

Utilização de cálcio e boro na produção de grãos e silagem de girassol

Use of calcium and boron in the production of grain and sunflower silage

Thomas Newton Martin^{1*}; Paulo Sergio Pavinato²;
Luis Fernando Glasenapp de Menezes³; Antônio Luis Santi⁴;
Patricia Bertoncelli⁵; Sidney Ortiz⁶; Rodrigo Luiz Ludwig⁷

Resumo

O boro e o cálcio relacionam-se com muitos processos fisiológicos da planta, os quais são afetados pela sua deficiência, como o transporte de açúcares, síntese e estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos e integridade da membrana plasmática. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a eficiência da aplicação de boro e cálcio via foliar e via solo nos componentes de rendimento, na qualidade da silagem e teores de macronutrientes foliares na cultura do girassol. O experimento foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, no período de setembro de 2008 a abril de 2009, com delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, usando o genótipo Agrobol - La Tijereta. Os tratamentos consistiram-se em aplicações no solo e pulverizações foliares de cálcio e boro. Foram avaliadas características morfológicas das plantas, componentes do rendimento (produtividade de grãos e massa de cem grãos), qualidade de silagem e teor de nutrientes acumulados. A cultura do girassol não respondeu a aplicação de boro e cálcio, para efeitos nos componentes de rendimento, na qualidade da silagem e no teor de nutrientes absorvidos pelas plantas. Contudo, verificou-se aumentos na partição de matéria seca de grãos e estatura de planta.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., doses de boro, doses de cálcio

Abstract

Boron and calcium are related to many physiological processes of the plant, which are affected by its deficiency, such as sugar transport, synthesis and cell wall structure, carbohydrate metabolism and plasma membrane integrity. The objective of this study was to evaluate the efficiency of boron and calcium application via leaf and soil on the yield components in silage quality and content of macronutrients

¹ Engº Agrº, Prof. Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Deptº de Fitotecnia, Curso de Agronomia, Santa Maria, RS. E-mail: martin.ufsm@gmail.com

² Engº Agrº, Prof. Dr., Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP/ESALQ, Deptº de Ciência do Solo, Curso de Agronomia, Piracicaba, SP. E-mail: pavinato@usp.br

³ Zootecnista, Prof. Ensino Básico Técnico e Tecnológico, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFRP, Curso de Zootecnia, Dois Vizinhos, PR. E-mail: lfgdm@yahoo.com.br

⁴ Engº Agrº, Prof. Adjunto, UFSM, Centro de Educação Superior Norte-RS, UFSM/CESNORS, Curso de Agronomia, Frederico Westphalen, RS. E-mail: santi_pratica@yahoo.com.br

⁵ Zootecnista, Discente do Curso de Doutorado em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Deptº de Zootecnia, Porto Alegre, RS. E-mail: pb.zootecnia@hotmail.com

⁶ Zootecnista, M.e da UTFPR, Curso de Zootecnia, Pato Branco, PR. E-mail: ortizsidney@yahoo.com.br

⁷ Msc. UFSM, Programa de Pós Graduação em Agronomia, E-mail: rodrigoluizludwig@yahoo.com.br

* Autor para correspondência

in leaves of sunflower. The experiment was conducted at Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Dois Vizinhos, from September 2008 to April 2009, in a randomized block design with four replications, using the genotype Agobel - La Tijereta. Morphological characteristics of the plants, the yield components (grain yield and weight of hundred grains), silage quality and content of nutrient uptake were evaluated. The sunflower crop did not respond to application of boron and calcium, to effects on yield components in silage quality and content of nutrients absorbed by plants. However, it was found increases in the partition dry grain and plant height.

Key words: *Helianthus annuus* L., boron doses, calcium doses

Introdução

O girassol é uma oleaginosa amplamente utilizada na alimentação humana, indústrias de combustíveis e também vem sendo inserido na alimentação animal, na forma de silagem. O girassol possui um grande potencial de cultivo no território brasileiro, principalmente por ser mais tolerante ao frio e a seca, quando comparado com outras culturas como o milho e sorgo, e também pelas suas características qualitativas (SANTOS et al., 2012), sendo uma opção para os produtores em épocas de déficit hídrico e baixas temperaturas (SOUZA; OLIVEIRA; CASTIGLIONI, 2004).

Dentre os fatores que interferem na produção e na qualidade do girassol destaca-se a nutrição mineral, envolvendo o fornecimento equilibrado de nutrientes, tanto via solo como via fertilização. O cálcio e o boro são dois nutrientes de fundamental importância para o desenvolvimento das gemas apicais e das extremidades das raízes, pois são elementos pouco móveis internamente nas plantas. O boro está relacionado a muitos processos fisiológicos da planta que são afetados pela sua deficiência, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismos de carboidratos, de RNA, fenólico, de ascorbato, respiração e integridade da membrana plasmática (CAKMAK; ROMHELD, 1997). O cálcio possui como suas principais funções atuar na formação do pectato de cálcio, presente na lamela média da parede celular e na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (BEVILAQUA; SILVA FILHO; POSSENTI, 2002).

As possíveis formas de aplicação de boro às plantas envolvem a aplicação de fertilizantes boratados via solo, juntamente ou anterior à sementeira das culturas, ou então aplicação foliar, aplicando isoladamente ou juntamente com defensivos agrícolas. No entanto, ressalta-se que a eficiência da aplicação foliar pode ser comprometida pelas condições climáticas e pela eficiência de absorção foliar, que varia para cada espécie vegetal. A correção do teor de cálcio disponível no solo pode ser facilmente executada por meio da calagem ou da gessagem. Como o cálcio é imóvel no floema das plantas, necessita-se realizar uma correção ao longo do perfil do solo até a profundidade desejada do sistema radicular (QUADROS et al., 2011).

Comparando com outras culturas, o girassol é uma espécie caracterizada pela pouca eficiência na absorção de boro, apresentando com frequência sintomas de deficiência (SOUZA; OLIVEIRA; CASTIGLIONI, 2004). Segundo Bonacin et al. (2009), a deficiência de boro na cultura de girassol ocasiona uma redução no crescimento e na produção de matéria seca da cultura, diminuição do tamanho do capítulo e massa de sementes, e também uma diminuição na quantidade de açúcares, óleo e amido, afetando diretamente a produtividade e qualidade da cultura. O importante papel do boro na integridade da membrana foi demonstrado por Cakmak, Kurz e Marschner (1995), trabalhando com girassol. Comparando as folhas deficientes em boro com as normais eles observaram que o efluxo ou vazamento era 35 vezes maior para o K, 45 vezes maior para a sacarose e sete vezes maior para os fenólicos e aminoácidos nas folhas deficientes em B

que nas folhas com níveis suficientes em B (Tabela 1). Ou seja, a deficiência de boro, além de diminuir a eficiência da adubação potássica, libera sacarose e aminoácidos que são nutrientes para pragas e patógenos de plantas.

Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar o aproveitamento de boro e cálcio em adubação foliar e no solo, sobre os componentes de rendimento, qualidade da silagem e teor dos nutrientes nos tecidos na cultura do girassol.

Tabela 1. Análise química do solo antes da implantação do experimento com girassol. UTFPR, Dois Vizinhos, PR.

Profundidade	pH CaCl ₂	MO	P (Mehlich-1)	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	B	V
---- cm ----		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----					mg dm ⁻³	
0-20	5,00	40,21	12,84	0,00	4,28	4,88	2,67	0,73	0,3	65,9

Fonte: Elaboração dos autores.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, no período de setembro de 2008 a abril de 2009. A área experimental está localizada na região fisiográfica denominada de Terceiro Planalto Paranaense, possuindo altitude média de 520 m, latitude de 25°44' Sul e longitude de 53°04' Oeste, o clima é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) segundo a proposição de Köppen (MAACK, 1968). O solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006). As características químicas do solo anterior à instalação do experimento estão expressas na Tabela 1. O pH e saturação por bases estão adequados para a cultura. Os teores de Ca e Mg são classificados como altos e os teores de P e K são classificados como muito altos e o teor de B é considerado médio (CQFS RS/SC, 2004).

A semeadura foi realizada no dia 26/09/2008. As parcelas foram compostas de seis metros de comprimento e cinco fileiras espaçadas a 0,9m, sendo utilizadas três sementes por cova, espaçadas de mais ou menos 0,2m na fileira. Posteriormente realizou-se o desbaste, deixando uma planta por cova, assim ajustando a população para 50.000 plantas por hectare. O genótipo de girassol utilizado foi o Agrobél - La Tijereta. As sementes foram

tratadas com Ridomil gold mz, com princípio ativo Metalaxyl-M+mancozeb (300g) e Captan SC com ingrediente ativo Captan (160g). O manejo da cultura foi realizado objetivando que não houvesse a interferência de pragas, doenças e plantas daninhas seguindo-se as orientações da EMBRAPA (2005).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completamente casualizados, com quatro repetições, para as avaliações dos componentes de rendimento de grãos e três repetições para as avaliações da qualidade bromatológica da silagem (o número de repetições para as avaliações bromatológicas foi menor, pois as mesmas foram realizadas em duplicata no laboratório, utilizando-se o valor médio para cada repetição). Os tratamentos aplicados foram os seguintes: (i) testemunha, sem aplicação de boro ou cálcio; (ii) 2000 g de boro no solo ha⁻¹, no momento da semeadura; (iii) 250 g de cálcio via foliar ha⁻¹; (iv) 500 g de cálcio via foliar ha⁻¹; (v) 750 g de cálcio via foliar ha⁻¹; (vi) 1000 g de cálcio via foliar ha⁻¹; (vii) 250 g de boro via foliar ha⁻¹; (viii) 500 g de boro via foliar ha⁻¹; (ix) 750 g de boro via foliar ha⁻¹ e (x) 1000 g de boro via foliar ha⁻¹. A aplicação foliar foi realizada duas semanas antecedendo o florescimento. Para o boro a fonte utilizada foi o octaborato de sódio (20,5% de B total e 9% de B solúvel) e para o cálcio a fonte foi o cloreto de cálcio PA.

As características avaliadas no momento do florescimento (08/12/2008) foram: estatura de planta, medida do nível do solo até a inserção do capítulo, número de folhas fotossinteticamente ativas e número de plantas da parcela para posterior ajuste de número de plantas por hectare. A ensilagem foi realizada no dia 08/01/2009, onde foi realizado o corte das plantas de uma fileira de cinco metros de comprimento a 30 cm do solo, dentre as plantas desta fileira foi retirada uma planta de forma aleatória para a avaliação das frações das partes da planta. Para essa avaliação separou-se a planta em haste, capítulo, folhas fotossinteticamente ativas, folhas senescentes e grãos, cada qual colocadas separadamente e secas em estufa a 55°C até atingir massa constante. O restante das plantas foram trituradas em ensiladeira (marca JF90 e modelo Z10) com o tamanho de partícula de dois a três cm, sendo posteriormente inseridas e compactadas em microssilos experimentais. Os microssilos experimentais foram confeccionados em tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 50 cm de comprimento, na base dos silos foram colocados 300 gramas de areia seca para reter os efluentes da silagem. O material triturado foi compactado a uma taxa de 750 kg m⁻³, sendo que as extremidades foram vedadas com sacos plásticos e fita adesiva para evitar a entrada de ar.

Os microssilos foram mantidos na posição vertical até a abertura, realizada no dia 19/06/2009 (162 dias após a ensilagem). Após a abertura, foram retiradas duas amostras uma para a determinação da matéria seca da silagem e a outra para avaliar os teores de: proteína bruta, realizada pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990); fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, realizadas segundo a metodologia de Van Soest (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991); carboidratos totais e extrato etéreo, obtidos por extração com éter sulfúrico a 34°C, em aparelho extrator tipo Soxtherm por um período de 24 horas; matéria mineral, obtida pela queima do material em mufla

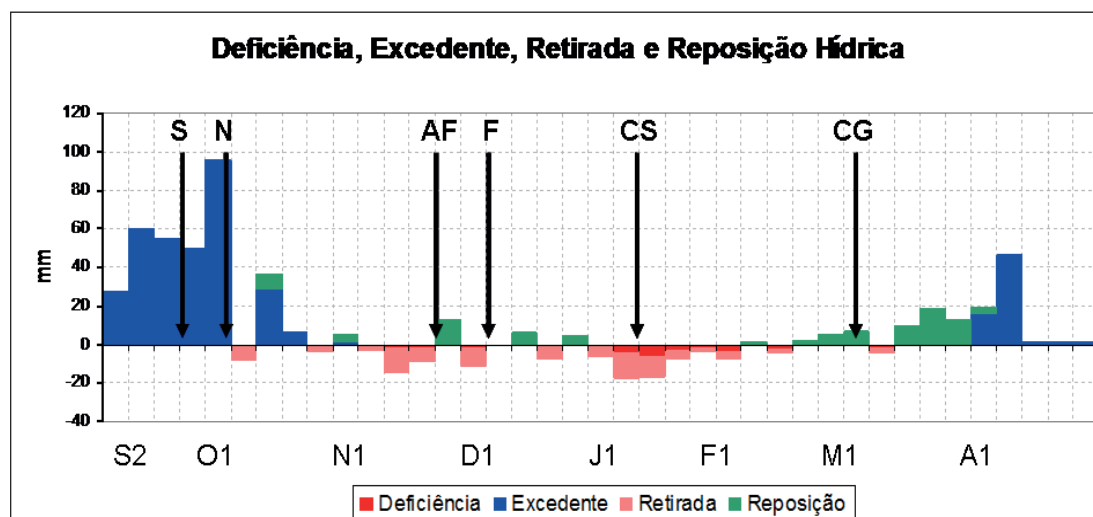
a 400°C; carboidratos não-fibrosos; nutrientes digestíveis totais e energia líquida da lactação. Além disso, avaliou-se a composição dos nutrientes no tecido vegetal da silagem, verificando-se os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio presentes na massa ensilada, pela metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A colheita dos grãos foi realizada dia 07/03/2009, colhendo-se os capítulos e avaliando-se as seguintes características: número de capítulos, massa de 100 grãos e produção de grãos, corrigida para 13% de umidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e para as características que apresentaram diferença significativa realizou-se o teste de comparação de médias pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se do software Genes (CRUZ, 2006).

Resultados e Discussões

No período de pleno desenvolvimento do girassol (após o florescimento) no campo houve escassez de chuvas, com quarenta dias sem precipitação, entre 10 de novembro e 20 de dezembro de 2008, e também houve precipitação abaixo do normal após este período, o que resultou em menor crescimento das plantas. Além disso, nestas condições de baixa precipitação a eficiência na aplicação foliar provavelmente foi menor que em condições hídricas ideais (Figura 1). A aplicação de sulfato de potássio em girassol via foliar conduzido em estufa, melhorou diversas condicionantes fisiológicas da cultura (crescimento, rendimento de aquênios, taxa fotossintética e taxa transpiratória, condutância estomática, eficiência do uso da água, turgor foliar dentre outros), porém quando as plantas estavam sendo conduzidas em condições ótimas de disponibilidade hídrica (AKRAM; ASHRAF; AKRAM, 2009). Condição oposta a que ocorreu no presente experimento, pela diferença do produto foliar aplicado e condição hídrica do solo.

Figura 1. Extrato do balanço hídrico contendo a deficiência, excedente, retirada, reposição e manejos de semeadura (S), aplicação de nitrogênio (N), (AF), (F), colheita para silagem (CS) e colheita de grãos (CG), para os decêndios dos meses de setembro (S), outubro (O), novembro (N), dezembro (D), janeiro (J), fevereiro (F), março (M) e abril (A). Adaptado de Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998).



Fonte: Elaboração dos autores.

Os resultados de análise da variância indicam que os tratamentos aplicados no girassol não diferiram para a maioria das variáveis analisadas (Tabela 2). Somente para estatura de plantas e para a partição da matéria seca de grãos foi observada diferença entre os tratamentos. Castro et al. (2006), analisando o boro e estresse hídrico na cultura do girassol, concluíram que as plantas com estresse hídrico desde o início do florescimento ou a partir do enchimento de aquênios obtiveram menor produção de matéria seca total, de aquênios e óleo que plantas sem estresse. Esse fato irá interferir na qualidade e rendimento da cultura, causando danos econômicos ao produtor. Porém, deve-se considerar que alguns tratamentos foram aplicados via foliar anteriormente ao florescimento, período em que não se verificou problemas com deficiência hídrica. A aplicação foliar, segundo Maeda et al. (2011), fornece totalmente e rapidamente os nutrientes aplicados nas plantas, obtendo assim uma rápida absorção. No entanto, é uma aplicação para suprir deficiência pontual, pois os nutrientes não permanecem nas folhas à espera da absorção, o que inviabiliza seu uso para nutrientes

exigidos em grandes quantidades pelas culturas. O boro é quase que na sua totalidade absorvido por fluxo de massa no solo (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Embora se saiba que a absorção seja bastante lenta em condições de deficiência hídrica, a maioria das áreas de cultivo de girassol no Brasil é não irrigada, o que pode comprometer o rendimento com a aplicação de nutrientes. O cálcio segue a mesma tendência que o boro, pois em condições de baixa disponibilidade de água este nutriente também tem dificuldade de ser absorvido pelas plantas, uma vez que todos os nutrientes do solo dependem da água para chegarem até o sistema radicular e serem absorvidos. A presença de aplicações foliares de nitrato de cálcio pode aumentar em até 9% a produção de sementes (VAKNIN; BARR; SARANGA, 2008), os presentes resultados não alteraram a produção de grãos, porém a planta já manifestou por meio da partição da matéria seca para os grãos que com a sua aplicação foliar houve um incremento na matéria seca. Esses resultados foram verificados principalmente nos tratamentos de 250 e 500g ha⁻¹ de Ca e 250, 500 e 750 g de Bo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, quadrados médios, fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e média, para o número de plantas (NP), matéria seca de silagem (MSS), número de folhas fotossinteticamente ativa (NFF), número de folhas senescente (NFS), partições da matéria seca de haste e capítulo (PHC), da matéria seca de folha fotossinteticamente ativa (PFF), da matéria seca de folha senescente (PFS), da matéria seca de grãos (PAG), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), carboidratos não-fibrosos (CNF), energia líquida da lactação (ELL), nutrientes digestíveis totais (NDT), teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (presentes na massa ensilada), número de capítulos por parcela (NC), produção de grãos (PG), número de folhas fotossinteticamente ativas em pré-floração (NF), massa de cem grãos (MCG) e estatura de plantas (EP), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e carboidratos totais (CT).

FV	GL	NP (ha ⁻¹)	MSS (Mg ha ⁻¹)	NFF	NFS	PHC (%)	PFF (%)
Bloco	9	119,226	0,2503	0,0333	3,0333	0,0044	0,0013
Trat	2	28,9643 ns	1,5504 ns	10,8741 ns	13,7074 ns	0,0016 ns	0,0004 ns
Erro	18	41,8186	1,7213	10,3296	10,7741	0,0007	0,0006
Média		53,0373	5,5143	12,0667	13,2333	0,468	0,111
CV %		12,19	23,79	26,64	24,8	5,74	21,65
FV	GL	PFS (%)	PAG (%)	EE (%)	MM (%)	CNF (%)	ELL(MJ/d)
Bloco	9	0,0001	0,0015	2,2926	0,8779	8,3164	0,0004
Trat	2	0,0008 ns	0,001 *	8,2682 ns	11,7603 ns	13,2777 ns	0,0012 ns
Erro	18	0,0007	0,0004	10,7901	8,0131	23,7466	0,0016
Média		0,128	0,2927	34,2793	75,4043	25,125	0,6197
CV %		20,26	6,54	9,58	3,75	19,4	6,53
FV	GL	NDT (%)	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
Bloco	9	0,9944	0,0843	0,0021	0,127	0,0783	0,004
Trat	2	3,588 ns	0,1427 ns	0,0058 ns	0,14 ns	0,3348 ns	0,0027 ns
Erro	18	4,6761	0,1544	0,0056	0,2085	0,3371	0,0029
Média		64,2663	1,385	0,1893	2,533	2,848	0,3953
CV %		3,36	28,37	39,49	18,03	20,39	13,7
FV	GL	NC (ha ⁻¹)	PG (Mg ha ⁻¹)	NF (planta ⁻¹)	MCG (g)	EP (m)	
Bloco	3	1,4	54326,307	6,288	0,099	0,017	
Trat	9	10,5111 ns	40207,28 ns	0,801 ns	0,154 ns	0,034**	
Erro	27	13,5111	24273,135	2,587	0,081	0,01	
Média		35,6	988,12	18,84	4,625	1,73	
CV %		10,33	15,77	8,54	6,17	5,8	
FV	GL	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	CT (%)		
Bloco	2	2,275	14,578573	2,292573	0,877923		
Trat	9	2,031929 ns	12,691939 ns	8,268236 ns	11,760267 ns		
Erro	18	1,445778	34,905322	10,790067	8,013094		
Média		8,037	50,2793	34,2793	75,4043		
CV %		14,96	11,75	9,58	3,75		

** , * e ns: significativo a 1%, 5% probabilidade de erro e não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração dos autores.

Verifica-se que a média geral do experimento foi de 0,988 Mg ha⁻¹ (Tabela 2), em que valores dessa magnitude foram influenciados negativamente pela deficiência hídrica. Bonacin et al. (2009),

em condições ideais de disponibilidade hídrica, obteve uma média 2,559 Mg ha⁻¹. A média obtida no presente trabalho também ficou abaixo da média nacional de produtividade de grãos de girassol, que

é de 1,5 Mg ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2008).

Dentre as estratégias que as plantas possuem no que diz respeito à relação fonte e dreno, deve-se considerar que em havendo estresses de ordem abiótica, existirá uma redução da alocação de carboidratos e matéria seca nas diferentes partes da planta. Toda a dinâmica de alocação ficará reduzida e a planta tenderá a translocar os carboidratos já formados nas partes ativas, como as primeiras folhas formadas, para a produção de grãos. Nesse sentido, haverá uma senescência mais precoce das folhas localizadas na base da planta, um menor desenvolvimento das folhas superiores, tendendo que a alocação seja realizada diretamente para a formação dos grãos. Com isso, primeiro ocorre uma maior partição de matéria seca nos grãos. Em havendo condições essa melhor condição se repercutirá em maior produção de grãos, desde que a condição de estresse não limite essa contribuição.

O número de plantas e de capítulos não obteve diferença significativa entre os tratamentos, isso indica que o desbaste aplicado foi adequado, não havendo variação nessas características de forma que os tratamentos se desenvolveram em condições semelhantes. Marchetti et al. (2001), avaliando a resposta do girassol a diferentes fontes e níveis de boro em vasos, obtiveram rendimento de massa seca aérea influenciada pelas diferentes fontes e doses de boro, sendo que em relação a fonte, o maior rendimento observado foi nas doses de 1,0 a 2,0 mg dm⁻³ de B na forma de Bórax promoveram melhores rendimentos pela cultura, enquanto na dosagem de 4,0 mg dm⁻³ não houve diferença entre as fontes, sendo que o maior rendimento foi obtido com a adição de 1,0 mg dm⁻³ de boro, independente da fonte. A produção de matéria seca da silagem não obteve diferença entre os tratamentos avaliados, apresentando uma média de 5,51 Mg ha⁻¹, sendo esta bem abaixo da encontrada por Oliveira et al. (2010b) que obtiveram média de 15,95 Mg ha⁻¹ em condições ideais de clima e solo, ou seja, sem deficiência hídrica e com a correção das deficiências do solo.

Quanto ao valor nutritivo, verificou-se que a proteína bruta não foi influenciada pelos tratamentos com Ca e B, apresentando média de 8,037%, esse valor foi semelhante ao encontrado por Yildiz, Ozturk e Erkmen (2010) que, analisando a qualidade da silagem de girassol, obtiveram valor de 9,55% de proteína bruta. Já Fassio et al. (2007), analisando a composição na silagem de girassol, obtiveram uma média de 12% de proteína bruta, valor superior ao encontrado nesse trabalho. Essa diferença pode ocorrer devido à influência da época da ensilagem e híbrido utilizado. Apesar de ser um valor em relação ao potencial da cultura, a proteína bruta observada é maior que a média de proteína bruta avaliada em diversos trabalhos de pesquisa (MELLO; NÖRNBERG, 2004; VON PINHO et al., 2007).

O teor de fibras solúveis em detergente ácido (FDA) existente na silagem analisada foi em média de 34,28% (Tabela 2), abaixo do encontrado por Peiretti e Meineri (2010), que analisando a composição do girassol em diferentes estágios de maturação, obtiveram entre 45 e 56% de FDA. Já Mello, Nörnberg e Rocha (2004), analisando diferentes híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem, obtiveram média de 34,78% para o FDA da silagem de girassol. A FDA está relacionada à digestibilidade da forragem, ela contém a maior proporção de lignina, parte indigestível, assim quando maior a FDA menor a digestibilidade do material. A FDA também é um indicador de energia do material, sendo que quanto menor a FDA, maior será a energia da forragem.

A média de fibra em detergente neutro (FDN) foi de 50,28%, valor acima do encontrado por Mizubuti et al. (2002), que obtiveram média de 48,55% avaliando a digestibilidade da silagem de girassol. O teor de FDN está relacionado de forma direta à velocidade com que o alimento passa pelo trato digestivo, sendo assim quanto menor o nível de FDN maior o consumo de MS, pois o alimento passa mais rapidamente, no entanto quando o teor de FDN é muito baixo esse alimento irá passar

muito rápido, dificultando assim a absorção dos nutrientes.

A média de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi de 64,26%, esse valor ficou abaixo do encontrado por Ribeiro et al. (2002), que avaliando silagem de girassol para ovelhas em confinamento, obtiveram 74,02%. No entanto, ficou acima da média encontrada por Oliveira et al. (2010a), cujos valores foram de 60,02%. Essa diferença pode ocorrer devido à diferença entre o extrato etéreo e proteína bruta dos experimentos, pois esse valor é sensível à fase de corte para ensilagem.

A média dos parâmetros de planta avaliados de acordo com os tratamentos está apresentada na Tabela 3. Somente para a estatura de plantas foi observada variação, sendo que doses de cálcio afetaram negativamente a estatura. Outros parâmetros foram semelhantes entre todos os tratamentos e também com a testemunha. No entanto, observamos que quando ocorre déficit hídrico na cultura do girassol, a absorção de nutrientes fica comprometida e dessa forma não apresentou respostas aos tratamentos.

Contudo houve indicações por meio da diferença entre as médias que a partição de matéria seca dos grãos foi superior quando se aplica de 250 a 750 g de B ha^{-1} e/ou 250 e 500 g de Ca ha^{-1} . Nesses tratamentos, a relação fonte e dreno priorizou a formação de grãos. Que em condições de menores influências negativas do estresse hídrico podem permitir maior formação de grãos e resultar em maiores produtividades.

A maior produtividade de grãos aproximou-se de 1100 kg ha^{-1} , muito abaixo do esperado para a cultura, conforme comentado anteriormente. Portanto, os dados do presente trabalho não poderão ser adotados como parâmetros referenciais para o girassol, uma vez que a resposta da cultura ficou comprometida pelas limitações de precipitação na época avaliada.

O estresse pela ausência de nutrientes causa diversos distúrbios nas plantas de girassol, especificamente a omissão de cálcio causa uma redução no número de folhas, estatura de planta, diâmetro da haste, e área folia (PRADO; LEAL, 2006). Além disso, dependendo do estágio de desenvolvimento as plantas ficam com folhas encarquilhadas. Os mesmos autores destacam que a omissão de boro causa uma redução ainda mais acentuada do número de folhas e na produção de matéria seca das raízes. Mas ao contrário do cálcio, para o boro não se verificam sintomas visuais pela sua deficiência. A omissão em condições de campo pode ocorrer pela ausência do elemento no solo ou pela não dissolução desse na solução do solo, como no presente caso, pela ausência de chuvas.

Como já reportado por Castro et al. (2006), o girassol quando sofre estresse hídrico durante o florescimento ou enchimento de grãos, tem baixa produtividade e baixa produção de massa seca e óleo pelas sementes quando comparado com condições de boa disponibilidade de água, o que pode explicar os resultados obtidos no presente estudo. Os efeitos do boro e cálcio poderiam ser mais expressivos em condições de manejo para altas produtividades, onde sistemas de irrigação são utilizados para cultivo e correções da fertilidade do solo são feitas frequentemente. Ao se considerar a disponibilização de novas cultivares na Argentina (período de 1935 a 1995) verificou-se que a partição de matéria seca foi ampliada com as novas cultivares lançadas para a produção de folhas e capítulos (PEREIRA; TRÁPANI; SADRAS, 2000). Já a relação dreno de carboidratos que o colmo exerce e a consequente formação de matéria seca foi menor ao longo dos anos. Dessa forma, a potencialidade da cultura é verificada mesmo em condições de estresse, pois a estratégia da planta nessas condições foi inicialmente a ampliação da partição da matéria seca dos grãos.

Tabela 3. Média das características número de plantas (NP), matéria seca de silagem (MSS), número de folhas fotossinteticamente ativa (NFF) e de folhas senescente (NFS), partições da matéria seca haste e capítulo (PHC), da matéria seca de folha fotossinteticamente ativa (PFF), da matéria seca de folha senescente (PFS), da matéria seca de grãos (PAG), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), carboidratos não-fibrosos (CNF), energia líquida da lactação (ELL), nutrientes digestíveis totais (NDT), teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca) e magnésio (Mg) presentes na massa ensilada, número de capítulos por parcela (NC), produtividade de grãos (PG), número de folhas fotossinteticamente ativas em pré-floração (NF), massa de cem grãos (MCG) e estatura de plantas (EP), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) e carboidratos totais (CT).

	Continua...					
Tratamentos	NP (ha ⁻¹)	MSS (Mg ha ⁻¹)	NFF	NFS	PHC (%)	PFF (%)
Testemunha	54.813	6,294	11,66	14,66	0,51	0,1
2000 g ha ⁻¹ de Bo (SM)	57.037	6,125	9	16	0,47	0,1
250 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	48.890	4,632	12,66	12	0,47	0,11
500 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	51.853	6,043	13	14	0,47	0,12
750 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	51.110	5,47	15,66	8,33	0,48	0,13
1000 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	54.813	6,275	13,33	14,66	0,47	0,11
250 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	58.520	5,087	13	12,33	0,46	0,12
500 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	50.373	5,478	10,66	12,66	0,42	0,11
750 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	51.110	5,579	11,66	14,66	0,45	0,12
1000 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	51.853	4,156	10	13	0,48	0,1
Tratamentos	PFS (%)	PAG (%)	EE (%)	MM (%)	CNF (%)	ELL(MJ/d)
Testemunha	0,14	0,26 d*	31,88	73,42	25,87	0,65
2000 g ha ⁻¹ de Bo (SM)	0,15	0,28 cd	33,28	75,59	26,64	0,63
250 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	0,12	0,3 abc	34,71	75,4	24,69	0,61
500 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	0,11	0,3 abc	36,3	78,87	27,24	0,6
750 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	0,1	0,29 bcd	36,31	73,59	21,61	0,6
1000 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	0,14	0,29 bcd	32,91	74,55	26,3	0,63
250 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	0,11	0,31 ab	34,38	72,72	22,67	0,62
500 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	0,14	0,33 a	36,21	75,63	23,43	0,6
750 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	0,13	0,3 abc	34,53	78,14	24,6	0,62
1000 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	0,14	0,29 bcd	32,28	76,14	28,19	0,64
Tratamentos	NDT (%)	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
Testemunha	65,85	1,4	0,29	2,29	3,08	0,43
2000 g ha ⁻¹ de Bo (SM)	64,92	1,65	0,18	2,38	2,58	0,42
250 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	63,99	1,41	0,21	2,66	2,8	0,39
500 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	62,94	1,02	0,12	2,48	3,19	0,39
750 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	62,93	1,65	0,16	2,85	2,46	0,34
1000 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	65,17	1,6	0,2	2,57	2,68	0,4
250 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	64,2	1,36	0,2	2,76	2,72	0,43
500 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	63	1,21	0,18	2,29	2,77	0,38
750 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	64,1	1,45	0,19	2,76	2,63	0,41
1000 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	65,59	1,11	0,17	2,29	3,56	0,36
Tratamentos	NC (ha ⁻¹)	PG (Mg ha ⁻¹)	NF (planta ⁻¹)	MCG (g)	EP (m)	
Testemunha	34,75	914,07	19,25	4,365	1,73 a*	
2000 g ha ⁻¹ de Bo (SM)	37,25	977,59	19,60	4,40	1,80 a	
250 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	36,00	1132,77	18,23	4,747	1,62 b	
500 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	36,50	1136,48	18,75	4,835	1,80 a	
750 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	33,25	973,33	18,83	4,757	1,51 b	
1000 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	37,75	1073,70	18,63	4,885	1,77 a	
250 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	37,25	879,63	19,28	4,63	1,74 a	
500 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	35,25	1007,59	18,70	4,582	1,71 a	

...Continuação

750 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	33,25	938,70	18,20	4,702	1,76 a
1000 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	34,75	847,40	18,93	4,345	1,81 a
Tratamentos	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	CT (%)	
Testemunha	8,77	47,55	31,88	73,42	
2000 g ha ⁻¹ de Bo (SM)	8,12	48,95	33,28	75,59	
250 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	8,78	50,71	34,71	75,40	
500 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	6,35	51,63	36,30	78,87	
750 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	8,29	51,98	36,31	73,59	
1000 g ha ⁻¹ de Ca (Fo)	8,65	48,25	32,91	74,55	
250 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	8,47	50,05	34,38	72,72	
500 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	7,56	52,21	36,21	75,63	
750 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	8,41	53,53	34,53	78,14	
1000 g ha ⁻¹ de Bo (Fo)	6,96	47,94	32,28	76,14	

SM: aplicação no solo anteriormente a sementeira; Fo: aplicação foliar em V4; CV: coeficiente de variação.

* médias não ligadas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração dos autores.

Conclusões

As adubações foliares com 250, 500 e 750 g de Bo ha⁻¹ e/ou 250 e 500 g de Ca ha⁻¹ contribuíram para uma maior partição de matéria seca de grãos bem como maiores estaturas de plantas. As demais características agrônômicas, valores nutritivos e nutrientes foliares avaliadas não foram alteradas pela adubação com boro e cálcio nas condições atuais.

Referências

AKRAM, M. S.; ASHRAF, M.; AKRAM, N. A. Effectiveness of potassium sulfate in mitigating salt-induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Flora*, Freiberg, v. 6, n. 204, p. 471-483, 2009.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRICULTURAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. 502 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 14. ed. Washington, D.C.: AOAC, 1990. 1298 p.

BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA FILHO, P. M.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 31-34, 2002.

BONACIN, G. A.; RODRIGUES, T. J. D.; CRUZ, M. C. P.; BANZATTO, D. A. Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 111-116, 2009.

CAKMAK, I.; KURZ, H.; MARSCHNER, H. Short-term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, v. 95, n. 1, p. 11-18, 1995.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant and Soil*, The Hague, v. 193, n. 1-2, p. 71-83, 1997.

CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R. F.; DECHEN, A. R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 2, p. 214-220, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: Evangraf LTDA, 2004. 404 p.

CRUZ, C. D. *Programa GENES*: biometria. Viçosa: UFV, 2006. 382 p.

EMPRESA BRASILEIRA de PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 613 p.

_____. CNPS. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos; 2006. 306 p.

FASSIO, A.; GIMENEZ, A.; FERNANDEZ, E.; MARTINS, D. V.; COZZOLINO, D. Prediction of

- chemical composition in sunflower whole plant and silage (*Helianthus annuus* L.) by near infrared reflectance spectroscopy. *Journal Near Infrared Spectroscopy*, Charlton, v. 15, n. 3, p. 201-207, 2007.
- MAACK, R. *Geografia física do estado do Paraná*. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 350 p.
- MAEDA, A. S.; BUZETTI, S.; BOLIANI, A. C.; BENETT, C. G. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M. Foliar fertilization on pineapple quality and yield. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 248-253, 2011.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARCHETTI, M. E.; MOTOMYA, W. R.; FABRÍCIO, A. C.; NOVELINO, J. O. Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. *Acta Scientiarum, Agronomy*, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1107-1110, 2001.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagem de milho, sorgo e girassol. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1537-1542, 2004.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 87-95, 2004.
- MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; ROCHA, M. A.; SILVA, L. D. F.; PINTO, A. P.; FERNANDES, W. C.; ROLIM, M. A. Consumo e digestibilidade aparente das silagens de milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e girassol (*Helianthus annuus* L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 267-272, 2002.
- OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A. M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 39, n. 1, p. 61-67, 2010a.
- OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O. Produtividade, composição química e características agrônomicas de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 39, n. 12, p. 2604-2610, 2010b.
- PEIRETTI, P. G.; MEINER, G. Evolution of composition, nutritive value and fatty acid content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) during the growth cycle. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Ithaca, v. 9, n. 1, p. 112-117, 2010.
- PEREIRA, M. L.; TRÁPANI, N.; SADRAS, V. O. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995 Part III. Dry matter partitioning and grain composition *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 3, n. 67, p. 215-221, 2000.
- PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol 01. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 187-193, 2006.
- QUADROS, B. R.; MAGRO, F. O.; CORRÊA, C. V.; CARDOSO, A. I. I. Teor de macronutrientes na parte aérea e sementes de plantas de alface em função de doses de composto orgânico com e sem adição de fósforo ao solo. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 1, p. 1725-1734, 2011.
- RIBEIRO, E. L. A.; ROCHA, M. A.; MIZUBUTI, Y. I.; SILVA, L. D. F. Silagens de girassol (*Helianthus annuus* L.), milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para ovelhas em confinamento. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 299-302, 2002.
- ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos; normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.
- SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; CAPONE, A.; FERRAZ, E. C.; FIDELIS, R. R. Efeito de épocas de semeadura sobre cultivares de girassol, no sul do Estado do Tocantins. *Revista Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 199-206, 2012.
- SOUZA, A.; OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V. B. R. O boro na cultura do girassol. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análises de solos, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, 1995, 174 p. (Boletim técnico, 5).
- VAKNIN, Y.; BARR, N.; SARANGA, Y. Preliminary investigations into the significance of floral applications of calcium, boron and polyphenols for increased seed set in confection sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 2, n. 107, p. 155-160, 2008.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in to animal relation nutrition. *Journal of Dairy Science*, Madison, v. 74, n. 10, p. 3583-3597. 1991.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e de sorgo em função da época de semeadura. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

YILDIZ, C.; OZTURK, I.; ERKMEN, Y. Effects of chopping length and compaction values on the feed qualities of sunflower silage. *Scientific Research and Essays*, Erzurum, v. 5, n. 15, p. 2051-2054, 2010.