



Rendimento de grãos, teor de óleo e teores de nutrientes na folha de girassol submetido a diferentes doses de adubação com N, P e K

André Dabdab Abichequer¹, Bruno Brito Lisboa², Luciano Kayser Vargas², Carlos Antonio Saraiva Osorio², Cláudio Portela de Carvalho³, Evelyn Penedo Dorneles⁴, Rodrigo Oliveira de Almeida⁵, Helen Marocco de Oliveira⁶

Resumo - Objetivou-se avaliar rendimento de grãos, teor de óleo e teores de nutrientes na folha de plantas de girassol submetidas a diferentes doses de adubação com N, P e K, com foco na produção de biocombustível. Foi realizado um experimento de campo em Argissolo Vermelho-Amarelo localizado no Centro de Pesquisa do DDP/SEAPI em Viamão – RS. Os tratamentos consistiram de três doses de N, P e K combinadas, baseadas nas doses recomendadas para o Rio Grande do Sul, adotando-se fatores: nível 0 (sem o nutriente), nível 1 (dose recomendada) e nível 2 (duas vezes a dose recomendada). Foram testadas seis combinações destas doses: $N_0P_0K_0$ (sem adubação), $N_1P_1K_1$, $N_2P_2K_2$, $N_2P_1K_1$, $N_1P_2K_1$ e $N_1P_1K_2$. Observou-se resposta positiva do rendimento de grãos à adubação, pois todas as combinações de doses de N, P e K testadas apresentaram rendimento maior do que o tratamento sem adubação, com os maiores rendimentos sendo obtidos com a adubação recomendada ($N_1P_1K_1$), o dobro da dose recomendada ($N_2P_2K_2$) e o dobro da dose de N ($N_2P_1K_1$). O teor de óleo nos grãos não diferiu entre os tratamentos, mas os tratamentos com adubação apresentaram maior rendimento de óleo por hectare do que o sem adubação, o que esteve relacionado com o maior rendimento de grãos. Somente no caso do N houve aumento no teor do nutriente na folha com a adubação, o que ocorreu nas duas doses de N aplicadas e apresentou correlação com o rendimento de grãos, indicando um potencial de resposta a doses mais altas do que as recomendadas atualmente.

Palavras-Chave: agroenergia, fertilidade do solo, *Helianthus annuus* L.

¹ Eng. Agr., Pesquisador do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA) da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação (SEAPI). Rua Gonçalves Dias 570, Porto Alegre, RS, CEP 90130-060. E-mail : andre-abichequer@seapi.rs.gov.br

² Eng. Agr., Pesquisador do DDP/SEAPI. Rua Gonçalves Dias 570, Porto Alegre, RS, CEP 90130-060.

³ Eng. Agr., Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Rodovia Carlos João Strass, Acesso Orlando Amaral, Warta, Londrina - PR, CEP 86001-970.

⁴ Química, Técnica em Pesquisa do Laboratório de Química Agrícola do DDP/SEAPI.

⁵ Estagiário do Laboratório de Química Agrícola do DDP/SEAPI.

⁶ Bióloga, Técnica em Pesquisa do Laboratório de Química Agrícola do DDP/SEAPI.

Grain yield, oil content and nutrient content in leaf of sunflower with different dosis of N, P and K fertilization

Abstract - The objective of this work was to evaluate grain yield, oil content and nutrient content in leaf of sunflower plants with different dosis of N, P and K fertilization, with focus on biofuel production. A field experiment was conducted in an Ultisol on DDPA/SEAPI Research Center in Viamão, RS, Brazil. Treatments were three combined N, P and K dosis, based on recommended dosis to state of Rio Grande do Sul, using factors: level 0 (without the nutrient), level 1 (recommended dose) and level 2 (two times recommended dose). Six combinations of these dosis were tested: $N_0P_0K_0$ (without fertilization), $N_1P_1K_1$, $N_2P_2K_2$, $N_2P_1K_1$, $N_1P_2K_1$ and $N_1P_1K_2$. There was positive response of grain yield to fertilization, because all combinations of N, P and K dosis tested had higher yield than treatment without fertilization, with highest yield obtained whith recommended fertilization ($N_1P_1K_1$), double of recommended fertilization ($N_2P_2K_2$) and double of N dose ($N_2P_1K_1$). Oil content in grains did not differ among the treatments, but treatments with fertilization had higher oil yield per hectare than treatment without fertilization, which was related to higher grain yield. Only with N there was increase of nutrient leaf content with fertilization, which occurred with the two applied dosis and was correlated with grain yield, indicating a potential of response to higher dosis than currently recommended.

Index terms: agroenergy, soil fertility, *Helianthus annuus* L.

Introdução

A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) está em crescimento no Brasil e no mundo devido à busca por novas opções de cultivo, ao aumento da demanda das indústrias por óleo comestível de melhor qualidade, por sua utilização na alimentação de animais e pela necessidade de cultivos para produção de biocombustíveis, como alternativa às energias não renováveis. Os biocombustíveis são importantes economicamente, ao reduzir a dependência da energia finita do petróleo, e ambientalmente, pela diminuição da emissão de gases de efeito estufa e da poluição do ar (LEITE e LEAL, 2007). No Brasil a área plantada com girassol na safra de 2004/2005 foi de 50.100 hectares, com rendimento médio de 1.359 kg ha^{-1} , e aumentou para 62.700 hectares na safra de 2016/2017, com rendimento médio de 1.653 kg ha^{-1} (CONAB, 2018). Além da elevada qualidade nutricional, o teor de óleo nas sementes é alto (cerca de 40%), proporcionando assim maior rendimento na produção de óleo por hectare se comparado com o da cultura da soja, por exemplo, que apresenta teor de óleo médio nas sementes de 18% (LAZZAROTTO; ROESSING; MELLO, 2005), o que é vantajoso para a produção de biocombustível.

O cultivo do girassol deve ser feito em solos que não apresentem restrições químicas e físicas, sendo uma cultura exigente quanto à disponibilidade de nutrientes. A cultura do girassol possui exigências nutricionais superiores às de outras culturas como trigo, sorgo e milho, requerendo quantidades maiores de macronutrientes (VIGIL, 2000).

O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais requerido pela cultura do girassol, sendo superado apenas pelo potássio (K). É o nutriente que mais limita a produção do girassol (BLAMEY; ZOLLINGER; SEITER, 1997), ocorrendo redução de 60% na produtividade em decorrência de sua deficiência (SMIDERLE; GIANLUPPI; GIANLUPPI, 2003). O N desempenha importante função no metabolismo e na nutrição da cultura do girassol e sua deficiência causa desordem nutricional, enquanto seu excesso ocasiona decréscimo na porcentagem de óleo e pode aumentar a incidência de pragas e doenças. A disponibilidade de N influencia características como o número de aquênios por capítulo, diâmetro do capítulo e massa média de aquênios, que definem o rendimento do girassol (ZAGONEL e MUNDSTOCK, 1991). Zagonel e Mundstock (1991) observaram que a produção de grãos (aquênios) da cultivar Contisol 711 atingiu o máximo com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N, obtendo-se um rendimento de 2.125 kg ha⁻¹. No trabalho de Biscaro et al. (2008), a adubação nitrogenada em cobertura proporcionou aumento em todas as características morfológicas estudadas e no rendimento de grãos do girassol, sendo que a dose de N de máxima eficiência técnica foi de 55 kg ha⁻¹, na região de Cassilândia-MS.

O fósforo (P) é um nutriente importante durante o florescimento e a frutificação das plantas, promovendo desenvolvimento do sistema radicular e aumento da produção. Segundo Sanchez (2007), a deficiência de P diminui o desenvolvimento do girassol e prejudica o enchimento dos aquênios, o que resulta em redução da produtividade e do teor de óleo. No trabalho de Santos et al. (2010), a produção de massa seca total e de grãos de girassol respondeu positivamente ao incremento da adubação fosfatada. A interação entre P e B influenciou positivamente o teor de óleo nos aquênios e seu rendimento por área em solos da Bahia deficientes em P. Silva et al. (2011) observaram que a adubação fosfatada proporciona aumento na qualidade física e fisiológica das sementes de girassol, incrementando a germinação e o peso de mil grãos.

O nutriente requerido em maior quantidade pelo girassol é o potássio. No trabalho de Zobiolo et al. (2010), o girassol híbrido BRS-191 extraiu 286 kg ha⁻¹ de K, 150 kg ha⁻¹ de N e 24 kg ha⁻¹ de P, para a obtenção de rendimentos superiores a 3.000 kg ha⁻¹ de grãos. Conforme Sfredo, Campo e Sarruge (1984), o girassol extrai 40 % mais K do que as culturas da soja e do milho. O incremento no rendimento do girassol com a aplicação de fertilizantes potássicos depende da quantidade de K disponível no solo e do nível geral da fertilidade do solo (UCHÔA et al., 2011). Em trabalho de Castro e Farias (2005), o girassol apresentou teores de 10 g kg⁻¹ de K nos aquênios e de 132 g kg⁻¹ de K na palha dos restos culturais, exportando apenas 7% do K acumulado. Conforme Blamey, Edwards e Asher (1987), o teor de K disponível no solo para atender o requerimento do girassol deve ser superior a 0,25 cmolc dm⁻³ (98 mg dm⁻³). Borkert et al. (1997) observaram que teores de K disponível no solo abaixo de 0,12 cmolc dm⁻³ (47 mg dm⁻³) tornam baixa a sua absorção e o seu teor na folha, limitando o rendimento produtivo. Os mesmos autores observaram que teores de K nas folhas superiores a 24,9 g kg⁻¹ estão associados a produtividades acima de 2.000 kg ha⁻¹.

Pelo exposto pode-se verificar a influência da adubação nas características agrônômicas, de produtividade e no teor do óleo de girassol. Assim, objetivou-se avaliar o rendimento de grãos, o teor de óleo e os teores de nutrientes na folha de plantas de girassol submetidas a diferentes doses de adubação com N, P e K, com foco na produção de biocombustível.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo, em área experimental localizada no Centro de Pesquisa do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação do RS (DDPA/SEAPI), município de Viamão/RS (38°02' S e 51°01' O), durante a safra 2009/2010. O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho-Amarelo.

A correção do pH e a adubação foram realizadas com base na análise físico-química (TEDESCO et al., 1995) de amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm, sendo os resultados apresentados na Tabela 1, os quais embasaram o cálculo das doses de adubação aplicadas. Seguindo as recomendações para a cultura (CQFS-RS/SC, 2004), aplicou-se 4,6 Mg ha⁻¹ de calcário com PRNT de 70% três meses antes da semeadura, com o objetivo de atingir pH de 6,0. O preparo do solo foi convencional, sendo realizada uma aração e duas gradagens, quando também foi incorporado o calcário.

Tabela 1. Análise química do Argissolo Vermelho-Amarelo da área experimental localizada no Centro de Pesquisa do DDPA/SEAPI, município de Viamão - RS, 2009.

P	K	argila	MO	pH	SMP	Al	Ca	Mg	H+Al	CTC	CTC
-- mg dm ⁻³ --		---- g dm ⁻³ ----					----- cmol _c dm ⁻³ -----			pH 7	efetiva
5,7	90	230	19	5,2	6,0	0,4	2,1	1,1	4,4	7,9	4,0
S	B	Zn	Cu	Mn	Na	Fe	Saturação CTC		Saturação		
						efetiva		bases			
						Na		Al			
----- mg dm ⁻³ -----						g dm ⁻³		----- % -----		%	
15,6	0,48	0,7	0,5	39,3	33	1,0	3,6	10,1	45,1		

Os tratamentos testados foram três doses de N, P e K combinadas. As quantidades dos nutrientes aplicadas foram baseadas nas doses recomendadas (DR) por CQFS-RS/SC (2004) para o Estado do Rio Grande do Sul, adotando-se fatores nos tratamentos:

N: N₀ (sem N), N₁ (DR) e N₂ (2 vezes DR)

P: P₀ (sem P), P₁ (DR) e P₂ (2 vezes DR)

K: K₀ (sem K), K₁ (DR) e K₂ (2 vezes DR)

Foram testadas seis combinações destas doses, escolhidas com o objetivo de observar as respostas ao aumento de doses dos nutrientes em relação à recomendação atual:

N₀P₀K₀ (sem adubação), N₁P₁K₁ (adubação recomendada), N₂P₂K₂ (dobro da adubação recomendada), N₂P₁K₁ (dobro da dose de N), N₁P₂K₁ (dobro da dose de P) e N₁P₁K₂ (dobro da dose de K).

As doses de adubos aplicadas foram as seguintes, calculadas conforme CQFS-RS/SC (2004), considerando uma expectativa de rendimento de 3.000 kg ha⁻¹:

N:

N₁: 80 kg ha⁻¹ de N (uréia), sendo 10 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 70 kg ha⁻¹ em cobertura

N₂: 160 kg ha⁻¹ de N (uréia), sendo 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 140 kg ha⁻¹ em cobertura

P (considerado baixo, segundo CQFS-RS/SC, 2004), aplicado em linha na semeadura:

P₁: 85 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo)

P₂: 170 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo)

K (considerado alto, segundo CQFS-RS/SC, 2004), aplicado em linha na semeadura:

K₁: 45 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio)

K₂: 90 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio)

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, sendo utilizadas três repetições. Foram utilizadas parcelas compostas por quatro linhas de 4 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e entre plantas na linha de 0,4 m, obtendo-se uma população aproximada de 50.000 plantas ha⁻¹. Assim, a dimensão das parcelas foi de 4 x 2 m. A semeadura da variedade Aguará 6 foi realizada em 2/12/2009, sendo semeadas três sementes por cova. A emergência ocorreu em 9/12/2009 e 30 dias após foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova. A adubação de cobertura com N foi realizada aos 36 dias após a emergência, quando as plantas estavam com oito a nove folhas (V8 a V9, segundo ROSSI, 1998). As plantas invasoras foram controladas através de duas capinas manuais.

A coleta de folhas para análise de N, P e K no tecido foi realizada no início do florescimento (estádio R4, segundo ROSSI, 1998). Foram coletadas folhas inteiras do terço superior da planta, conforme recomendado por CQFS-RS/SC (2004), sendo coletada uma folha por planta, em 10 plantas por parcela. A seguir as amostras foram secas em estufa a 65 ± 5 °C, moídas e analisadas conforme Tedesco et al. (1995).

A colheita foi realizada em 9/04/2010, sendo colhidas seis plantas por linha nas duas linhas centrais de cada parcela, o que equivale a uma área útil de 2,4 m² por parcela. As plantas foram seccionadas rente ao solo, sendo colhida toda a parte aérea, incluindo os capítulos. A parte aérea foi seca em estufa a 50 ± 5 °C até peso constante e foi determinada sua massa seca. Após a debulha dos grãos (aquênios), as impurezas foram separadas por ventilação e os grãos foram secos em estufa a 65 ± 5 °C até peso constante. Foi determinada a massa seca dos grãos e calculado o rendimento após correção da massa obtida para 11% de umidade. Também foi determinado o peso de mil grãos, expresso em massa seca. O teor de óleo do girassol foi determinado por extração química em aparelho de Soxhlet, utilizando-se como extrator o reagente N-hexano (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008), sendo após calculado o rendimento de óleo por hectare (teor de óleo x rendimento de grãos). Foi realizada a análise da variância dos resultados, com a comparação das médias pelo teste t (LSD), ao nível de significância de 5%, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2003).

Resultados e Discussão

A determinação do rendimento de grãos (Tabela 2) demonstrou que todos os tratamentos com adubação obtiveram rendimento superior ao tratamento sem adubação ($N_0P_0K_0$), sendo o maior rendimento observado nos tratamentos com $N_2P_2K_2$, $N_1P_1K_1$ e $N_2P_1K_1$. A presença da dose recomendada ($N_1P_1K_1$) no grupo de maior rendimento indica que a recomendação de adubação adotada no Rio Grande do Sul mostrou-se adequada no experimento. A dose dobrada de P ($N_1P_2K_1$) apresentou rendimento menor do que a adubação recomendada ($N_1P_1K_1$). O tratamento com o dobro de K ($N_1P_1K_2$) apresentou rendimento inferior ao $N_2P_2K_2$, mas que não se diferenciou dos demais tratamentos com adubação. Zagonel e Mundstock (1991) observaram aumento na produção de grãos da cultivar Contisol 711 até a dose de 80 kg ha^{-1} de N, que é a mesma dose N_1 usada neste trabalho. Lozanovic e Stanojevic (1988) verificaram que o aumento de rendimento do girassol com doses crescentes de N ocorreu até 90 kg ha^{-1} de N, enquanto que adubações de 120 e 150 kg ha^{-1} de N reduziram a produção de grãos. Isto não aconteceu no trabalho aqui discutido, visto que o tratamento com o dobro de N, com dose de 160 kg ha^{-1} ($N_2P_1K_1$), teve rendimento semelhante à adubação recomendada ($N_1P_1K_1$). Quanto ao P, Sachs et al. (2006), em experimento de campo, obtiveram aumento de produtividade de grãos com doses de P de até 46 kg ha^{-1} de P_2O_5 , dose inferior à dose recomendada P_1 utilizada neste experimento. No mesmo trabalho de Sachs et al. (2006), houve aumento de rendimento de grãos com a aplicação de doses crescentes de potássio de até 41 kg ha^{-1} de K_2O , que é próxima à dose K_1 utilizada neste trabalho. Uchôa et al. (2011) também obtiveram aumento no rendimento de grãos e de óleo em girassol com doses crescentes de K. O Argissolo Vermelho-Amarelo em que foi conduzido este experimento apresenta teor de K disponível de 90 mg dm^{-3} (Tabela 1), que é próximo do teor considerado suficiente por Blamey, Edwards e Asher (1987) para atender o requerimento do girassol (98 mg dm^{-3}).

A produção de massa seca da parte aérea apresentou resultados semelhantes ao rendimento de grãos, embora com uma menor discriminação entre os tratamentos (Tabela 2). Como no caso do rendimento de grãos, o tratamento sem adubação ($N_0P_0K_0$) apresentou massa seca da parte aérea menor do que todos os demais tratamentos. Os tratamentos $N_2P_2K_2$, $N_1P_1K_1$, $N_2P_1K_1$ e $N_1P_1K_2$ apresentaram maior massa seca da parte aérea e o tratamento com o dobro de P ($N_1P_2K_1$) teve desempenho intermediário, tendo massa seca da parte aérea inferior apenas ao $N_2P_2K_2$.

O peso de mil grãos (Tabela 2) diferiu entre os tratamentos testados apenas para o sem adubação, sendo neste observado o menor valor. Isto indica que as diferenças de rendimento de grãos observadas entre os demais tratamentos estão relacionadas a outros parâmetros, como número de aquênios por capítulo. Nobre et al. (2011), em ensaio em casa de vegetação, observaram que o efeito de doses crescentes de N sobre a massa de 100 grãos de girassol foi linear e crescente, atingindo valor de $4,87 \text{ g}$ com a maior dose de adubação nitrogenada. Carvalho e Pissaia (2002) obtiveram aumento da massa de 1000 grãos até a dose máxima de 125 kg ha^{-1} de N em experimento com adubação de cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto, alcançando $71,1 \text{ g}$ de grãos. No trabalho de Zagonel e Mundstock (1991) a aplicação de doses crescentes de N aumentou a massa média de grãos da cultivar DK 180 até a dose máxima de 120 kg ha^{-1} de

N. No trabalho em discussão, a utilização da dose dobrada N₂ (160 kg ha⁻¹) não resultou em aumento do peso de mil grãos obtido com a dose de 80 kg ha⁻¹ de N (dose N₁). Quanto ao P, Silva et al. (2011) observaram que a adubação fosfatada proporcionou incremento no peso de mil grãos.

Tabela 2. Rendimento de grãos, massa seca da parte aérea (MSPA) e peso de mil grãos de girassol em seis tratamentos de adubação mineral com níveis combinados de N, P e K: nível 0 (sem o nutriente), nível 1 (dose recomendada) e nível 2 (duas vezes a dose recomendada). Centro de Pesquisa do DDP/SEAPI, município de Viamão - RS, 2009/2010.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	MSPA (g m ⁻²)	Peso 1000 grãos (g)
N ₀ P ₀ K ₀	1.433 d	329 c	34,5 b
N ₁ P ₁ K ₁	3.862 ab	866 ab	53,6 a
N ₂ P ₂ K ₂	3.955 a	907 a	56,8 a
N ₂ P ₁ K ₁	3.544 abc	783 ab	54,3 a
N ₁ P ₂ K ₁	3.180 c	713 b	56,7 a
N ₁ P ₁ K ₂	3.350 bc	760 ab	56,0 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste t (LSD) (p<0,05).

Tabela 3. Teor de óleo em grãos de girassol e rendimento de óleo por hectare (RO) em seis tratamentos de adubação mineral com níveis combinados de N, P e K: nível 0 (sem o nutriente), nível 1 (dose recomendada) e nível 2 (duas vezes a dose recomendada). Centro de Pesquisa do DDP/SEAPI, município de Viamão - RS, 2009/2010.

Tratamento	Teor de óleo (%)	RO (kg ha ⁻¹)
N ₀ P ₀ K ₀	44,51 a	574 b
N ₁ P ₁ K ₁	43,98 a	1.525 a
N ₂ P ₂ K ₂	43,00 a	1.523 a
N ₂ P ₁ K ₁	45,08 a	1.432 a
N ₁ P ₂ K ₁	44,81 a	1.278 a
N ₁ P ₁ K ₂	43,07 a	1.308 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste t (LSD) (P<0,05).

A Tabela 3 mostra os resultados de teor de óleo do girassol e de rendimento de óleo por hectare. Não houve diferenças entre os tratamentos quanto ao teor de óleo nos aquênios, nem mesmo em relação ao tratamento sem adubação ($N_0P_0K_0$), mostrando que não houve resposta desta variável à aplicação dos fertilizantes. Diferentemente, Sachs et al. (2006) observaram aumento do teor de óleo de girassol com a aplicação de doses crescentes de P e K. Quanto ao rendimento de óleo por hectare, a única diferença observada foi o maior rendimento dos tratamentos com adubação em relação ao tratamento sem adubação ($N_0P_0K_0$). O menor rendimento de óleo por hectare do tratamento sem adubação esteve relacionado com o menor rendimento de grãos deste tratamento, visto que não houve diferença quanto ao teor de óleo.

Tabela 4. Teor de N, P e K na folha de girassol em seis tratamentos de adubação mineral com níveis combinados de N, P e K: nível 0 (sem o nutriente), nível 1 (dose recomendada) e nível 2 (duas vezes a dose recomendada). Centro de Pesquisa do DDP/SEAPI, município de Viamão - RS, 2009/2010.

Tratamento	N	P	K
	(%)	(%)	(%)
$N_0P_0K_0$	3,01 d	0,39 a	3,88 a
$N_1P_1K_1$	3,54 c	0,42 a	3,38 a
$N_2P_2K_2$	4,27 ab	0,39 a	3,26 a
$N_2P_1K_1$	4,42 a	0,37 a	2,97 a
$N_1P_2K_1$	3,89 bc	0,37 a	3,69 a
$N_1P_1K_2$	3,88 bc	0,36 a	3,50 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste t (LSD) ($P < 0,05$).

Os teores de N, P e K nas folhas de girassol (Tabela 4), em todos os tratamentos, estiveram dentro dos valores considerados adequados para o girassol, conforme CQFS-RS/SC (2004). O único nutriente em que houve resposta de aumento no teor na folha com a aplicação da adubação foi o N. O teor de N na folha respondeu às duas doses de N aplicadas ($N_1 = 80 \text{ kg ha}^{-1}$ e $N_2 = 160 \text{ kg ha}^{-1}$) de forma crescente: o tratamento sem adubação ($N_0P_0K_0$) apresentou o menor teor de N na folha, os tratamentos com a dose recomendada N_1 ($N_1P_1K_1$, $N_1P_2K_1$ e $N_1P_1K_2$) ficaram em posição intermediária e o tratamento com a dose dobrada de N ($N_2P_1K_1$) apresentou o maior teor, não se diferenciando do $N_2P_2K_2$. No entanto, o aumento do teor de N na folha com a adubação nitrogenada não foi acompanhado em todos os casos pelo aumento no rendimento de grãos do girassol (Tabela 2), visto que a dose recomendada $N_1P_1K_1$ integrou o grupo de tratamentos com maior rendimento, juntamente com os tratamentos com o dobro de N ($N_2P_2K_2$ e $N_2P_1K_1$). Mesmo assim, houve uma correlação significativa entre o teor de N na folha e o rendimento de grãos ($r = 0,52$, significativo a 5% de probabilidade), indicando um potencial de resposta do girassol a este nutriente. Lobo, Grassi Filho e Brito (2011), em experimento de campo, verificaram que os teores foliares adequados de N em girassol foram obtidos com dose acima de 110 kg ha^{-1} de N. Borkert et al. (1997) observaram baixa absorção de K e

baixo teor na folha em solos com teores de K disponível abaixo de $0,12 \text{ cmolc dm}^{-3}$ (47 mg dm^{-3}). Isto não ocorre com o Argissolo Vermelho-Amarelo em que foi conduzido este experimento, cujo teor de K disponível foi de 90 mg dm^{-3} (Tabela 1).

Conclusões

Foi observada resposta à adubação quanto ao rendimento de grãos do girassol, pois todas as combinações de doses de N, P e K testadas apresentaram rendimento maior do que o tratamento sem adubação. Os maiores rendimentos foram obtidos com a adubação recomendada ($N_1P_1K_1$), o dobro da dose recomendada ($N_2P_2K_2$) e o dobro da dose de N ($N_2P_1K_1$).

O teor de óleo nos grãos não diferiu entre os tratamentos. Quanto ao rendimento de óleo por hectare, os tratamentos com adubação demonstraram resultados superiores ao sem adubação, o que esteve relacionado com o maior rendimento de grãos.

O teor de nutrientes na folha aumentou com a aplicação da adubação apenas no caso do N, o que ocorreu nas duas doses de N aplicadas e apresentou correlação com o rendimento de grãos, indicando um potencial de resposta a doses mais altas do que as recomendadas atualmente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à pesquisadora do DDPA/SEAPI Caren Regina Lamb, coordenadora do Projeto Estruturante de Agroenergia, e à FINEP e à FAPERGS, pelo apoio financeiro.

Referências

BISCARO, G. A. et al. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1366-1373, 2008.

BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. **Nutritional disorders of sunflower**. Brisbane: University of Queensland, 1987. 72 p.

BLAMEY, F. P. C.; ZOLLINGER, R. K.; SEITER, A. A. Sunflower production and culture. In: SEITEER, A.A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 595-670.

BORKERT, C. M. et al. Efeito residual da adubação potássica sobre girassol e milho em três diferentes Latossolos Roxos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 12, p. 1227-1234, 1997.

CARVALHO, D. B.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 1, n. 2, p. 41-45, 2002.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 163-210.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2004. 400 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Série histórica das safras. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=10>>. Acesso em: 23 agosto 2018.

FERREIRA, D.F. **Sisvar: versão 4.2**. Lavras: UFLA, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo, Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=0&func=startdown&id=5>. Acesso em: 25 fevereiro 2011.

LAZZAROTTO, J. J.; ROESSING, A. C.; MELLO, H. C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 15-42.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos Cebrap**, São Paulo, v.78, p. 15-21, 2007.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BRITO, I. C. A. Efeito do nitrogênio na nutrição do girassol. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 380-391, 2011.

LOZANOVIC, M.; STANOJEVIC, D. Effect of increasing nitrogen doses on important sunflower quantitative, biological, and morphological traits of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., Novi Sadi, 1988. **Proceedings**. Novi Sadi, 1988. p.274-275.

NOBRE, R. G. et al. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n. 3, p. 929-937, 2011.

ROSSI, R. O. **Girassol**. Curitiba: TecnoAgro, 1998. 333p.

SACHS, L. G. et al. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 533-546, 2006.

- SANCHEZ, C. A. Phosphorus. In: BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. (Eds.). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007. p.51-90.
- SANTOS, L. G. et al. Fósforo e boro na produção de grãos e óleo no girassol. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-8, 2010.
- SFREDO, G. J.; CAMPO, R. J.; SARRUGE, J. R. **Girassol: nutrição mineral e adubação**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1984. 36 p. (Circular técnica, 8).
- SILVA, H. P. et al. Qualidade de sementes de *Helianthus annuus* L. em função da adubação fosfatada e da localização na inflorescência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1160-1165, 2011.
- SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. Adubação nitrogenada, espaçamento e épocas de semeadura de girassol nos Cerrados de Roraima. In: EMBRAPA. **Resultados de pesquisa da EMBRAPA Soja – 2002: girassol e trigo**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p. 33-39 (Documentos, 218)
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5)
- UCHÔA, S. C. P. et al. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 8-15, 2011.
- VIGIL, M. F. Fertilization in Dryland Cropping Systems: a brief overview. Central Great Plains Research Station - USDA-ARS, 2000. Disponível em: <www.akron.ars.usda.gov>. Acesso em: 12 dezembro 2012.
- ZAGONEL, J.; MUNDSTOCK, C. M. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em duas cultivares de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1487-1492, 1991.
- ZOBIOLE, L. H. S. et al. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 425-433, 2010.