**, v.38, p.515-535, 1946.
- ZADEH, A.V. Détermination de l'effet du phosphore et des intervalles d'irrigation sur la production de graines de trèfle Bersin en Iran. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1989, Nice. **Proceedings...** Nice: Assoc. Française de Prod. Fourragère, 1989. v.16, p. 657-658.
- ZALESKI, A. Some of the factors affecting lucerne seed production. **Journal of British Grassland Society**, London, v.11, p.23-33, 1956.
- ZALESKI, A. White clover investigations. I. Effect of seed rates and cutting treatments on flower formation and yield of seed. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.57, p.199-212, 1961.

