

**Introdução**

O girassol é uma cultura que se adapta a diferentes condições edafoclimáticas, apresentando desenvolvimento adequado desde o Estado do Rio Grande do Sul até o Cerrado do Estado de Roraima. Pode ser cultivado como primeira cultura, aproveitando o início das chuvas (inverno - primavera), beneficiando-se da característica de tolerância a baixas temperaturas no início do ciclo ou, como segunda cultura (verão - outono), pelos mecanismos de tolerância ao déficit hídrico. Na verdade, a época de semeadura será, basicamente, determinada pela disponibilidade hídrica e pela temperatura do solo, característica de cada região (Seção 14 - Semeadura e Manejo da Cultura do Girassol). Apesar de ser uma cultura de verão, o girassol vem se consolidando como uma alternativa viável para os cultivos em sucessão às principais culturas, principalmente, milho e soja.

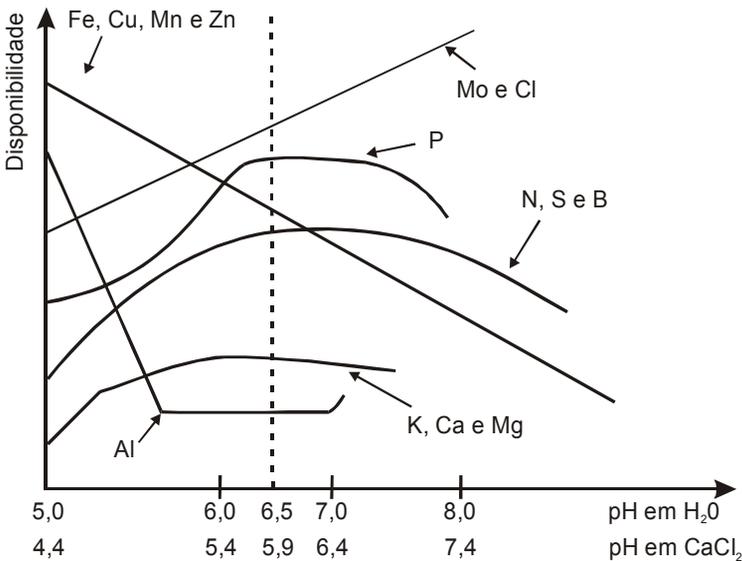
De maneira geral, as condições de fertilidade do solo adequadas ao girassol não diferem das exigidas pelas culturas como a soja ou o milho havendo, no entanto, uma maior necessidade de avaliação e controle da compactação do solo e da acidez subsuperficial que podem limitar o desenvolvimento radicular, intensificando os problemas nutricionais associados ao déficit hídrico e reduzindo o potencial produtivo da cultura.

O girassol apresenta-se como uma cultura melhoradora da fertilidade do solo por apresentar uma elevada capacidade de ciclagem de nutrientes absorvidos em profundidade e uma reduzida taxa de exportação de nutrientes. No entanto, devido às restrições fitossanitárias, é recomendável a rotação de áreas de cultivo de girassol, com a introdução da cultura a cada quatro anos numa mesma área.

### Correção da acidez

Atualmente, a principal região produtora de girassol no Brasil é a dos Cerrados, caracterizada por solos muito intemperizados, geralmente ácidos, pobres em nutrientes e muitas vezes com elevadas saturações de alumínio trocável, ressaltando a necessidade de utilização de um programa para a correção e aumento da fertilidade adequado às culturas envolvidas no sistema de produção.

As concentrações de nutrientes e de alumínio em formas disponíveis às plantas são influenciadas pela acidez do solo (Fig. 1), uma vez que a solubilidade dos compostos minerais e a capacidade de troca de cátions do solo (CTC) estão diretamente relacionadas à atividade dos íons de hidrogênio na solução do solo. Em solos ácidos, a limitação ao desenvolvimento das plantas decorre, principalmente, dos efeitos indiretos do pH, como o aumento da disponibilidade de alumínio e de manganês a níveis tóxicos ou a indução de deficiências de Ca, Mg, P ou Mo, que prevalecem sobre os efeitos diretos do H<sup>+</sup> (Marschner, 1995).



**Fig. 1.** Relação entre pH e a disponibilidade dos elementos no solo.

Fonte: adaptado de Malavolta (1980).

O girassol é uma das plantas mais tolerantes ao excesso de manganês, apresentando redução significativa de crescimento somente quando a dis-

ponibilidade do nutriente trocável no solo supera  $5.300 \text{ mg kg}^{-1}$  (Blamey et al., 1997). Contudo, o girassol é uma planta muito sensível à acidez do solo, não tolerando níveis de saturação por alumínio trocável superiores a 5% (Blamey et al., 1987), diferente da soja e do milho que apresentam desenvolvimento adequado mesmo sob 20% de saturação por alumínio (Alvarez V. & Ribeiro, 1999). Nestas condições, geralmente verificadas em solos com pH ( $\text{CaCl}_2$ ) abaixo de 5,2, o desenvolvimento é drasticamente afetado pelas alterações promovidas no sistema radicular, que apresenta raízes curtas, grossas e bronzeadas (Fig. 2). Com a diminuição do volume de solo explorado, as plantas tornam-se mais sensíveis ao déficit hídrico e ao acamamento, reduzem a absorção de nutrientes, limitando severamente os efeitos da adubação e aumentando a incidência de doenças. Dessa forma, o cultivo do girassol deve ser realizado em solos sem a presença de alumínio.

A prática da correção da acidez dos solos promove a diminuição dos teores disponíveis de alumínio, ferro, manganês, zinco e cobre mas, por outro lado, aumenta a disponibilidade da maioria dos nutrientes, de maneira que os valores de pH dentro de uma faixa de ligeira acidez determinam o ambiente nutricionalmente mais equilibrado. Esta faixa, em geral, varia de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) 5,2 a 6,5, dependendo do material de origem e do estado de intemperização do solo.

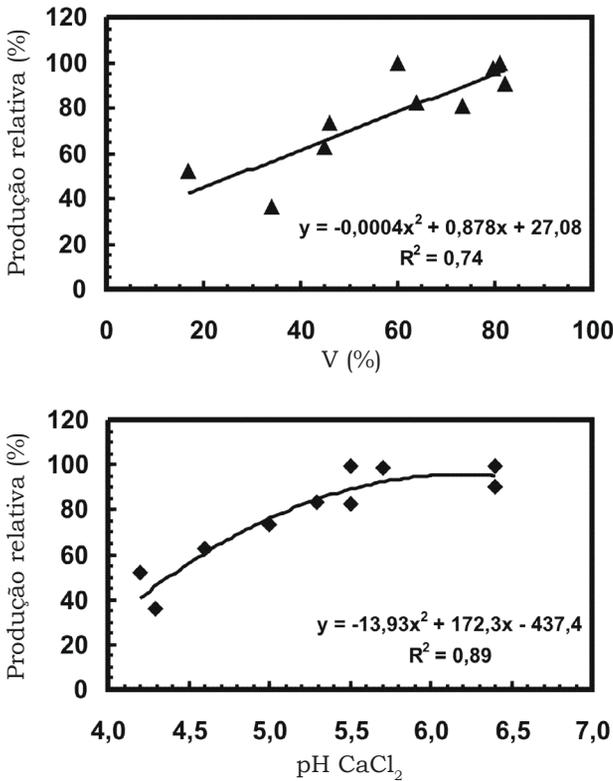


**Fig. 2.** Raiz curta e grossa de girassol, em função da toxicidade crescente de alumínio em solução, em comparação com raiz desenvolvida em solução sem alumínio (primeira à esquerda).

A necessidade de utilização de corretivos de acidez do solo é determinada com base na análise química das camadas superficiais (0 – 20 cm) e subsuperficiais (20 – 40 cm) dos solos. O calcário e o gesso agrícola são os materiais mais utilizados para corrigir, respectivamente, a acidez superficial e a toxidez de Al e a deficiência de Ca subsuperficial.

### Correção da acidez superficial

A calagem tem por objetivos reduzir a acidez do solo e, assim, a disponibilidade do alumínio e do manganês a níveis não tóxicos às plantas, e melhorar a condição geral de fertilidade dos solos, pelo fornecimento de cálcio e magnésio e elevação da capacidade de troca de cátions. A resposta do girassol à calagem é elevada (Fig. 3), podendo apresentar as



**Fig. 3.** Produção relativa do girassol em função da disponibilidade de nutrientes e da acidez do solo.

Fonte: Quaggio et al. (1985).

maiores produtividades em solos com pH ( $\text{CaCl}_2$ ) variando de 5,5 a 6,5 e saturação por bases ao redor de 75% (Quaggio et al., 1985). No entanto, a recomendação da aplicação de calcário deve ser baseada em critérios que atendam as necessidades e as limitações das demais culturas envolvidas no sistema de rotação e sucessão adotado na propriedade agrícola, uma vez que essa prática apresenta um efeito residual de dois a cinco anos. Como as culturas de milho e soja são mais tolerantes à acidez, as quantidades aplicadas poderão ser menores que a recomendada para o girassol (Blamey et al., 1997). Assim, com a presença do girassol no sistema de produção, deve-se promover o monitoramento da acidez do solo e aumentar, caso necessário, a frequência da calagem, uma vez que o limite inferior da faixa de pH adequado é mais elevado, devido à sua maior sensibilidade ao alumínio.

A quantidade de calcário recomendada pode ser determinada por duas metodologias devendo ser empregada aquela mais adaptada em cada região. No método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis (Alvarez V. & Ribeiro, 1999) recomendado para Minas Gerais, são considerados o poder tampão do solo, em função da textura (Y), a tolerância máxima de 5% de saturação por alumínio (m%) e uma exigência mínima de  $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  para a cultura do girassol.

$$\text{NC (t ha}^{-1}\text{)} = \left\{ Y \left[ \text{Al}^{3+} - \left( 5 \times \frac{t}{100} \right) \right] + [3 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})] \right\} \times f$$

onde:

t = capacidade de troca de cátions efetiva do solo, em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;

Y =  $0,0302 + 0,06532r - 0,000257r^2$ ;

r = teor de argila do solo, em %;

f = fator de correção do PRNT do calcário  $f = 100/\text{PRNT}$ .

O método da saturação por bases (V%) baseia-se na relação existente entre o pH e a V%, que indica a disponibilidade média de nutrientes no solo. Para esta recomendação, são considerados o poder tampão do solo, estimado pela CTC, o estado de fertilidade atual e a exigência nutricional da cultura, definidos pela saturação por bases.

$$\text{NC (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(V_2 - V_1) \times \text{CTC}}{\text{PRNT}}$$

onde:

$V_1$  = valor da saturação por bases trocáveis do solo, em porcentagem, antes da correção. ( $V_1 = 100 S/CTC$ ) sendo:

$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$  ( $cmol_c dm^{-3}$ );

$V_2$  = valor da saturação por bases trocáveis, adequada ao girassol;

$CTC$  = capacidade de troca de cátions,  $CTC = S + [H+Al^{3+}]$  ( $cmol_c dm^{-3}$ );

O valor adequado da saturação por bases é variável para cada estado ou região, de acordo com as características dos solos predominantes, e equivale aos valores indicados para as principais culturas de verão, soja e milho. Para o Estado do Paraná, utiliza-se  $V_2$  igual a 70%, para os Estados de São Paulo e do Mato Grosso do Sul, o valor é de 60%. Nos demais Estados da Região Central, formados basicamente por solos sob vegetação de Cerrados e ricos em óxidos de Fe e de Al, o valor adequado de saturação é de 50%. Esta diferenciação está diretamente relacionada à limitação da produtividade da cultura por deficiências dos micronutrientes Zn, Cu e Fe e, principalmente, Mn, induzida por excesso de calcário, e muito comum nos solos de Cerrados com pH ( $H_2O$ ) superiores a 6,3 (Sousa & Lobato, 2002).

Os métodos de recomendação de calcário consideram uma profundidade de incorporação de 0 - 20 cm. Quando a profundidade de incorporação do calcário for superior a este valor deve-se corrigir a quantidade proporcionalmente ao volume de solo. No entanto, quando o sistema de produção for a semeadura direta e a aplicação de calcário superficial, deve-se proceder a amostragem de solo em duas camadas (0 - 10 cm e 10 - 20 cm) e, a partir da média dos valores obtidos para as duas profundidades, aplica-se uma quantidade equivalente a 1/3 da dose recomendada.

Para que a calagem atinja os objetivos de neutralização do alumínio trocável e da elevação da disponibilidade de nutrientes (V%), algumas condições básicas devem ser observadas:

- ♦ todo o calcário deve passar em peneira com malha de 2 mm;
- ♦ dê preferência ao calcário dolomítico (>12% MgO) ou magnesiano (entre 5% e 12% MgO), em solos com disponibilidade de Mg menor que 0,8  $cmol_c dm^{-3}$  e/ou relação elevada de Ca/Mg (>3/1), para evitar que ocorra um desequilíbrio entre os nutrientes.
- ♦ a distribuição desuniforme e/ou a incorporação muito rasa do calcário pode causar ou agravar a deficiência de manganês, resultando em queda de produtividade.

## **Correção da acidez subsuperficial**

Os solos do Brasil Central podem apresentar problemas de acidez subsuperficial, uma vez que nem sempre é viável a incorporação profunda do calcário. Essa condição limita o desenvolvimento do sistema radicular do girassol em profundidade, que é uma característica determinante para aumentar a tolerância à seca e para a promoção da ciclagem de nutrientes, impedindo também que a cultura expresse seu potencial produtivo, principalmente nas regiões onde os solos apresentam menor capacidade de retenção de água e é mais freqüente a ocorrência de veranicos.

A aplicação de gesso agrícola em solos com acidez superficial corrigida atenua o problema de acidez subsuperficial, muito embora o gesso não seja um corretivo de acidez. O gesso apresenta solubilidade superior à do calcário e, na presença de umidade no solo, ocorre a sua dissolução, liberando  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  na solução, que se deslocam para a subsuperfície juntamente com a fase líquida, pelo processo de lixiviação. Neste ambiente, com teores elevados de alumínio em solução, o aumento da concentração do ânion sulfato pode determinar a complexação do alumínio, formando pares iônicos não absorvíveis pelas plantas (Pavan et al., 1982), diminuindo a toxidez por alumínio, aumentando a disponibilidade de cálcio e de enxofre, e resultando num ambiente menos limitante para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

O gesso deve ser utilizado em áreas onde a análise de solo, na profundidade de 20 cm a 40 cm, indicar a saturação por alumínio maior que 10% ou quando o nível de cálcio for inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Para evitar a lixiviação de K e de Mg por excesso de aplicação, a recomendação de gesso agrícola deve considerar a classificação textural do solo, aplicando-se a lanço, 700, 1.200, 2.200 e 3.200  $\text{kg ha}^{-1}$  para solos de textura arenosa, média, argilosa e muito argilosa, respectivamente.

## **Exigências minerais e adubação para a cultura do girassol**

### **Exigências minerais**

Do total de matéria seca acumulada pelos vegetais, aproximadamente 90% correspondem ao acúmulo dos nutrientes carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), provenientes do gás carbônico e da água absorvidos e incor-

porados durante o processo fotossintético (Malavolta, 1980). Os nutrientes minerais, absorvidos pelo sistema radicular diretamente da solução do solo, limitam-se a concentrações que variam de 0,1 mg a 6 g por quilo de matéria seca. Dentre esses, apenas 14 são considerados essenciais (Malavolta et al., 1997), dividindo-se, conforme as quantidades exigidas pelas plantas em macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e micronutrientes, boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn).

A absorção dos nutrientes, de modo geral, é influenciada por diversos fatores, entre eles a capacidade de exploração do sistema radicular, as condições climáticas, as propriedades dos solos, a disponibilidade de água e nutrientes no solo e o manejo cultural. A exigência nutricional é variável com ciclo de desenvolvimento do girassol mas, de maneira geral, tanto para macro quanto para micronutrientes, acompanha a taxa de acumulação de matéria seca durante o estágio vegetativo até o final da floração (Gachon, 1972; Sfredo, 1983).

No início do desenvolvimento vegetativo, até os 30 dias após a emergência (DAE), o girassol apresenta pequena absorção de nutrientes (Unger, 1990). O maior desenvolvimento das plantas ocorre a partir desse momento até o florescimento pleno, fase R 5.5, e é acompanhado do aumento da absorção de nutrientes (Tabela 1) e de água. Este período desempenha importância substancial na definição do potencial produtivo das plantas (Hooking & Steer, 1983). A primeira fase, dos 28 aos 56 DAE, apresenta um rápido

**Tabela 1.** Taxa de absorção de nutrientes da parte aérea (folha, pecíolo, caule, capítulo e aquênio) do girassol (Híbrido Helio 251), durante o ciclo de desenvolvimento.

Dias após a emergência	kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>						g ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0 – 14	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,3	0,6	0,2
14 – 28	1,0	0,1	2,3	0,6	0,2	0,1	1,2	0,8	8,9	7,3	2,5
28 – 42	3,6	0,7	13,9	3,1	1,0	0,7	11,6	6,0	21,3	38,8	16,7
42 – 56	2,3	0,6	11,8	3,9	1,2	0,8	14,0	4,7	16,8	28,6	14,0
56 – 70	1,0	0,2	2,5	1,4	0,1	0,1	2,9	0,3	4,0	35,0	1,4
70 – 84	1,5	–	1,6	–	–	–	3,4	–	5,4	6,3	–
84 – 98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
98 – 112	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

aumento na exigência nutricional, caracterizado por uma velocidade de absorção de nutrientes crescente e uma curva ascendente de acúmulo de nutrientes (Fig. 4).

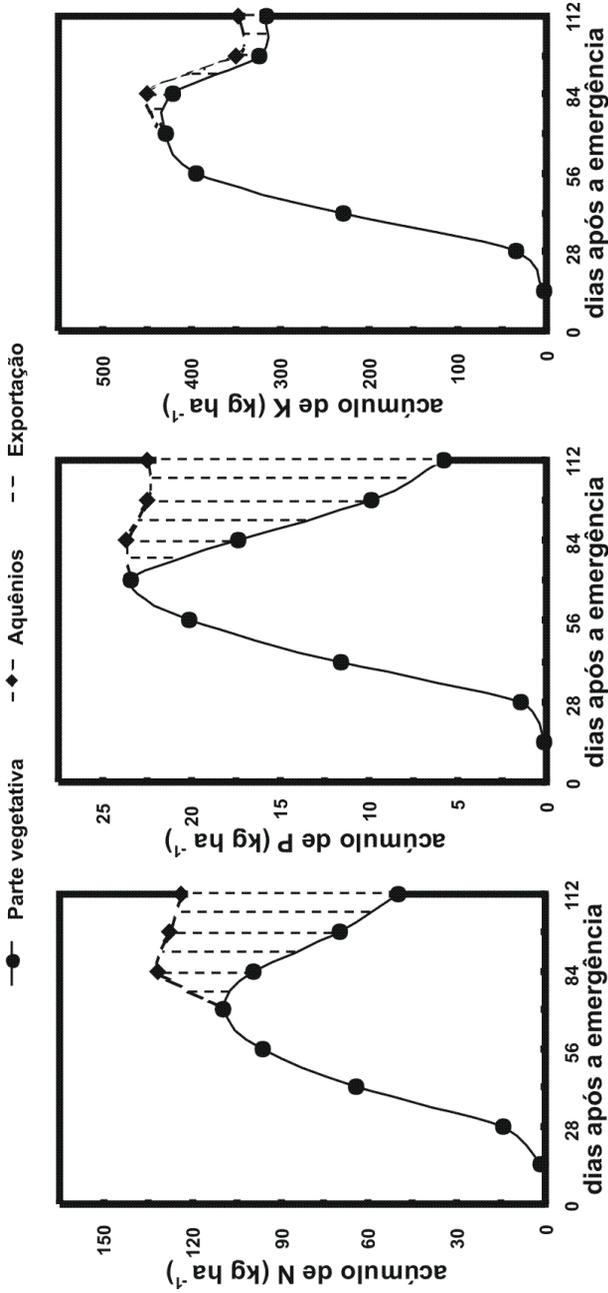
Durante as fases de florescimento (R 5 e R 6) e início do enchimento de aquênios (R 7), dos 56 aos 84 dias, ocorre a diminuição gradativa da velocidade de absorção de nutrientes, quando se atingem, na média, os níveis máximos de acúmulo, variáveis para cada nutriente. Observa-se na Fig. 4, que o girassol acumula, em média, 130, 25 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente, para uma produtividade média de 3.176 kg de aquênios por hectare. O período que se estende até o final do enchimento de aquênios, é caracterizado por uma intensa translocação, notadamente do nitrogênio e do fósforo, dos órgãos vegetativos para os reprodutivos, indicando uma elevada taxa de exportação desses nutrientes pelo girassol.

Com o K, também ocorre a translocação do nutriente das folhas para o caule e para o capítulo. No entanto, apenas uma pequena quantidade é acumulada nos aquênios, de maneira que as concentrações do nutriente mantêm-se elevadas, principalmente, no capítulo e no caule. Ao final do período de maturação, a concentração de potássio, encontra-se ao redor de 70 g kg<sup>-1</sup> e 40 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca no capítulo e no caule, respectivamente. Por esta razão, a Rússia, no início do século XX, produziu e exportou potássio utilizando o caule do girassol como fonte do nutriente (Putt, 1997).

Ao final do ciclo da cultura, as atividades metabólicas são drasticamente diminuídas e acelera-se o processo de senescência das folhas, até as plantas atingirem a fase de maturação fisiológica dos grãos (R 9), encerrando a absorção e o acúmulo de nutrientes e caracterizando-se pela perda de umidade até o ponto de colheita.

O girassol é uma cultura que apresenta elevada capacidade de absorver nutrientes, comparável à da soja (Correção, 2004). Essa característica está associada à produção de matéria seca e ao volume de solo explorado pelo sistema radicular, determinando a ciclagem de nutrientes recuperados das camadas mais profundas do solo.

Apesar do girassol produzir uma biomassa total de 10 a 15 t ha<sup>-1</sup>, o índice de colheita aparente (IC) da cultura é baixo, em média de 0,25 a 0,35 (Merrien, 1992). Essa característica tem sido aumentada com o melhoramento genético, e os híbridos mais modernos podem apresentar valores de 0,51 (Debaeke et al., 2004). O menor índice de colheita do girassol, quando comparado às outras espécies, é resultado do maior custo energético para a síntese de óleo e de proteínas, acumulados nos grãos, em relação à síntese de carboidratos.



**Fig. 4.** Acúmulo de N, P e K na parte aérea e exportação pelos aquênios durante o desenvolvimento do girassol (Helio 251).

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

Considerando o índice de colheita de 0,33, verifica-se que do total absorvido e acumulado, grande parte dos nutrientes permanece na lavoura, sendo disponibilizado para as culturas em sucessão, após a mineralização dos restos vegetais (Tabela 2). Apenas o nitrogênio e o fósforo são exportados em quantidades elevadas, aproximadamente, 56% e 70% do total acumulado, correspondente a 23 kg de N e 12 kg de  $P_2O_5$  por tonelada de grãos, enquanto que a soja exporta 61% e 65% dos mesmos nutrientes, equivalente a 51 kg de N e 10 kg de  $P_2O_5$  por tonelada de grãos (Correção, 2004). Nesse processo de ciclagem, destacam-se o potássio, o cálcio e o boro, que apesar das exigências elevadas para um bom desenvolvimento vegetativo, apresentam taxas de exportação reduzidas.

**Tabela 2.** Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura do girassol, para a produção de 1.000 kg de grãos.

Partes da planta	kg t <sup>-1</sup>						g t <sup>-1</sup>					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo*	Zn
Grãos	23	12,0	12	1,6	2,5	2,2	23	18	98	35	6	42
Restos culturais	18	5,1	159	37,9	8,7	6,6	123	34	256	479	23	111
Total	41	17,1	171	39,5	11,2	8,8	146	52	354	514	29	153
% Exportada	56	70	7	4	23	25	16	34	28	7	21	27

Fontes: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados); \* Blamey et al. (1997).

Assim, constata-se que o girassol é uma cultura melhoradora da qualidade do solo, promovendo a ciclagem de nutrientes ao longo do perfil do solo, beneficiando o desenvolvimento e a melhoria do estado nutricional das culturas subseqüentes, disponibilizando uma grande quantidade de nutrientes pela mineralização dos restos culturais, concordando com as observações de diversos autores (Fleck, 1985; Trezzi, et al., 1994 e Ungaro et al., 2000).

### Diagnose visual de desordens nutricionais

Os nutrientes desempenham funções estruturais e metabólicas essenciais nas plantas (Epstein & Bloom, 2005) e o seu nível de disponibilidade correlaciona-se diretamente com o rendimento de grãos. A redução da produtividade ocasionada por desordens nutricionais pode estar associada a sintomas característicos para cada nutriente. O crescimento e a produção poderão ser limitados antes mesmo do aparecimento dos sintomas,

situação denominada de fome oculta (Malavolta et al., 1997). Apesar da sintomatologia característica a cada desordem nutricional, a diagnose visual deve ser apenas a primeira etapa do diagnóstico nutricional, a ser confirmado pela análise de solo e de tecidos.

A identificação do sintoma requer a análise da lavoura e o levantamento de informações como, variedade ou híbrido cultivado, época de semeadura, estágio de desenvolvimento, disponibilidade de água, temperatura, intensidade e radiação solar durante o ciclo da cultura, que interferem na absorção de nutrientes e podem auxiliar no diagnóstico. Também, é necessário observar a ocorrência de pragas e doenças que podem provocar sintomas semelhantes às desordens nutricionais. É interessante destacar se os sintomas acontecem em reboleira ou de forma generalizada no campo, tendo em vista que deficiência nutricional raramente aparece em algumas plantas, surgindo, normalmente, em áreas com alguma característica em comum (Fontes, 2004), como aquelas que receberam o mesmo manejo de fertilidade.

Além disso, os sintomas devem ser simétricos, isto é, apresentar-se igualmente distribuídos em folhas de mesma idade fisiológica ou mesmo dentro da mesma folha e, devido à mobilidade diferenciada dos nutrientes no floema, deve haver um gradiente de evolução dos sintomas nas plantas. Assim, os nutrientes N, P, K, Mg e Cl são móveis sendo redistribuídos rapidamente para as partes mais jovens das plantas em resposta à deficiência no solo. Portanto, desenvolvendo sintomas mais evidentes nas folhas velhas. Com a redistribuição bastante limitada, os nutrientes S, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn são pouco móveis e os imóveis são o Ca e o B, caracterizando-se por determinarem o aparecimento de um gradiente de sintomas de deficiências mais severos nas folhas mais jovens (Malavolta et al., 1997).

A toxidez, no entanto, desenvolve um gradiente de severidade dos sintomas, independentemente do nutriente, com maior intensidade nos órgãos mais velhos da planta. A Tabela 3 apresenta uma chave geral de identificação dos principais sintomas de desordens nutricionais no girassol. A separação dos sintomas em função da posição do aparecimento na planta, divididas em folhas superiores e inferiores, deve-se basicamente à mobilidade dos nutrientes e objetiva facilitar a interpretação do fenômeno.

## **Diagnose foliar**

Além da análise do solo, a fertilidade do solo pode ser avaliada indiretamente por meio da análise química das plantas, considerando a existência

**Tabela 3.** Chave geral para identificação de desordens nutricionais no girassol.

	Causa
<b>Sintomas nas Folhas Inferiores</b>	
• Clorose	
- Clorose generalizada, coloração variando de verde pálida a amarela, com ou sem necrose, e folhas superiores podendo estar verde pálidas;	- N
- Clorose seguida de necrose nas margens e na região internerval, com a curvatura do limbo foliar para baixo;	- K
- Clorose internerval pálida, destacando-se a coloração verde das nervuras. Sintomas podem evoluir para necrose entre as nervuras principais com a curvatura do limbo foliar para baixo.	- Mg
• Sem clorose ou clorose não acentuada	
- Plantas de porte reduzido e folhas menores, com formação de pontos necróticos de cor cinza escuro, sem halo clorótico entre as nervuras principais, similares a infecções causadas por doenças;	- P
- Clorose ao longo de toda a margem da folha, evoluindo para pontos necróticos com halo amarelado nos bordos e também entre as nervuras principais;	+ B
- Pontos coalescentes que evoluem para necrose pálida entre as nervuras principais. A presença de halo clorótico ao redor da necrose pode indicar deficiência induzida de zinco.	+ P
<b>Sintomas nas Folhas Superiores</b>	
• Clorose	
- Em plantas jovens, clorose internerval pálida amarelada, podendo evoluir para necrose. Nas plantas mais velhas, clorose internerval de coloração quase branca e nervuras em destaque, seguida de necrose e deformação das folhas;	- Fe
- Pontos cloróticos pálidos menores que 2 mm na região internerval de folhas recém expandidas, que evoluem para necrose marrom pálida, mas permanecem isolados;	- Mn
- Clorose internerval amarelada, nervuras verdes em destaque, e necrose no ponto de inserção do pecíolo no caule.	+ Zn

Continua...

---

 ...Continuação Tabela 3

- Sem clorose ou clorose não acentuada
  - Folhas pequenas ou malformadas, grossas, endurecidas e quebradiças, com coloração bronzeada, evoluindo para necrose marrom. Na época do florescimento, estes sintomas ocorrem no pedúnculo, evoluindo para o colapso e necrose na base do capítulo, terminando por decapitar a planta, ou gerar capítulos deformados e grãos chochos; - B
  - Folhas recém expandidas de coloração verde escuro e brilhantes, com curvatura para cima e formação de novas folhas enrugadas e com aparência acinzentada pelo excesso de pubescência; - Cu
  - Plantas menores com folhas novas estreitas e margens onduladas, evoluindo para a perda de turgidez e pontos necróticos de coloração marrom. - Zn

### **Sintomas tanto em folhas superiores quanto inferiores**

- Clorose
    - Clorose verde pálida a amarelada, com sintomas uniformes mais aparentes nas folhas superiores. Eventualmente, os sintomas de clorose aparecem na forma de mosqueados; - S
    - Clorose pálida generalizada, destacando as nervuras mais verdes, com a curvatura do limbo das folhas jovens para cima e necrose nas margens; - Mo
    - Pontuações pequenas, pardas a escuras na base do caule, nos pecíolos e no limbo foliar, associadas aos tricomas. Os sintomas evoluem para clorose destacada das nervuras e deformação de folhas em crescimento, e necrose escura angular das folhas inferiores. +Mn
  - Sem clorose ou clorose não acentuada
    - Redução de crescimento do caule, folhas verde escuras enrugadas e deformadas com formação de pontos necróticos, bronzeamento e murcha; - Ca
    - Raízes descoloridas, curtas e grossas, excesso de raízes laterais finas e sintomas de estresse hídrico na parte aérea, associado ou não aos sintomas de deficiência fósforo ou magnésio. Em plântulas, ocorre clorose internerval seguida de necrose nos bordos. +Al
-

de uma relação significativa entre a disponibilidade de nutrientes no solo e os teores acumulados nos tecidos, com influência direta sobre o desenvolvimento e a produtividade das culturas. A utilização da planta como referência para a disponibilidade de nutrientes no solo é muito interessante, porque permite a interpretação do estado nutricional, que é resultante de todos os fatores físicos, químicos e biológicos que interferem na disponibilidade e na absorção dos nutrientes.

O órgão mais adequado para a avaliação do estado nutricional é a folha, porque apresenta a maior atividade metabólica e deve ser amostrada no período de máxima demanda nutricional das plantas. A amostragem de folhas, a exemplo da análise de solo, deve obedecer a critérios que identifiquem áreas uniformes quanto à fertilidade do solo, à cultura e ao manejo adotado. As folhas devem ser coletadas em um número de plantas suficientes, amplamente distribuídas na lavoura, para compor uma amostra representativa do estado nutricional. Para tanto, deve-se realizar a amostragem no início do florescimento (Fase R 5), coletando a primeira folha completamente desenvolvida e fisiologicamente madura (Blamey, 1987) de aproximadamente 20 plantas no interior do talhão, com características representativas do talhão. Em geral, essa folha posiciona-se como a terceira ou quarta abaixo do capítulo. Não se deve coletar folhas danificadas por insetos, nem folhas com manchas ou aspecto anormal, a não ser que a possível causa dessa anormalidade seja de origem nutricional. Neste caso, coletar separadamente folhas de áreas consideradas normais e anormais e anotar essa informação no saco de papel.

A contaminação por poeira deve ser evitada, pois interfere nos resultados analíticos. O procedimento de lavagem das folhas, quando necessário, consiste no mergulho das mesmas em recipiente como água destilada, seguido da secagem à sombra e acondicionamento em sacos de papel com todas as anotações que caracterizem a amostra e o talhão. Posteriormente, enviar a amostra o mais rápido possível para um laboratório de análise de tecidos.

Basicamente, a diagnose foliar consiste em analisar quimicamente as folhas e comparar os resultados com os valores do padrão nutricional para a cultura (Malavolta, 1997). A diagnose foliar possibilita avaliar o estado nutricional das plantas e identificar situações de deficiência ou excesso de nutrientes, além de complementar as informações obtidas da análise de solo, para quantificar as necessidades de adubações futuras. Na interpretação, contudo, deve-se procurar correlacionar os nutrientes analisados e identificar, além dos desvios nutricionais, possíveis efeitos do desbalanço entre os nutrientes.

Da relação entre o estado nutricional das plantas e o potencial produtivo do girassol, são definidas as faixas de interpretação das concentrações de nutrientes nas folhas de girassol coletadas no início do florescimento (Tabela 4). A faixa de suficiência corresponde ao intervalo dos teores foliares associados à máxima atividade fisiológica e, conseqüentemente, maiores taxas de crescimento, produção e qualidade (Bataglia et al., 1992). Valores abaixo do nível médio de suficiência indicam limitação do potencial produtivo por deficiência nutricional, ao passo que valores muito superiores ao adequado podem restringir o desenvolvimento das plantas, caracterizando a toxidez por excesso ou por desequilíbrio nutricional.

**Tabela 4.** Faixas de interpretação das concentrações de nutrientes nas folhas de girassol coletadas no início do florescimento.

Nutriente	Baixo	Suficiente ou médio	Alto
	.....g kg <sup>-1</sup> .....		
N	< 35	35 a 50	> 50
P	< 2,9	2,9 a 4,5	> 4,5
K	< 31	31 a 45	> 45
Ca	< 19	19 a 32	> 32
Mg	< 5,1	5,1 a 9,4	> 9,4
S	< 3,0	3,0 a 6,4	> 6,4
	..... mg kg <sup>-1</sup> .....		
B	< 35	35 a 80	> 80
Cu	< 24	24 a 42	> 42
Fe	< 120	120 a 235	> 235
Mn	< 55	55 a 180	> 180
Zn	< 29	29 a 43	> 43

Além da avaliação das faixas de teores nutricionais, a diagnose foliar torna-se mais completa pela análise da interação entre os nutrientes e, conseqüentemente, pela interpretação do estado de equilíbrio nutricional. O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) utiliza a relação entre pares de nutrientes para determinação de índices nutricionais que são comparados com os valores de referência de uma população padrão, identificados por normas (Beaufils, 1973). Assim, o DRIS analisa indiretamente os fatores nutricionais que interferem na produtividade

de por meio de índices relativos a interação entre os nutrientes, determinando o nível de balanço nutricional. Desse modo, é possível estabelecer a ordem de limitação dos nutrientes numa escala contínua, desde o mais deficiente até o mais excessivo, e planejar racionalmente o manejo da adubação para a solução dos problemas nutricionais da lavoura, iniciando pela correção dos maiores desequilíbrios. Atualmente, entretanto, não estão disponíveis as normas DRIS de referência para a cultura do girassol.

## **Adubação**

Para que o girassol possa expressar todo seu potencial produtivo, o suprimento de água e nutrientes deve ser adequado desde o início do seu desenvolvimento mas, principalmente, a partir da emissão do botão floral quando se inicia o período de maior crescimento, acompanhado do aumento no consumo de água e da demanda nutricional. A disponibilidade de nutrientes nos solos é bastante variável, e a necessidade de correção ou manutenção da fertilidade de uma área deve ser determinada com base nas informações das análises químicas do solo e das folhas e no histórico de uso da terra, considerando o sistema de cultivo e rotação de culturas, o manejo da fertilidade, os possíveis registros de ocorrência de sintomas de desequilíbrio nutricional e as produtividades nos cultivos anteriores. Os problemas nutricionais são reflexos do manejo da fertilidade dos solos, mas influenciados diretamente pelas condições de desenvolvimento das plantas, que envolvem os fatores climáticos, as práticas culturais e a ocorrência de plantas daninhas, pragas ou doenças.

Todas as informações pertinentes ao assunto são consideradas nos trabalhos para a determinação das classes de interpretação dos teores de nutrientes no solo e nas folhas, para a calibração das respostas à adubação, e também naqueles relativos à forma e às épocas de aplicação dos nutrientes que são utilizados para a elaboração das tabelas de recomendação de adubação.

O girassol é uma cultura exigente em fertilidade, acumulando grande quantidade de nutrientes. No entanto, a sua resposta à adubação é limitada pelo potencial produtivo e também pela taxa de exportação de nutrientes que não é elevada. Em experimentos realizados nos Estados do Paraná e de Goiás, para a determinação das necessidades adequadas de N, de P e de K, de modo geral, as maiores produtividades foram alcançadas com quantidades de nutrientes inferiores às recomendadas para outras cultu-

ras, como o milho (Coelho et al., 2005), a soja (Correção, 2004) e o trigo (Calagem, 2005). Em parte, esses resultados demonstram que a capacidade de exploração pelo sistema radicular profundo do girassol, aumenta a eficiência de aproveitamento da fertilidade natural dos solos, e também das adubações nos cultivos anteriores, absorvendo nutrientes nas camadas mais profundas, além daquela alcançada pelo sistema radicular da maioria das culturas.

## **Nitrogênio**

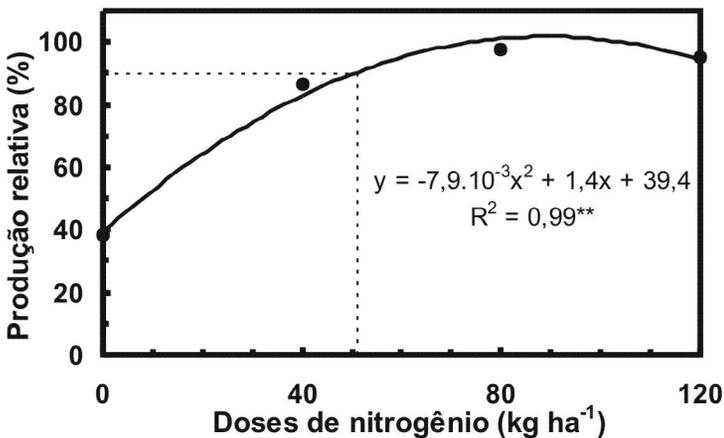
O N é o constituinte de aminoácidos e nucleotídeos, e o principal nutriente para a obtenção de produtividades elevadas em culturas anuais (Fageria et al., 1999). No solo, o nitrogênio apresenta diversas formas orgânicas e inorgânicas que estão dinamicamente equilibradas, definindo o que comumente chamamos ciclo do N. A maior fração do N do solo é orgânica, sendo disponibilizada aos vegetais por meio dos processos de mineralização, que envolvem a decomposição dos restos culturais e animais por atividade microbiológica, divididas em etapas de amonificação e nitrificação (Victoria et al., 1992).

Além dos restos culturais, o nitrogênio é incorporado por processos de fixação biológica, adubação com fertilizantes industriais e também por precipitação induzida por descargas elétricas. O nitrogênio mineral do solo pode existir na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo essa última, predominante em condições naturais e aeróbicas de campo. A forma amoniacal participa do complexo de troca, sendo adsorvida às cargas negativas do solo presentes na superfície dos colóides. Contudo, em função da valência unitária e do tamanho do raio iônico hidratado desse íon, o amônio é menos retido que outros cátions como cálcio, o magnésio e o potássio. O nitrato, por ser um ânion, é bastante móvel no solo, permanecendo em solução e sujeito ao processo de lixiviação (Raij, 1991). No sistema solo-planta, o nitrogênio mineral entra em contato com as raízes das plantas, preferencialmente, por fluxo de massa (Malavolta et al., 1997), e é absorvido nas formas de nitrato ou amônio.

Devido à rapidez do processo de nitrificação nos solos tropicais, de reação ácida, e à absorção de nitrato e amônio pelas plantas, as fontes amoniacais e nítricas apresentam eficiência equivalente para a cultura do girassol. Para a utilização de uréia, no entanto, devem ser consideradas as estratégias para a redução do processo de volatilização, como por exemplo, a incorporação do fertilizante.

Apesar das elevadas quantidades de N acumuladas pelas culturas, a resposta à adubação nitrogenada varia, em função do histórico de uso do solo, incluindo aí, o tempo e o sistema de cultivo, a reserva de N disponível no solo presente nos restos culturais e na fração orgânica humificada, condições gerais de fertilidade do solo, época de cultivo e o potencial produtivo da cultura. Por exemplo, as culturas cultivadas em sucessão à soja são beneficiadas pelos restos desta cultura que, através da fixação do nitrogênio atmosférico, fornece ao solo, em torno de 30 kg de N para cada tonelada de grãos produzidos (Correção, 2004). O aproveitamento pelas culturas em sucessão, depende da velocidade de mineralização dos resíduos orgânicos, mas seguramente, uma parte desse nutriente será disponibilizada e absorvida, sendo considerada nas recomendações de adubação das culturas de milho (Coelho et al., 2005) e de trigo (Calagem, 2005).

O N é o segundo nutriente mais requerido pela cultura do girassol, acumulando  $130 \text{ kg ha}^{-1}$  (Fig. 4). Nos tecidos, a concentração varia, dependendo do genótipo, de 35 a  $50 \text{ g kg}^{-1}$  nas folhas e de 4 a  $10 \text{ g kg}^{-1}$  no caule, no período entre o início do florescimento e o enchimento de aquênios. O nitrogênio é o nutriente que mais limita a produção do girassol (Blamey et al., 1997), proporcionando redução de 60% na produtividade em decorrência da sua deficiência (Fig. 5), quando avaliados dois híbridos cultivados em quatro épocas de semeadura em solos de Cerrados (Smiderle et al., 2002; Smiderle et al., 2003). Segundo Lantmann et al. (1985), quando cultivado em sucessão à soja, seriam necessários apenas  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de



**Fig. 5.** Produção relativa de girassol (BRS 191 e Agrobrel 910), em função da quantidade de nitrogênio aplicada no solo.

Fonte: modificado de Smiderle et al. (2002).

nitrogênio aplicados na cultura do girassol para obter as maiores produtividades. Esse resultado demonstra não só o efeito isolado da aplicação do nitrogênio, como também, do aproveitamento da adubação residual e do nitrogênio simbiótico proveniente da soja.

Segundo Gómez-Arnau (1988), o girassol tem um aproveitamento eficiente da adubação aplicada nos cultivos anteriores devido a capacidade do sistema radicular de explorar maior profundidade, absorvendo o nitrogênio e o potássio lixiviado no perfil do solo. Avaliações experimentais indicam que a produção máxima do girassol é alcançada com 80 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, contudo, com a aplicação de 40 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N obtém-se 90% da produção relativa máxima, correspondendo a quantidade do nutriente economicamente mais eficiente (Smiderle et al., 2002; Smiderle et al., 2004; Castro et al., 2004b).

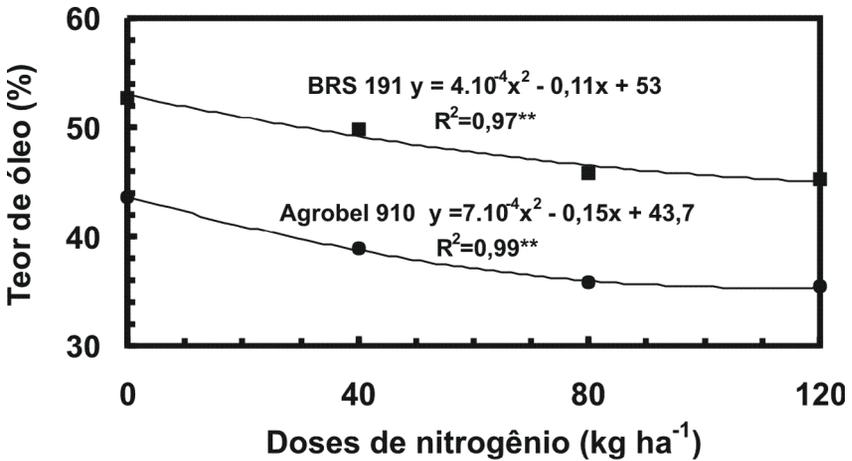
Quaggio & Ungaro (1997) indicam para o Estado de São Paulo, a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, sendo 10 kg ha<sup>-1</sup> de N na adubação de base e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, 30 dias após a emergência das plantas. Para o Estado de Minas Gerais, recomenda-se a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, sendo 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na adubação de base e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, 45 a 50 dias após a emergência das plantas (Comissão, 1989).

Nas oleaginosas, o nitrogênio influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes, determinando o equilíbrio nos teores de óleo e de proteínas acumulados. Assim, a adubação com N em grandes quantidades, além do aumento dos custos com fertilizantes (Castro et al., 1999), eleva os teores do nutriente nos tecidos e reduz a síntese de óleos, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteínas nos aquênios (Vrânceanu, 1977; Steer et al., 1984).

Avaliando-se o efeito da adubação nitrogenada sobre o teor de óleo de dois híbridos (Fig. 6), observam-se os maiores teores na ausência de adubação, 43,7% e 53,0%, para o Agrobél 910 e para o BRS 191, respectivamente. Com o aumento da adubação nitrogenada, entretanto, há redução significativa de 19% e 14% nos teores de óleo, para os respectivos híbridos, na maior dose testada, ainda que os rendimentos de óleo tenham acompanhado a produtividade (Smiderle et al., 2002). Resultados menos expressivos foram obtidos por Castro et al. (2002).

Embora haja redução do teor de óleo, em função do aumento dos teores de nitrogênio no solo, a queda é compensada, em grande parte, pelo aumento dos rendimentos de aquênios e rendimento de óleo por ha.

Levando-se em consideração a grande importância do rendimento de óleo para as agroindústrias, existe a possibilidade futura que a produção de



**Fig. 6.** Teor de óleo de girassol (BRS 191 e Agrobrel 910), em função da quantidade de nitrogênio aplicada no solo

Fonte: Smiderle et al. (2002).

girassol seja remunerada por essa qualidade. Assim, além dos fatores genéticos e climáticos, o conhecimento dos efeitos do N sobre a produtividade e o teor de óleo é decisivo para a definição da adubação, com aplicação de quantidades adequadas do nutriente que podem resultar no melhor equilíbrio entre a produtividade de grãos e rendimento de óleo.

O aumento da incidência de doenças no girassol também apresenta correlação positiva com doses elevadas de nitrogênio (Gómez-Arnau, 1988; Díaz-Zorita, 1995; Leite, 1997). Vrânceanu (1977) cita que o excesso de nitrogênio provoca crescimento excessivo da planta, tornando as folhas mais sensíveis ao ataque de pragas e doenças. Reunindo as informações sobre eficiência econômica da adubação nitrogenada na produtividade, teor de óleo nos aquênios e a sanidade vegetal, recomenda-se a adubação do girassol utilizando doses entre 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, e o parcelamento das maiores doses, principalmente, nos solos de textura arenosa, aplicando-se 1/3 na semeadura e o restante até 30 dias após a emergência das plantas.

## Fósforo

Nas áreas agrícolas, no nível de acidez do solo em que são cultivadas as principais culturas, o fósforo disponível às plantas apresenta-se em baixas concentrações na solução do solo, na forma predominantemente como

ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , e mantendo-se em equilíbrio com a fase sólida que apresenta formas orgânicas e inorgânicas do nutriente divididas em fase lábil e não lábil. O equilíbrio entre as fases do fosfato no solo é controlado pelos processos de adsorção aos minerais da fração argila e precipitação com cálcio, ferro e alumínio. Os solos tropicais ácidos apresentam as maiores taxas de fixação de fósforo que, no entanto, são variáveis de acordo com a quantidade e a mineralogia da fração argila, sendo mais intensas naquelas com a predominância de óxidos de Fe e de Al (Raij, 1991).

O contato do íon fosfato com as raízes ocorre, preferencialmente, por difusão (Malavolta et al., 1997), razão pela qual a absorção do nutriente, depende do volume de solo explorado pelas raízes. Nas plantas, o fosfato é incorporado em compostos orgânicos, incluindo açúcares fosfatos, fosfolipídeos e nucleotídeos. Segundo Taiz & Zeiger (2002) e Epstein & Bloom (2005), o principal ponto de entrada do fosfato na via de assimilação ocorre durante a formação do ATP, a molécula de energia da célula. Nessa reação, o fosfato inorgânico é adicionado ao segundo grupo fosfato da adenosina difosfato para formar uma ligação éster fosfato.

Quando não há limitação da disponibilidade de fósforo, a absorção do nutriente ocorre até o enchimento de aquênios (Hocking & Steer, 1983). Contudo, em situações de déficit hídrico, a absorção do nutriente e o suprimento para as partes em desenvolvimento podem ser afetados severamente, de maneira que os processos de remobilização do P das partes velhas da planta e translocação do nutriente para as partes jovens são intensificados. O fósforo é um nutriente móvel no floema, prontamente redistribuído para outras partes da planta, em especial aos tecidos jovens em desenvolvimento, vegetativo ou reprodutivo, que são drenos preferenciais das plantas (Malavolta, 1980). Estima-se, que a contribuição do fósforo remobilizado das folhas e caule para os aquênios em maturação varie de 30% (Hocking & Steer, 1983) a mais de 60% (Vrebalov, 1974).

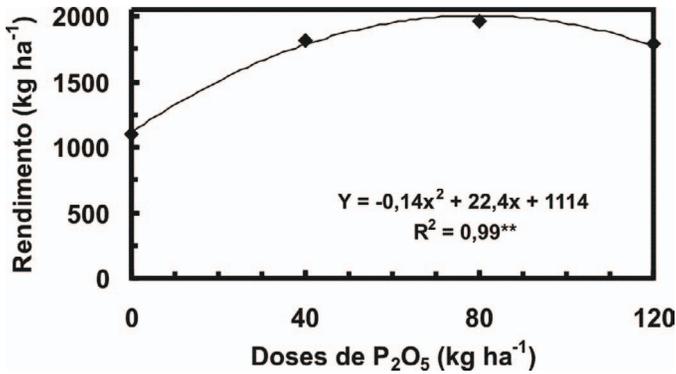
Nas condições de solo em que o girassol tem sido normalmente cultivado no Brasil, em sistema de rotação de culturas, principalmente após o milho ou a soja, não é comum o aparecimento de sintomas de deficiência de P, e a diagnose foliar é o melhor método de avaliação para a identificação da deficiência do nutriente, que normalmente ocorre em campo na condição de fome oculta (Blamey et al., 1997). Independentemente dos sintomas, os mesmos ocorrem nas folhas da parte inferior das plantas, devido à grande mobilidade do nutriente. Ainda assim, o diagnóstico correto é dificultado, pois os sintomas de deficiência de fósforo também podem ser confundidos com aqueles causados por doenças como a *Alternaria helianthi* entre outras doenças (Blamey et al., 1997).

Comparativamente aos demais macronutrientes, o fósforo juntamente com o enxofre, apresenta as menores taxas de acúmulo pelas plantas. No entanto, é o nutriente mais exportado, proporcionalmente, pelos aquênios (Tabela 3), acumulado na forma de lipoproteínas e fitato (Hoocking & Steer, 1983). Apesar do baixo consumo pelo girassol, o fósforo desempenha funções-chave no metabolismo das plantas e na síntese de lipídeos. Segundo Srivastava (1978), o equilíbrio entre a adubação nitrogenada e a fosfatada é o fator determinante para a obtenção de máximas produtividades e o desenvolvimento de sementes sadias, com altos teores de proteína e de óleo, além de elevado vigor e poder germinativo. Em vários países, verificou-se que absorção de níveis elevados de fósforo aumenta o peso de 1.000 aquênios, porém tende a diminuir a relação amêndoa/casca (Weiss, 1983). Em alguns casos, contrariamente, a deficiência pode afetar o conteúdo total de óleo nos aquênios.

A resposta do girassol à adubação fosfatada está relacionada com a disponibilidade do nutriente no solo, a disponibilidade de água e a profundidade de exploração do sistema radicular. Além disso, a eficiência de absorção do fósforo do solo pode ser bastante elevada pela associação simbiótica do girassol com micorrizas vesículo-arbusculares (Koide, 1985; Blamey et al., 1987; Thompson, 1987). Apenas o fósforo lábil pode ser absorvido pelas micorrizas e o seu transporte até as raízes se faz ativamente. O aumento na absorção de fósforo ocorre, principalmente, em função da extensão dos micélios, promovendo aumento da superfície específica do sistema radicular micorrizado, e facilitando o contato dos nutrientes com as raízes (Silveira, 1992).

No Estado do Paraná, as maiores produtividades de girassol cultivado em solos de textura argilosa e com teores médios a altos de fósforo no solo, em torno de  $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ , obtidos com o extrator Mehlich 1 (Correção, 2004), foram alcançadas com níveis de adubação variando entre 40 e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Fig. 7) (Castro et al., 1993). Nessas condições, os teores de fósforo nas folhas dos tratamentos com maiores produtividades, variaram de 3,2 a  $4,3 \text{ mg kg}^{-1}$ . Para o Estado de São Paulo, Quaggio & Ungaro (1997) indicam a aplicação de 20 a  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , dependendo do teor de P na análise do solo. Também com base na análise de solo, recomenda-se a aplicação de 30 a  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para o cultivo do girassol no Estado de Minas Gerais (Comissão, 1989).

A disponibilidade do P às plantas, quando avaliada por meio da análise de solo com extratores ácidos como o Mehlich 1, deve considerar a quantidade das argilas como indicador da capacidade de fixação de fósforo do



**Fig. 7.** Rendimento do girassol (GR 16), em função das doses de fósforo aplicadas no solo, como superfosfato triplo.

solo, determinando classes de interpretação para cada fração textural. Como não há uma classificação específica para o girassol, adota-se os valores de referência regionais, utilizados para as culturas de verão, especialmente a soja e o milho. Assim, em função da disponibilidade decrescente de fósforo dos solos, a adubação mínima para garantir a reposição da exportação de P com a produção de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> em solos com alto teor de fósforo deve ser de 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sendo elevado esse valor até a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos solos com disponibilidade considerada muito baixa (Tabela 5).

**Tabela 5.** Indicação de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em girassol.

Teor de potássio no solo	Teor de fósforo no solo			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
	N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O			
kg ha <sup>-1</sup>				
Muito baixo	40-80-80	40-60-80	40-40-80	40-30-80
Baixo	40-80-60	40-60-60	40-40-60	40-30-60
Médio	40-80-40	40-60-40	40-40-40	40-30-40
Alto	40-80-20	40-60-20	40-40-20	40-30-20

Produtividade esperada 2.000 kg ha<sup>-1</sup>.

A adubação nitrogenada pode ser aumentada em 20 kg ha<sup>-1</sup>. Optar pelo parcelamento, adubando com 1/3 na semeadura e o restante em cobertura, ao redor dos 30 dias após a emergência das plantas.

Devido ao comportamento químico do fosfato no solo, que favorece os processos de adsorção e precipitação, limitando a sua mobilidade no solo, para a maior eficiência, os fertilizantes fosfatados solúveis em água ou citrato neutro de amônio devem ser aplicados na forma de grânulos e localizados próximo das raízes das plantas, de preferência ao lado e abaixo do sulco de semeadura, em solos com a acidez corrigida (Raij, 1991).

## Potássio

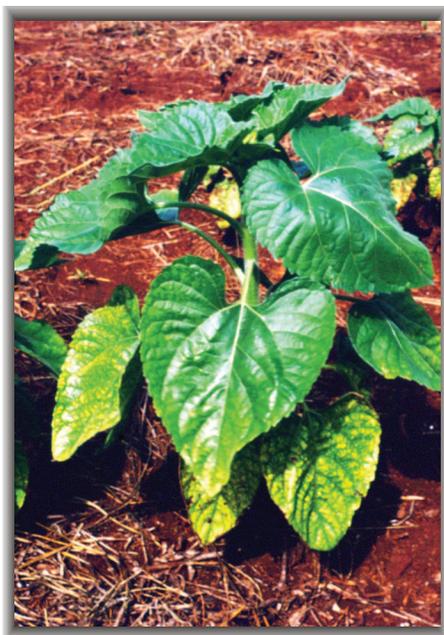
O potássio disponível às plantas, encontra-se como íon  $K^+$ , presente na solução do solo e no complexo de troca (Raij, 1991). A correção da acidez é fundamental para elevar a eficiência de utilização dos fertilizantes potássicos, por aumentar a capacidade de retenção do nutriente no complexo de troca, limitando o processo de lixiviação, principalmente nos solos de textura arenosa.

O contato do íon  $K^+$  com as raízes ocorre, preferencialmente, por difusão e fluxo de massa (Malavolta et al., 1997) e, assim, a nutrição potássica está diretamente relacionada com a disponibilidade de água às plantas. O potássio participa de um grande número de processos biológicos da planta, sem contudo, constituir qualquer composto orgânico (Malavolta, 1980). Assim, o nutriente apresenta grande mobilidade na planta, sendo translocado das partes velhas para as partes jovens, durante o processo de senescência natural ou induzida.

A baixa disponibilidade de K no solo pode causar a diminuição gradativa na taxa de crescimento das plantas, com redução da produtividade das culturas, safra após safra, mesmo sem os sintomas típicos da deficiência. Porém, quando a deficiência de K é mais severa, os sintomas se iniciam com mosqueado amarelado nas bordas das folhas da parte inferior da planta (Fig. 8). Essas áreas cloróticas avançam para o centro das folhas, tornando-se necróticas nas bordas. Em caso mais severos, a planta perde a rigidez, prostrando-se facilmente.

Para a produção do girassol, a disponibilidade de K no solo deve ser média a alta, já que a demanda do girassol é elevada, em torno de 171 kg de  $K_2O$  na parte aérea, para cada tonelada de grãos produzida (Tabela 2). Contudo, a quantidade de K que é exportada através dos aquênios na colheita é baixa, alcançando, em torno de 12 kg de  $K_2O$  por tonelada produzida.

A perda do íon  $K^+$  por lixiviação no perfil do solo sempre foi uma preocupação quando são feitas adubações corretivas, principalmente, em solos de

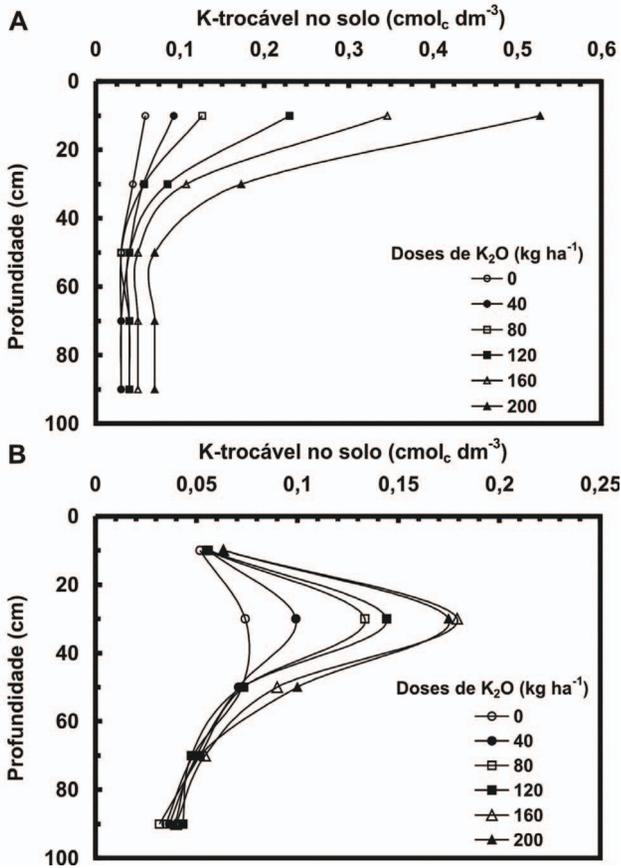


**Fig. 8.** Deficiência de potássio nas folhas baixeras da planta de girassol.

textura média a arenosa, como em muitas áreas de expansão agrícola em diversas regiões do Brasil.

Avaliando os efeitos do K aplicado em Latossolo muito argiloso de Londrina, PR, Borkert et al. (2005) observaram um gradiente de K trocável, variando de  $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  até  $0,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na camada de 0-20 cm, confirmando a capacidade elevada de retenção de potássio nos solos argilosos (Fig. 9A). Na camada de 20 - 40 cm, ocorreu pequeno aumento dos teores de K trocável em relação à testemunha, nas doses de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  a  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , indicando que a movimentação de potássio no perfil do solo ocorre nos solos argilosos, quando adubados com altas doses, ainda que aplicadas na superfície. A perda de potássio por lixiviação para fora da região de absorção pelas raízes, no entanto, é bastante reduzida nesses solos que apresentaram teores de K trocável, nas camadas de 40 - 60 cm, 60 - 80 cm e 80 - 100 cm, próximos aos teores da testemunha, e abaixo de  $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

Por outro lado, nos estudos em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico de textura média, com  $190 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, em Mato Grosso, com teores iniciais de K muito baixos, foi observado uma capacidade de retenção de potássio na camada superficial muito menor que nos solos argilosos, com o gradiente variando de  $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  a  $0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Fig. 9B). Nesse



**Fig. 9.** Teor de potássio trocável no solo, em função de doses e da profundidade; (A) média de 4 safras (97/98; 98/99; 99/00; 00/01), em Londrina-PR; (B) safra 2001/02, em Itiquira-MT. Embrapa Soja, Londrina-PR.

Fonte: Castro et al. (2005, dados não publicados).

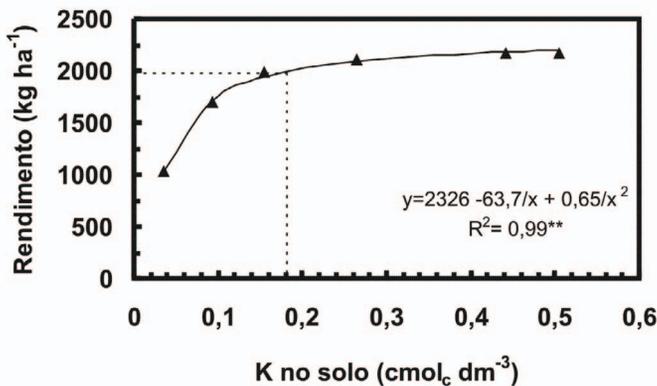
solo, o movimento do íon K<sup>+</sup> no perfil foi elevado, principalmente, quando foram aplicadas doses superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, e acúmulo de potássio principalmente, na camada de 20 - 40 cm (Oliveira et al., 2004). Abaixo de 40 cm, a lixiviação de K para as camadas mais profundas ocorre mais lentamente, e depende da aplicação de altas doses em cultivos sucessivos. Assim, o nutriente aplicado permanece ainda disponível numa profundidade de ocupação do solo pelas raízes das plantas (Oliveira et al., 2004). A grande diferença na capacidade de acúmulo de potássio nas camadas superficiais dos solos é, principalmente, devida a CTC. Enquanto nos so-

los argilosos em estudo do Paraná as CTC variaram de 12 a 14  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , nos solos de textura média variaram de 5 a 6  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , sendo a principal razão para o comportamento distinto para a movimentação do K no perfil do solo e, conseqüentemente, para a adoção de estratégias de manejo do potássio adequadas para cada ambiente.

No Paraná, foram observados em Latossolos Vermelhos Eutroféricos e Distroféricos, que os teores no solo menores que 0,12  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  determinaram baixa disponibilidade e absorção de K pelas plantas de girassol (Borkert et al., 1997). Nessas condições, os teores de K nas folhas foram baixos, em torno de 18,8  $\text{g kg}^{-1}$ , causando sintomas de deficiência típica do nutriente e queda na produtividade do girassol.

Nos solos argilosos, com teores de potássio em torno de 0,20  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , as maiores produtividades foram alcançadas com níveis de adubação variando entre 40 e 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Castro et al., 1993), dependendo da disponibilidade de água, da profundidade do solo explorado, e dos teores de potássio nas folhas, que variaram de 35 a 45  $\text{mg kg}^{-1}$ . Para o Estado de São Paulo, Quaggio & Ungaro (1997) indicam a aplicação de 20 a 60  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , dependendo do teor de K na análise do solo. Para o Estado de Minas Gerais, recomenda-se a aplicação de 30 a 70  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , dependendo da faixa de disponibilidade de K na análise do solo (Comissão, 1989).

Na safra 2003/04, verificou-se que em Latossolo muito argiloso do Paraná, o nível crítico de potássio no solo para atingir 90% da produtividade relativa máxima do girassol era de 0,18  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K (Fig. 10), com incre-



**Fig. 10.** Rendimento do girassol (Helio 251), em função dos teores de potássio no solo obtidos nos municípios de Campo Mourão, PR, e Londrina, PR.

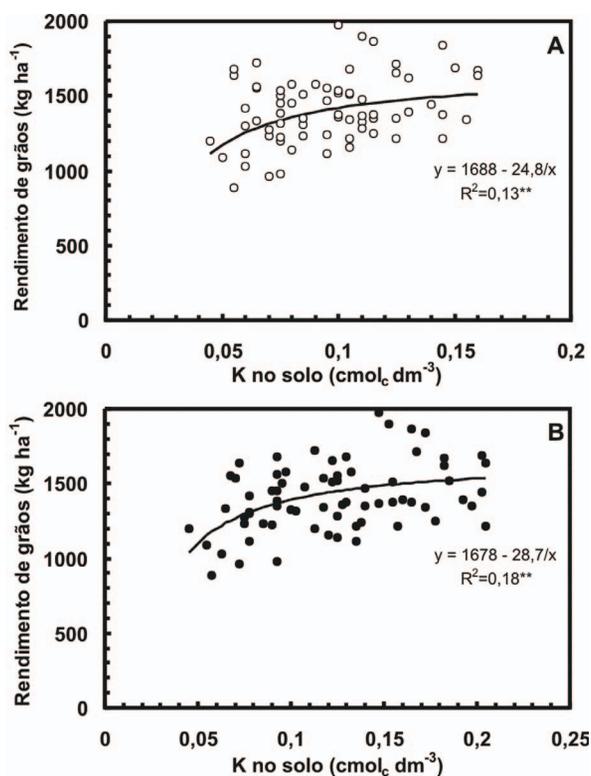
Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

mentos na produtividade muito pequenos nos teores acima desse valor, caracterizando um consumo de luxo do nutriente pelas plantas. Esse nível se aproxima do indicado para a média disponibilidade de K para a soja cultivada no Estado do Paraná, que é em torno de  $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K (Correção, 2004), de maneira que a interpretação da disponibilidade de potássio para a cultura do girassol nos solos na região pode ser orientada pelos limites estabelecidos para a soja.

Nos experimentos realizados em solos de textura média do Estado de Mato Grosso, a resposta do girassol à adubação potássica não foi elevada mas, as produtividades foram severamente afetadas pela baixa disponibilidade de água nas fases mais críticas para o desenvolvimento da cultura, uma vez que as semeaduras foram tardias, na segunda quinzena de março. Na média de dois cultivos, as maiores produtividades foram alcançadas com os teores de K-trocável de  $0,08$  a  $0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na camada de  $0 - 20 \text{ cm}$  ou  $0,09$  a  $0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , considerando a disponibilidade de potássio na camada de  $0 - 40 \text{ cm}$  (Fig. 11). Pela avaliação dos teores de K nas folhas como uma função de K trocável no solo nas camadas  $0 - 20 \text{ cm}$  e  $0 - 40 \text{ cm}$ , a faixa de suficiência de potássio no tecido vegetal, estabelecida a partir dos teores no solo necessários para a obtenção de 90% e 100% da produtividade máxima, foi de  $36 \text{ g kg}^{-1}$  a  $45,0 \text{ g kg}^{-1}$  de K (Fig. 12), valores considerados adequados em lavouras de altas produtividades.

Em solos com maior mobilidade de K no perfil, a correlação entre a sua disponibilidade na profundidade até  $40 \text{ cm}$  com os teores nas folhas e a produtividade demonstra que, pelas características de exploração radicular do girassol, a interpretação pode não ser adequada quando se considera somente a camada  $0 - 20 \text{ cm}$ . Esse resultado indica que existe uma quantidade do nutriente disponível além da camada superficial, o que explicaria a menor resposta da cultura à adubação e as elevadas quantidades absorvidas pelas plantas. Por essas características, a inclusão do girassol nos sistemas de rotação e sucessão de culturas torna-se interessante para a recuperação do K residual da adubação nas culturas anteriores, principalmente o acumulado em profundidades abaixo da zona de exploração das raízes das outras culturas.

As necessidades de adubação potássica do girassol são determinadas com base na análise de solo. Para a definição dessas classes, a exemplo do P, são adotados os valores determinados regionalmente para a soja. Em condições de baixa até média disponibilidade de K no solo, a resposta do girassol à adubação pode variar de  $40$  a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Tabela 5). Nos



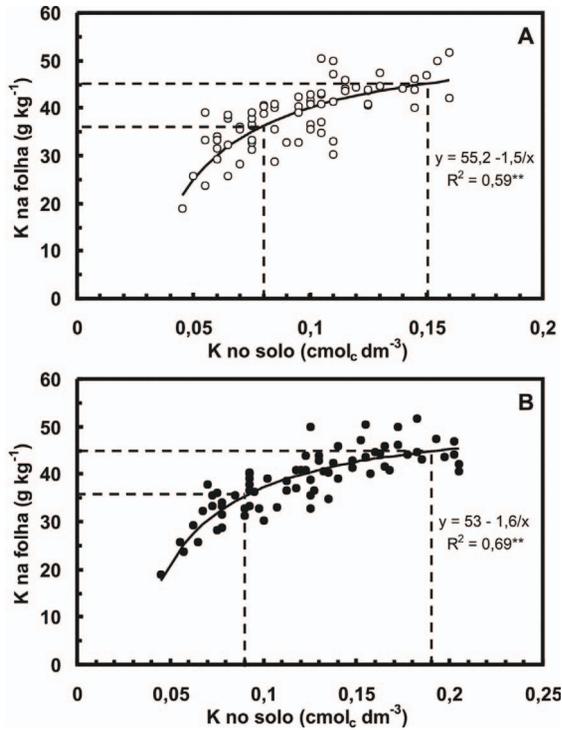
**Fig. 11.** Rendimento do girassol em Latossolo Vermelho Amarelo de cerrados em relação aos teores de K na camada 0 – 20 cm (A) e na camada 0 – 40 cm (B) de profundidade. Médias das safras 2001/02 e 2002/03.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

solos com alta disponibilidade do nutriente, deve-se utilizar a adubação de manutenção, considerando uma exportação de 10 a 12 kg de K<sub>2</sub>O para cada 1.000 kg de grãos (Tabela 2).

Quanto à forma de aplicação, tem se verificado produtividades elevadas com eficiência semelhante para as aplicações de potássio a lanço ou localizada no sulco de semeadura. No entanto, nas recomendações superiores a 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O ou quando o teor de argila for menor que 40%, recomenda-se o parcelamento da adubação, aplicando-se 1/3 da quantidade total indicada na semeadura e 2/3 em cobertura, 30 dias após a emergência.

Com base nas informações e resultados de pesquisa, a recomendação de adubação com N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O pode ser resumida na Tabela 5.



**Fig. 12.** Teor de K nas folhas de girassol cultivado em Latossolo Vermelho Amarelo de cerrados em relação aos teores de K na camada 0 - 20 cm (A) e na camada 0 - 40 cm (B) de profundidade. Médias das safras 2001/02 e 2002/03.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

## Micronutrientes

De modo geral, o micronutriente mais limitante ao cultivo do girassol é o boro, causando desde sintomas leves ou imperceptíveis (fome oculta), até a perda total da produção pela queda dos capítulos. Contudo, não é frequente a ocorrência de sintomas visuais e de problemas nutricionais associados aos demais micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), em condições de lavoura, tendo em vista que o girassol é cultivado em solos com fertilidade adequada para o cultivo da soja ou do milho onde, de modo geral, os teores desses micronutrientes estão em concentrações superiores aos níveis considerados altos (>0,8 mg dm<sup>-3</sup> de Cu, >5,0 mg dm<sup>-3</sup> Mn e > 1,6 mg dm<sup>-3</sup> Zn, utilizando como extrator o Mehlich 1 e >12 mg dm<sup>-3</sup> de Fe, utilizando como extrator o DTPA).

Em alguns casos tem-se observado a ocorrência de deficiência de molibdênio quando o girassol é cultivado em solos ácidos, apesar das pequenas quantidades requeridas pela cultura. Nesse caso, o problema é a indisponibilidade para as plantas das formas do nutriente presentes nos solos com pH ácido e não a carência *per se* do nutriente no solo.

## **Boro**

### ♦ O boro no solo

O boro ocorre na fase sólida do solo como constituinte de rochas e minerais, adsorvido à superfície de argilas e sesquióxidos, e em ligações com a matéria orgânica. O boro presente na solução do solo, é o único nutriente que não se encontra normalmente dissociado na faixa de pH adequada ao desenvolvimento das plantas, apresentando-se como uma molécula de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) ou  $B(OH)_4^-$  (Oertli & Grgurevic, 1975; Evans & Sparks, 1983). A disponibilidade de boro é influenciada, principalmente, pela textura, umidade, matéria orgânica, condutividade elétrica e reação do solo, que determinam a relação entre as formas de B na fase sólida e na solução do solo e, conseqüentemente, a possibilidade de sua absorção pelas plantas (Kumar et al., 1993).

Segundo Evans & Sparks (1983), a sua disponibilidade no solo é aumentada com a elevação do pH de 4,7 para 6,7. Nas condições próximas à neutralidade, a disponibilidade de boro às plantas é máxima, sendo reduzida em solos alcalinos. Contudo, nos solos corrigidos com doses elevadas de calcário, é mais comum o aparecimento de sintomas de deficiência de B. Estudos mostram comportamento semelhante do boro e do fósforo, com decréscimo dos seus teores nas plantas, em função do aumento do pH. Esse comportamento suporta a hipótese de que o íon borato e o íon fosfato são precipitados juntamente com o hidróxido de alumínio ou adsorvidos por ele, já que o hidróxido é prontamente precipitado com o aumento do pH, em função da reação com o calcário aplicado no solo (Bartlett & Picarelli, 1973; Bloesch et al., 1987).

A adsorção de boro é intensificada com o aumento do pH, da temperatura, do teor de materiais adsorventes, tais como óxidos de ferro e de alumínio, minerais de argila, além da matéria orgânica, do hidróxido de magnésio e o do carbonato de cálcio, e com a diminuição da umidade do solo (Goldberg, 1993). Existe alta correlação entre o conteúdo de argila e a adsorção máxima de B (Goldberg, 1997). Alleoni (1996), trabalhando com cinco solos do Estado de São Paulo, observou que a porcentagem de boro adsorvido

pelos Latossolos argilosos foi superior à dos Argissolos Vermelho-Amarelos que, por sua vez, foi superior à dos latossolos de textura média. A aplicação de carbonato de cálcio, no entanto, promoveu aumento na quantidade de B adsorvido independentemente do tipo de solo, sendo mais pronunciado o efeito nos Latossolos de textura média.

Para Goldberg & Glaubig (1985), a adsorção de B em óxidos de Fe e Al, em suas formas cristalina ou amorfa, é fortemente dependente do pH, com taxa máxima entre 7 e 8. A adsorção do boro no solo alcança o máximo ao redor de pH 9, decrescendo a partir desse ponto (Keren et al., 1981). O boro torna-se menos disponível para as plantas em solos ácidos submetidos à calagem, podendo resultar em sintomas de deficiência do nutriente (Gupta, 1993). Esses sintomas de deficiência estão mais relacionados à maior adsorção de B pelo aumento do pH do que pelo aumento dos níveis de cálcio e de magnésio do solo (Gupta & MacLeod, 1977; Gupta & MacLeod, 1981; Lehto & Mäлкönen, 1994).

Como a absorção do B pelas plantas depende da sua concentração na solução do solo, observa-se que vários fatores que ocorrem normalmente em lavouras cultivadas em condições de safrinha ou em situações de veranicos, nas principais regiões agrícolas do País, como altas temperaturas e redução da umidade do solo, entre outros, podem explicar a maior frequência de aparecimento dos sintomas de deficiência do nutriente nessas condições.

Entre os diversos fatores que governam a disponibilidade do boro no solo, alguns não são controlados, mas as práticas culturais adequadas podem atenuar a ação do meio sobre o nutriente, aumentando sua disponibilidade às plantas, principalmente pelo manejo da matéria orgânica, da conservação da água no perfil do solo e da acidez.

#### ♦ O boro na planta

O contato do boro com as raízes das plantas ocorre, principalmente, por fluxo de massa (Loué, 1993; Malavolta et al., 1997). No entanto, a absorção e a concentração interna de boro nas raízes é governada pelo equilíbrio da difusão do ácido bórico da solução externa, através da membrana plasmática e subsequente formação de complexos cis-diol, sem a necessidade de envolvimento de um transporte ativo do B (Kochian, 1991; Shelp, 1993), que se encontra na forma molecular (Oertli & Grgurevic, 1975).

Apesar do papel do boro no metabolismo das plantas estar ainda sujeito a consideráveis debates, os aspectos funcionais do B estão estreitamente ligados a estrutura primária da parede celular e a função da membrana

(Blevins & Lukaszewski, 1998; Moraes et al., 2002; Power & Woods, 1997). Para Hu & Brown (1997), a sua deficiência resulta em rápida inibição no crescimento das plantas. Essa inibição ocorre como conseqüência de dois importantes aspectos da fisiologia do B: sua função estrutural específica da parede celular e sua pequena mobilidade na maioria das espécies. Na ausência, ocorre uma redução na síntese de pectina, celulose e lignina na parede das células do lenho, tornando-as mais finas (Epstein & Bloom, 2005). Em condições de campo, esses fenômenos bioquímicos e fisiológicos traduzem-se em possibilidade de quebra das plantas e perda da produtividade.

Outro efeito importante causado pela carência de boro, é a inibição da alongação das raízes, devido a problemas na divisão celular e alongação das células, tornando-as grossas e com as pontas necróticas (Loué, 1993; Marschner, 1995). Esse efeito reduz o volume de exploração do sistema radicular e, conseqüentemente, a disponibilidade de água e dos demais nutrientes, afetando, de forma direta uma das principais características da planta de girassol, que é o desenvolvimento do sistema radicular. Assim, principalmente em áreas de lavouras sujeitas ao déficit hídrico, como em condições de safrinha, além do calcário e do enxofre, torna-se adequado a distribuição do boro no perfil do solo, para que ocorra o melhor desenvolvimento do sistema radicular.

Em função da baixa mobilidade dentro da planta, os sintomas de deficiência de B manifestam-se primeiramente nos tecidos jovens, recém formados (Adriano, 1986; Calle-Manzano, 1985). Segundo Gil Martinez (1995), o primeiro sintoma a aparecer é a morte do ápice dos brotos e das raízes, por seu requerimento na síntese de DNA, provocando o crescimento das brotações laterais, nas quais repete-se o mesmo fenômeno. Como resultado, ocorre o rompimento dos vasos condutores, e as plantas afetadas adquirem uma formação típica de roseta, com as folhas enrugadas e deformadas e as flores malformadas (Calle-Manzano, 1985). Os órgãos de armazenamento caem afetados pelo apodrecimento interno e, em alguns casos, ocorre a formação de frutos e de sementes totalmente anormais. Este último fenômeno ocorre em função da maior necessidade de boro para as estruturas reprodutivas do que para as vegetativas (Gil Martinez, 1995).

Baseado na similaridade estrutural entre as moléculas de  $Al(OH)_3$  e  $B(OH)_3$  e nos sintomas característicos de plantas estressadas pelo alumínio e de plantas com deficiência de boro, principalmente nos aspectos ligados à parede celular, função das membranas e crescimento radicular, Blevins

(1987) propôs que o alumínio pode exercer um efeito tóxico pela indução da deficiência de boro às plantas. O contrário também foi observado por LeNoble et al. (1996), onde a adubação com B, em solo com alto teor de Al, promoveu um crescimento significativo do volume de raízes com consequente aumento do volume de solo explorado.

O transporte do boro das raízes para a parte aérea ocorre através do xilema e está relacionado com a taxa de transpiração, conforme observado pelo gradiente acropetal de distribuição do nutriente dentro da plantas. O B é o único nutriente cuja remobilização dentro da planta varia entre as espécies (Brown & Hu, 1996). Para a maioria das espécies, é imóvel, independente do estágio de crescimento ou do ambiente onde a planta se desenvolve. Entretanto, em algumas espécies que sintetizam itóis, que são álcoois derivados de açúcares, como sorbitol, manitol e dulcitol, o boro pode formar complexos B-itóis, tornando-o móvel no floema. Finalmente, num terceiro grupo de espécies, a remobilização é dependente do suprimento de boro (Dordas et al., 2001).

#### ♦ Exigências nutricionais em boro na cultura do girassol

O girassol é reconhecidamente uma espécie caracterizada pela pouca eficiência no aproveitamento do boro no solo (Blamey & Chapman, 1982). No entanto, existem variações significativas na eficiência de absorção de B entre os genótipos de girassol (Furlani et al., 1990). Comparado com outras plantas, o girassol tem uma alta exigência e, por essa razão, tem sido usada como uma planta teste para avaliar a disponibilidade desse nutriente no solo (Schuster & Stephenson, 1940). Contudo, a alta exigência de B pode ser melhor compreendida quando se observa não só os teores considerados adequados do nutriente nas folhas ou nos grãos, semelhantes aos da soja, mas sim o índice de colheita e o acúmulo de matéria seca das plantas. Enquanto uma planta de girassol apresenta, em média, em torno de 200 g de matéria seca da parte aérea, uma planta de soja apresenta, em média, 25 g, determinando uma quantidade elevada do nutriente acumulada individualmente pelas plantas.

O B é o nutriente que mais freqüentemente tem ocasionado problemas nutricionais na cultura do girassol. Os sintomas ocorrem, principalmente, nas fases de florescimento e de enchimento de aquênios e caracterizam-se pelo crescimento reduzido das folhas jovens, que ficam deformadas e pálidas, evoluindo para uma coloração bronzeada, e, finalmente, tornando-se necróticas, espessas e quebradiças. No caule, principalmente, em situações de estresse hídrico, aparecem pequenos cortes transversais, logo abaixo da inserção dos capítulos, podendo provocar sua queda

total. Assim, o principal apoio, como ponto de partida para a definição das doses mais indicadas de fertilizantes, é a análise de solo, a análise foliar e as produções dos cultivos anteriores, que são bons indicadores da fertilidade do solo (Castro et al., 1996).

Nos capítulos, os sintomas podem aparecer desde o início da formação, determinando a redução do tamanho, a deformação em vários níveis e, em condições de estresse severo, provocar sua queda (Fig. 13).



**Fig. 13.** Quebra do caule, em função da deficiência de boro.

Entretanto, é freqüente a redução da produtividade das lavouras por deficiência de B, sem que sejam observados sintomas típicos nas folhas (Fig. 14) e nos capítulos, mas identificados pela presença de grãos chochos na região central, resultando em menor número de aquênios por capítulos e menor peso de aquênios. Essa deficiência ocorre, com mais freqüência, em solos que receberam calcário em dose excessiva, em solos com baixos teores de matéria orgânica e em solos arenosos, principalmente em períodos de estresse hídrico. No entanto, a presença de grãos chochos no centro dos capítulos pode ser devida a outros fatores, que não o boro diretamente, como característica do próprio genótipo.

Segundo Sfredo et al. (1984), trabalhando em solos de Londrina, PR, o teor de boro nas folhas considerado suficiente para o girassol foi de  $40 \text{ mg kg}^{-1}$ , enquanto nos aquênios foi de  $12 \text{ mg kg}^{-1}$  (Sfredo & Sarruge, 1990). Os níveis de suficiência de B nas folhas e aquênios, estabelecidos por Blamey



**Fig. 14.** Deficiência de boro em folha de girassol.

(1977), foram de  $47 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $16 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Machado (1979) encontrou um teor adequado em torno de  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  nas folhas.

Na Espanha, é comum o aparecimento de deficiência de boro e queda da produtividade de lavouras de girassol que apresentam concentrações de boro nas folhas menores que  $34 \text{ mg kg}^{-1}$  (Gonzalez-Fernández et al., 1985). Segundo os mesmos autores, não se espera o aparecimento de sintomas de deficiência em plantas, quando o teor de boro no solo, solúvel em água quente, for superior a  $0,26 \text{ mg dm}^{-3}$ .

O sistema de cultivo pode influenciar na disponibilidade de B dos solos, uma vez que altera a dinâmica da matéria orgânica do solo. Contudo, em trabalhos conduzidos no Estado do Paraná (Castro et al., 2004b), com semeadura convencional, e nos Estados de Goiás e do Mato Grosso do Sul (Castro et al., 2004a) em semeadura direta, em solos com teores baixos do nutriente, a adubação com boro, tanto no solo como foliar, não aumentou significativamente a produtividade do girassol (Tabela 6). Além das diferenças no sistema de cultivo, houve variação ambiental, com déficit hídrico severo na região de Londrina e disponibilidade hídrica adequada nos Cerrados.

Na situação de estresse hídrico, a água foi o principal fator limitante ao desenvolvimento das plantas, alcançando produtividade média de 1.308

**Tabela 6.** Produtividade do girassol<sup>1</sup>, em função da aplicação de doses de B no solo, complementada com a aplicação de B via foliar em dose única<sup>2</sup> ou parcelada<sup>3</sup>, em Londrina, PR, em Chapadão do Céu, GO e Chapadão do Sul, MS, safra 2002/03.

Doses B via solo (kg ha <sup>-1</sup> )	Londrina		Chapadão do Céu		Chapadão do Sul				
	Dose de B via foliar (kg ha <sup>-1</sup> )								
	0,0	0,4 <sup>2</sup>	2 x 0,4 <sup>3</sup>	0,0	0,4 <sup>2</sup>	2 x 0,4 <sup>3</sup>	0,0	0,4 <sup>2</sup>	2 x 0,4 <sup>3</sup>
0	1294	1335	1373	2172	2234	2247	2745	2623	2412
1,5	1245	1258	1365	2215	2171	2155	2532	2528	2668
3,0	1285	1324	1382	1973	2101	2182	2739	2758	2472
4,5	1417	1250	1254	2019	2101	2235	2555	2668	2570
6,0	1331	1281	1226	2040	1971	2138	2807	2653	2652
Média	1314	1290	1320	2084	2116	2191	2676	2646	2555

<sup>1</sup> Em Londrina e Chapadão do Céu foi utilizado o híbrido M 734 e em Chapadão do Sul o híbrido Agrobrel 960.

<sup>2</sup> Adubação foliar aos 27 dias após a emergência (DAE).

<sup>3</sup> Parcelada em duas aplicações aos 27 DAE e no estágio R4/R5.

kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, não foram observados sintomas de deficiência na ausência de aplicação de boro via solo ou via foliar. Apesar dos teores baixos de B no solo, de 0,21 mg dm<sup>-3</sup>, a disponibilidade do nutriente para as plantas foi adequada, com teores médios de B nas folhas, em torno de 49 mg kg<sup>-1</sup>. O teor adequado do nutriente nas folhas e a baixa produtividade de aquênio caracterizam a menor produção de matéria seca total e o efeito de concentração.

Nos experimentos realizados nos Cerrados dos Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, no período indicado pelo zoneamento agroclimático para a cultura na região e com condições edafoclimáticas favoráveis, foram verificadas produtividades médias elevadas, de 2.130 kg ha<sup>-1</sup> e 2.626 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e também, ausência de resposta à adubação com boro. Apesar dos teores baixos de B no solo, menores que 0,20 mg dm<sup>-3</sup>, a disponibilidade para as plantas foi adequada, e os teores nas folhas variaram de 77 mg kg<sup>-1</sup> na ausência de adubação, para 89 mg kg<sup>-1</sup> nas doses de 6,0 kg ha<sup>-1</sup> de B no solo, independente da adubação foliar. Houve, portanto, um consumo de luxo, pois o nutriente foi absorvido mas não resultou em aumentos de produtividade. Esta falta de resposta à adubação deve estar relacionada à matéria orgânica, com teores médios de carbono de 24,7 g kg<sup>-1</sup>, na profundidade de 0 a 10 cm, além da distribuição adequada de chuvas durante as principais fases de desenvolvimento e ao volume de solo explorado pelo sistema radicular das plantas.

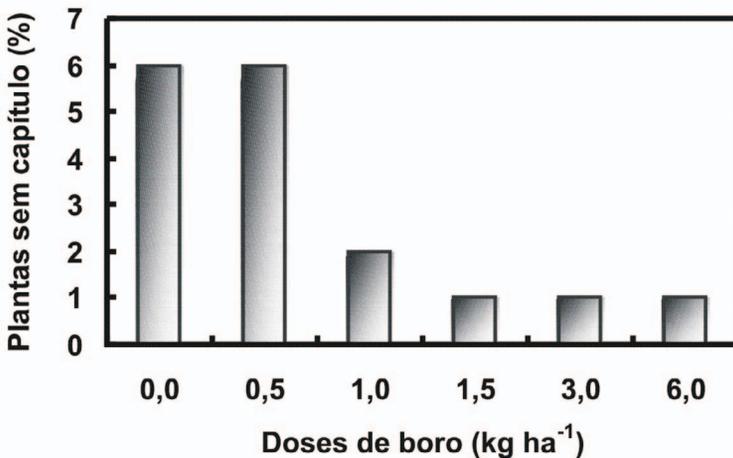
No campo, em solos de textura média ou argilosa, com teor adequado de matéria orgânica, e sem déficit hídrico, os efeitos visíveis da deficiência de boro no desenvolvimento vegetativo do girassol somente ocorrem se a mesma for severa. Segundo Gupta (1993), a umidade do solo parece afetar a disponibilidade do boro mais do que a de qualquer outro nutriente, devido a diminuição do movimento por fluxo de massa da solução do solo em direção às raízes das plantas e uma menor difusão dos solutos na solução do solo em contato com as raízes, determinando uma menor absorção de água e de nutrientes, e limitando o fluxo transpiratório, responsável pelo transporte dos nutrientes para a parte aérea das plantas, mesmo que haja um suprimento adequado de boro no solo.

Em condições de moderada deficiência de B, o desenvolvimento vegetativo das plantas de girassol pode ser normal, e as concentrações foliares ligeiramente baixas, porém o rendimento de grãos pode ser reduzido drasticamente. Numerosas observações têm levado à conclusão de que a necessidade de boro para a produção de sementes é muito maior que a exigência para o crescimento vegetativo, notadamente das folhas (Gupta, 1993;

Marschner, 1995). Esse comportamento pode explicar porque até o florescimento, normalmente não aparecem sintomas evidentes de deficiência de B nas plantas. Contudo, inflorescências bonitas não se traduzem, necessariamente, em grandes produções de aquênios. Nessa fase, o nutriente é requerido para a germinação do grão de pólen e também para o crescimento do tubo polínico (Blevins & Lukaszewski, 1998), de modo que a deficiência nutricional impede a fertilização, resultando na formação de sementes chochas em alta porcentagem dos capítulos, e redução da produtividade do girassol (Calle-Manzano, 1985).

Estudos conduzidos por Díaz-Zorita (1997), citado por Díaz-Zorita & Duarte (2002) na Argentina, descrevem melhores respostas à adubação com boro no solo em safras com baixa pluviosidade, do que em safras com disponibilidade de água adequada.

Castro et al. (2003), trabalhando com métodos de aplicação de B via solo e em associação com uma ou duas aplicações de B via foliar, em solos com duas saturações por base, observaram respostas significativas para a aplicação de B no solo. Nas condições climáticas durante o ciclo da cultura, com forte estresse hídrico a partir do florescimento, foi verificado um gradiente decrescente de severidade dos sintomas de deficiência de B nas plantas adubadas com o nutriente no solo, incluindo a redução da queda de capítulos (Fig. 15). Contudo, para as mesmas condições de disponibilidade de boro no solo, não houve diferenças no número de plantas decapi-



**Fig. 15.** Porcentagem de plantas sem capítulos, em função de doses de boro aplicadas no solo. Rondonópolis, MT, 2003.

Fonte: Castro et al. (2003).

tadas em resposta à adubação foliar. Assim, em condições de estresse hídrico, os teores de B mais elevados no solo reduzem o efeito mais drástico da deficiência nas plantas, que é a queda do capítulo e perda total da produção.

Para a maioria das plantas, é baixa a remobilização de boro das folhas maduras para as partes jovens das plantas, independente do suprimento de boro ou das condições ambientais (Dordas et al., 2001). Contudo, devido ao aumento da exigência durante os estádios reprodutivos do girassol (Calle-Manzano, 1985; Blevins & Lukaszewski, 1998), o suprimento de B do solo precisa ser contínuo durante todo o ciclo da cultura. Caso haja necessidade de aplicações foliares, as mesmas deverão ser feitas diretamente nos tecidos em desenvolvimento.

Estudos realizados em Londrina, PR e em Chapadão do Céu, GO, sob condições de baixa disponibilidade do nutriente no solo, não demonstraram efeitos significativamente positivos sobre a produtividade dos híbridos de girassol M 742 e M 734, respectivamente, para a aplicação de B via foliar em dose única ou parcelada (Tabela 7). Outras variáveis analisadas, como altura de planta, peso de 1.000 aquênios, teor de óleo e número de aquênios por planta também não foram influenciados pela adubação.

**Tabela 7.** Produtividade do girassol, em função da adubação foliar com boro\*, aplicado em dose única ou parcelada, em Londrina, PR e no Chapadão do Céu, GO, safra 2002/03.

Doses B kg ha <sup>-1</sup>	Londrina	Chapadão do Céu	Doses B kg ha <sup>-1</sup>	Londrina	Chapadão do Céu
	2003			2003	
	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	
0,0	1343	1942	0,0	1330	1956
0,4	1388	2007	0,2+0,2	1290	1905
0,6	1251	1889	0,3+0,3	1265	2048
0,8	1282	2020	0,4+0,4	1378	2062
1,0	1269	1926	0,5+0,5	1367	1949
Média	1306	1957		1326	1984

\* Adubação foliar aos 30 e 25 dias após a emergência (DAE) ou parcelada em duas aplicações aos 30 e 25 DAE e no estádio R5, em Londrina, PR e em Chapadão do Céu, GO, respectivamente.

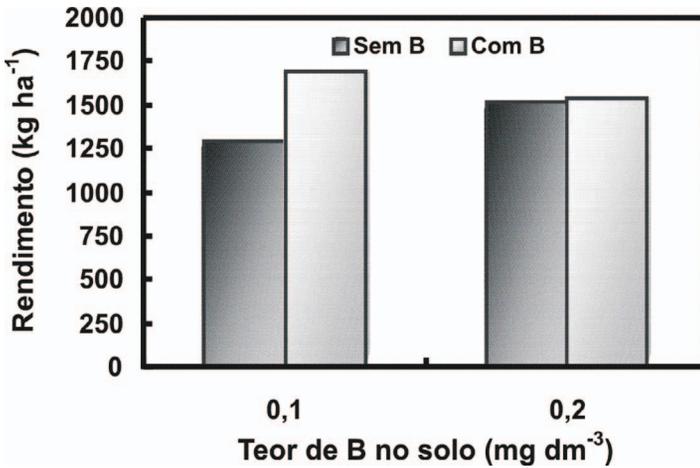
Fonte: Castro et al. (2004b).

No município de Londrina, PR, não houve alteração do estado nutricional do boro nas folhas, independente da adubação foliar com o nutriente. Apesar da baixa disponibilidade no solo ( $0,24 \text{ mg dm}^{-3}$ ), os teores foliares médios foram de  $58 \text{ mg kg}^{-1}$  de B, considerados adequados para a cultura do girassol, indicando que até o período da amostragem de folhas, no início do florescimento, o suprimento de boro pelo solo estava adequado. A produtividade foi limitada pelo déficit hídrico ocasionado pela distribuição irregular de chuvas, provavelmente associado à diminuição da absorção de B pelas plantas nos estádios posteriores, no florescimento e no enchimento de aquênios. Nessa situação, os teores do nutriente nas folhas podem ter aumentado com a segunda aplicação foliar, entretanto, sem influenciar nas produtividades.

Em Goiás, a semeadura do girassol foi efetuada no período recomendado para a cultura na região, com pluviosidade até o final do ciclo de 577 mm, resultando em ausência de resposta à adubação foliar e produtividade média de  $1970 \text{ kg ha}^{-1}$ . Os teores de B variaram de  $73 \text{ mg kg}^{-1}$  a  $88 \text{ mg kg}^{-1}$ , da ausência de adubação para a maior dose, respectivamente. Estes teores são considerados adequados e demonstram que não havia deficiência de boro no solo, apesar do diagnóstico de disponibilidade baixa indicado pela análise do solo, com teor de  $0,19 \text{ mg dm}^{-3}$  de B no solo.

Díaz-Zorita & Duarte (1998), avaliando o efeito da adubação foliar em girassol observaram que em solos com  $0,10 \text{ mg dm}^{-3}$  de B houve resposta ao tratamento para o incremento da produção de aquênios. Contudo, não houve aumento da produção de aquênios nas áreas com teores superiores a  $0,20 \text{ mg dm}^{-3}$  de B no solo (Fig. 16). Esses resultados demonstram a importância do teor de boro no solo para o cultivo do girassol. No mesmo trabalho, foram observadas quedas de capítulos nas plantas cultivadas nos solos com baixos teores, independente da aplicação foliar. Castro et al. (2000) observaram que sob condições de estresse hídrico, a aplicação de boro via foliar, influenciou as variáveis estudadas, apenas na ausência de adubação boratada no solo, quando o teor original do nutriente era de  $0,27 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Uma questão importante que, de modo geral, não é levada em consideração na prática da adubação foliar é que, até os trinta dias após a emergência das plantas, quando ainda é possível promover pulverizações mecanizadas na lavoura, a área de cobertura do solo pelas plantas não supera 50%, devido ao crescimento inicial reduzido do girassol, de maneira que o alvo principal das gotículas da calda de aplicação foliar, é o solo. Portanto, dependendo das doses empregadas e do número de apli-



**Fig. 16.** Rendimento de aquênios, em função da aplicação de boro foliar em sete regiões do noroeste bonaerense da Argentina, em solos classificados pelos teores de boro no solo

Fonte: Díaz-Zorita & Duarte (1998).

cações, o efeito na nutrição das plantas, principalmente, nas partes jovens em desenvolvimento, pode ser devido ao nutriente adicionado ao solo e absorvido pelas raízes, e não pela remobilização do boro acumulado nos tecidos maduros.

Em solos de textura argilosa, com altos teores de matéria orgânica, sem limitação física ou química para o crescimento das raízes e sem restrição hídrica nas principais fases de desenvolvimento do girassol, a aplicação foliar de B não apresenta efeito significativo sobre a produtividade. Não obstante a falta de respostas significativas, essa prática merece maior atenção e estudo em plantas com sintomas de deficiência no início do florescimento, principalmente em situações de déficit hídrico. Outra questão é a possibilidade de fitotoxicidade ao boro, pela aplicação foliar de B. Os sintomas são caracterizados por queima dos bordos das folhas, principalmente na ponta, onde ocorre maior acúmulo da calda. O sintoma é semelhante ao de fitotoxicidade provocado pela aplicação de quantidades elevadas de B no solo. Entretanto, este fenômeno ocorre a partir da absorção do boro pelas raízes e sua movimentação acropetal através do xilema, até as folhas, enquanto o sintoma verificado pela aplicação foliar ocorre pelo contato direto e pelo acúmulo do produto com a superfície das folhas. A adubação foliar não deve ser realizada sem recomendação técnica, sob pena de elevar os custos de produção sem o aumento da produtividade do girassol.

De maneira geral, nos resultados de análises de solos tanto experimentais quanto de lavouras comerciais, têm-se observado a elevada frequência de ocorrência de teores baixos de boro. Levantamento feito com 10.447 amostras de solo do Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal - LASTV, da Embrapa Soja, provenientes de diferentes regiões edafoclimáticas do país e coletadas desde 1999 em diferentes profundidades (0 - 5, 5 - 10, 10 - 15, 15 - 20 e 0 - 20 cm) mostram que em 68%, 25% e 7% dos casos, os teores de boro foram classificados como baixo, médio e alto, respectivamente. Entretanto, para a grande maioria das situações com teores baixos do nutriente, não foram verificadas respostas à adubação com boro, sintomas de deficiência e, a identificação de teores de boro adequados nas folhas indicou a possibilidade de diagnóstico incorreto da análise de solo. Esses resultados interpretados como falsos deficientes, refletem uma tendência de subestimativa da disponibilidade real de B para as plantas, ocasionada pela sua lixiviação no solo, pelo maior volume e profundidade explorada pelo sistema radicular do girassol, ou simplesmente, pela baixa correlação existente entre o boro solúvel, determinado pelo método de extração laboratorial e o boro efetivamente disponível para as plantas.

O extrator de B (água quente) vem sendo estudado desde a década de 1930 e é o método padrão de análise nos laboratórios brasileiros. A dificuldade de avaliação da disponibilidade de B, em função dos resultados da análise de solo, está relacionada à alteração na dinâmica da matéria orgânica do solo, com a adoção do sistema de semeadura direta, além das variações de umidade no perfil de solo onde se desenvolvem as raízes. O que se pode concluir desse levantamento de amostras de solo e também dos resultados dos experimentos com doses de boro é que, apesar da eficiência de extração de B do solo por água quente, o método não está sendo capaz de separar adequadamente, dentro do grupo de solos com teores baixos de B, aqueles que realmente apresentam baixa disponibilidade de boro para as plantas e que resultarão em menores teores foliares e queda na produtividade. Segundo Yamada (2004), citando levantamento dos teores de micronutrientes no solo, a baixa porcentagem de amostras de solo com teores de boro classificados como nível alto, talvez, possa sugerir a necessidade de estudos de correlação de extratores de B do solo com a disponibilidade para as plantas.

A adubação do solo é a forma mais racional de manejo da fertilidade, porque corrige a disponibilidade do nutriente para o conjunto de culturas na mesma área, impedindo o aparecimento da deficiência e, evitando operações mecanizadas adicionais na lavoura em desenvolvimento.

Segundo Yamada (2000), as doses de boro atualmente aplicadas podem não fornecer a concentração adequada na solução do solo, para o ótimo desenvolvimento das plantas, principalmente em solos argilosos e com excesso de calcário.

Segundo Blamey et al. (1979), embora o girassol seja particularmente sensível à deficiência de boro, ela é relativamente fácil de ser corrigida. Na África do Sul, adubações com  $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$  em solos arenosos e de  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de B em solos argilosos, têm sido consideradas como adequadas para eliminar as deficiências de boro em cultivares sensíveis.

Quaggio & Ungaro (1997) recomendam a aplicação de  $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de B, em solos com teores de B até  $0,20 \text{ mg dm}^{-3}$ , e  $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de B, em solos com teores de B entre  $0,21$  e  $0,60 \text{ mg dm}^{-3}$ . Ungaro (2000) indica que solos que tenham recebido calagem e/ou com teor de boro no solo inferior a  $0,26 \text{ mg dm}^{-3}$ , devam receber suplementação com o nutriente na semeadura através de formulações que contenham boro ou, aplicado aos 20 dias após a emergência, misturando-se  $10 \text{ kg}$  de ácido bórico com o adubo nitrogenado, utilizado em cobertura.

Para a correção da deficiência de B identificada pela análise de solo, Castro et al. (1996) recomendam a aplicação de  $1,0$  a  $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$  do nutriente, juntamente com a adubação de base ou com a adubação de cobertura, principalmente nas áreas onde já foi detectada a sua deficiência. Este limite deve ser respeitado sob risco de indução de toxicidade para culturas em sucessão menos exigentes em boro, principalmente em solos arenosos. Contudo, nos solos argilosos, não foram observados sintomas de toxicidade de B até a dose de  $6,0 \text{ kg ha}^{-1}$ , indicando que os limite entre os teores que causariam deficiência e aqueles que causariam toxidez na cultura do girassol não são tão estreitos.

Como as quantidades aplicadas são, geralmente, pequenas, para que haja distribuição uniforme de boro na lavoura, pode-se utilizar a pulverização com fontes solúveis de boro. Brighenti & Castro (2004) estudando o efeito da aplicação conjunta de graminicida e ácido bórico e Brighenti et al. (2004) de herbicidas dessecantes e de ácido bórico, em pré-semeadura do girassol, observaram a viabilidade técnica desta prática, a ser efetuada em solos com baixo teor de B, pois além do controle das plantas daninhas exercido pelo herbicida, o teor do nutriente no solo foi aumentado, juntamente com a disponibilidade para o girassol, evidenciado pelo aumento dos teores foliares.

## Molibdênio

O molibdênio é o micronutriente menos abundante no solo, com teores totais variando de 0,013 a 17 mg g<sup>-1</sup> (Raij, 1991). Nos solos ácidos, o molibdênio apresenta-se na forma aniônica HMoO<sub>4</sub><sup>-</sup>, podendo ser adsorvido por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, da mesma forma que o fosfato e o sulfato. Assim, a elevação do pH pela calagem promove a liberação do molibdato adsorvido, elevando sua disponibilidade às plantas (Fig. 1), e evitando problemas de deficiência nutricional. Em solos ácidos e normalmente compactados, no entanto, os sintomas de deficiência do nutriente são comuns e tornam-se visíveis desde os estádios iniciais de desenvolvimento das plantas.

O Mo entra em contato com as raízes por fluxo de massa (Malavolta et al., 1997), e é absorvido e transportado para a parte aérea, principalmente para as folhas, onde atua como constituinte da redutase do nitrato, enzima responsável pela transformação do nitrogênio nítrico em amoniacal, primeira etapa do processo de incorporação do nitrogênio em compostos orgânicos.

O molibdênio é pouco móvel no floema e os sintomas de sua deficiência estão associados ao amarelecimento das folhas, claramente relacionado com as suas funções no metabolismo do nitrogênio na planta. Segundo Blamey et al. (1987), os sintomas são mais freqüentes em plântulas e iniciam-se nas folhas velhas que apresentam clorose distribuída uniformemente, destacando-se as nervuras mais verdes. Contudo, com a evolução da deficiência, as folhas jovens apresentam menor desenvolvimento e as bordas do limbo voltam-se para cima, semelhante à forma de “colher” (Fig. 17), permitindo fácil identificação.

O acompanhamento da fertilidade do solo e a manutenção da acidez do solo controlada pela aplicação de quantidades adequadas de calcário são as principais práticas para prevenir o aparecimento das deficiências de molibdênio (Ver **Correção da Acidez**). Entretanto, para suprir necessidades emergenciais, caso identifique-se os sintomas de deficiência no girassol, pode ser adotada a adubação foliar com molibdênio. Essa prática corrige as deficiências, porém, o aparecimento dos sintomas indica interferências no desenvolvimento das plantas que apresentarão menor altura final.

A aplicação de 50 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio dissolvido em 100 L de calda promove rápida recuperação dos sintomas (Blamey & Chapman, 1979). Em solos ácidos, a dose deve ser elevada para 280 g ha<sup>-1</sup> de molibdato



**Fig. 17.** Deficiência de molibdênio em planta de girassol, em função do pH do solo.

de sódio (Dale, 1984<sup>1</sup>, citado por Blamey et al., 1997). Também no Paraná, a deficiência de Mo em girassol cultivado em solo ácido tem sido corrigida, utilizando-se o molibdato de sódio, na mesma dosagem indicada por Blamey & Chapman (1979). Contudo, a adubação foliar não corrige o principal problema, que é a acidez do solo e, nos casos mais severos, pode ser necessária mais de uma aplicação de molibdato, nas mesmas doses recomendadas.

### Considerações finais

O desempenho de uma lavoura de girassol de elevado potencial produtivo está diretamente relacionado ao manejo adequado da fertilidade do solo, considerando o sistema de rotação e sucessão de culturas, além dos fatores ambientais, como a distribuição de água uniforme durante o ciclo da cultura.

Tendo em vista que o girassol é, geralmente, cultivado em áreas com agricultura já estabelecida com soja, milho, algodão, entre outras, as maiores produtividades podem ser obtidas com quantidades relativamente peque-

<sup>1</sup> Dale, A.B. *Sunflower growing*. NSW Dep. Agric. Agdex, v.145, n.20, p.1-30, 1984.

nas de nitrogênio, fósforo ou potássio, suficientes para a reposição das exportações e, com a avaliação da necessidade de adubação, em especial, com B nos cultivos em safrinha.

Por questões fitossanitárias (Seção 17 - Manejo de Doenças do Girassol), o girassol não deve ocupar áreas superiores a 25% da propriedade, permitindo-se selecionar as áreas com menores problemas de fertilidade para a instalação das lavouras, com custos de produção reduzidos, em virtude do menor consumo de fertilizantes.

Devido às características da cultura, que se apresenta como melhoradora da fertilidade do solo, por promover uma ciclagem de nutrientes através da exploração de um maior volume de solo, aliado à baixa exportação de macro-nutrientes, com destaque para o potássio, o girassol constitui uma excelente alternativa para a rotação de culturas. No sistema de produção, o papel do girassol é importante não só pela produção de grãos, mas também pela produção de matéria seca com baixa relação C/N das folhas e do capítulo, que constituem ao redor de 50% da matéria seca da parte aérea, favorável à decomposição, e liberação rápida de nutrientes para a cultura que o sucede.

A produção no Brasil e, principalmente na região Centro-Oeste, é freqüentemente reduzida em solos ácidos e com baixos teores de boro. Essas condições de solo têm uma menor interferência no desenvolvimento e na produção das culturas que, normalmente, antecedem o girassol, como a soja ou o milho, possivelmente pela época de cultivo em condições ambientais mais favoráveis. Essa maior sensibilidade deve-se, portanto, ao maior dimensionamento dos fatores restritivos à cultura, em razão da menor umidade do solo verificada nas condições de safrinha, e que determinam a redução da disponibilidade do B e o menor desenvolvimento do sistema radicular, também associado à presença de alumínio e/ou compactação subsuperficial. Assim, o planejamento para o cultivo do girassol deve iniciar pela escolha da área com nível de fertilidade adequado e sem problemas de compactação, possibilitando o maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas e exploração de maior volume e profundidade de solo.

De maneira geral, as condições de fertilidade do solo adequadas para o cultivo do girassol não diferem significativamente das exigidas para as culturas da soja ou do milho. Assim, um bom indicativo da fertilidade do solo para o cultivo do girassol é a produtividade dos cultivos anteriores. No entanto, há maior necessidade de avaliação e controle da compactação do solo e da acidez subsuperficial que podem limitar o desenvolvimento

radicular, intensificando os problemas nutricionais associados ao déficit hídrico e reduzindo o potencial produtivo da cultura.

Para a obtenção de produtividades elevadas, o girassol deve ser cultivado em áreas sob manejo adequado das propriedades físicas e químicas do solo, e de preferência em regiões indicadas pelo zoneamento agroclimático, com menores riscos de déficit hídrico associado a temperaturas elevadas, ocorrentes, principalmente, durante o florescimento e o enchimento de aquênios.

## Referências

ADRIANO, D.C. **Trace elements in the terrestrial environment**, New York: Springer-Verlag, 1986. 533p.

ALLEONI, L.R.F. **Adsorção de boro em podzólico e latossolos paulistas**. Piracicaba, 1996. 127f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ALVAREZ, V.V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** – 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.43 – 60.

BARTLETT, R.J.; PICARELLI, C.J. Availability of boron and phosphorus as affected by liming an acid potato soil. **Soil Science**, v.116, n.2, p.77-83, 1973.

BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R.; SANTOS, W.R. dos. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Adubação, produtividade e ecologia**: anais. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.369-393 (Série Técnico-Científica, 180). Coordenado por Antonio Roque Dechen, Antonio Enedi Boaretto, Francisco da Costa Verdade.

BEAUFILS, E.R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition**. Pietermaritzburg: University of Natal South Africa, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BLAMEY, F.P.C. Boron nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on Avalon medium sandy loam. **Soil and Fertilizers Abstract**. v.40, n.12, p.745, 1977.

BLAMEY, F.P.C.; CHAPMAN, J. **Molybdenum deficiency in sunflowers**. Pretoria: Government Printer, 1979. não paginado. (Government Printer. Sunflower, E.7).

BLAMEY, F.P.C.; CHAPMAN, J. Differential response of two sunflower cultivars to boron fertilization. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfers Paradise, Australia. **Proceedings...** Surfers Paradise: Australian Sunflower Association, 1982. p.92-94.

BLAMEY, F.P.C.; MOULD, D.; CHAPMAN, J. Critical boron concentrations in plant tissue of two sunflower cultivars. **Agronomy Journal**, v.71, p.243-7, 1979.

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

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

BLEVINS, D.G. Future developments in plant nutrition research. In: BOERSMA, L.L. (Ed.). **Future developments in soil science research**. Madison: Soil Science Society of America, 1987. p.445-458.

BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.49, p.481-500, 1998.

BLOESCH, P.M.; BELL, L.C.; HUGHES, L.D. Adsorption and desorption of boron by goethite. **Australian Journal Soil Research**, v. 25, p.377-390, 1987.

BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; FARIAS, J.R.B.; CASTRO, C.de; SPOLADORI C.L.; TUTIDA, F. Efeito residual da Adubação Potássica, sobre Girassol e Milho, em três diferentes Latossolos roxos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.32, n.12, p.1227-1234, 1997.

BORKERT, C.M.; CASTRO, C.de; OLIVEIRA, F.A. de; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de. O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. p.671-722.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.de. Graminicides and boron compatibility for volunteer corn control and mineral nutrition in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. p.339-342.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.de; VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P. Associação de dessecantes e boro no manejo de plantas daninhas e nutrição mineral da cultura do girassol (*Helianthus annuus*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2004. p.181-182.

BROWN, P.H.; HU H. Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. **Annals of Botany**, v.77, p.497-505, 1996.

CALAGEM e adubação. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 20., 2005, Londrina. **Informações técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.29-41 (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 7).

CALLE-MANZANO, C.L. de la. Carencia de boro en girasol. **Hojas Divulgadoras**, n.7, p.1-12, 1985.

CASTRO, C.de; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; SILVEIRA, J.M.; OLIVEIRA, M.C.N. de; SFREDO, G.J. Fertilização N, P e K em girassol. In: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Campinas: IAC, 1993. p. 47.

CASTRO, C.de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAN, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**, Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1996. 38p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 13).

CASTRO, C.de; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; SFREDO, G.J. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio em girassol. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.827-833, 1999.

CASTRO, C.de; BRIGHENTI, A.M.; LEITE, R.M.V.B.C.; OLIVEIRA, F.A. Interaction of boron supplied by soil with foliar sprays in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. p.343-346.

CASTRO, C.de; LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; SILVEIRA, J.M. Fertilidade do solo e nutrição mineral do girassol, em semeadura direta e convencional. In: RESULTADOS de pesquisa da EMBRAPA Soja, 2001: girassol e trigo. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.31-36. (Embrapa Soja. Documentos 199).

CASTRO, C.de; OLIVEIRA, F.A.; BRIGHENTI, A. M.; LEITE, R.M.V.B.C. Interação boro via solo e via foliar na cultura do girassol. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. **[Anais...]**. [S.l.]: CATI, 2003. 1 CD-ROM.

CASTRO, C.de; LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; SILVEIRA, J.M. In: RESULTADOS de pesquisa da EMBRAPA Soja, 2003: girassol. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.19-27. (Embrapa Soja. Documentos 242).

CASTRO, C.de; MOREIRA, A.; ABREU, J.B. R.de. Sunflower response to water

stress and boron application. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE TOURNESOL, 15., 2000, Toulouse. **Actes...** Toulouse, 2000. t. 1. p.C-145-C-149.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. Nutrição e adubação de milho. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES FILHO, A.; COELHO, A.M.; KARAM, D.; SANTANA, D.P.; MANTOVANI, E.C.; FERNANDES, F.T.; AVELAR, G. de. **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/milho/feraduba.htm>>. Acesso em 20 jul.2005.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 4ª. aproximação. Lavras, 1989. p.122. Coordenado por Alfredo Scheid Lopes, Paulo Tácito Gontijo Guimarães.

CORREÇÃO e manutenção da fertilidade do solo. In: **TECNOLOGIAS de produção de soja - região central do Brasil 2005**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional, 2004. p.57-80 (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

DEBAEKE, P.; TRIBOI, A.; VEAR, F.; LECOEUR, J. Crop Physiological determinants of yield in old and modern sunflower hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. p.267-273.

DÍAZ-ZORITA, M. **Fertilizacion del girassol**, Buenos Aires: INTA, 1995. 14p. (INTA. Publicacion Tecnica, 17)

DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G. A. Aplicaciones foliares de boro en girassol en el noroeste bonaerense. In REUNIÓN NACIONAL DE OLEAGINOSAS, 3., 1998, Bahia Blanca. **Actas...** Bahia Blanca, 1998. p.123-124.

DÍAZ-ZORITA, M. Nutrición mineral y fertilización In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires : Hemisferio Sur, 2002. p.77-96.

DORDAS, C.; SAH, R.; BROWN, P.H.; ZENG, Q.; HU, H. Remobilização de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In : FERREIRA, M. E.; PESSÔA DA CRUZ, M.C.; VAN RAIJ, B.; ABREU, C.A de (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal : CNPq/ FAPESP/POTAFOS, 2001, p.43-69.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants; principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400p.

EVANS, C.M.; SPARKS, D.L. On chemistry and mineralogy of boron in pure

and mixed systems: a review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.14, n.9, p.827-846, 1983.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. Manejo de nutrientes para a produção eficiente das culturas. In: FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 131-197p.

FLECK, N.G. Sucessão e rotação de culturas. In: **GIRASSOL**: Indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul, 1985. p.45-46

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2004. 122p.

FURLANI, A.M.C.; UNGARO, M.R.G.; QUAGGIO, J.A. Comportamento diferencial de genótipos de girassol: Eficiência na absorção e uso do boro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.187-94, 1990.

GACHON, L. La cinétique de l'absorption des éléments nutritifs majeurs chez le tournesol. **Annales Agronomiques**, v.23, n.5, p.547-566, 1972.

GIL MARTINEZ, F. **Elementos de fisiologia vegetal**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1995. 1146p.

GOLDBERG, S.; GLAUBIG, R.A. Boron adsorption on aluminum and iron oxide minerals. **Soil Science Society American Journal**, v.49, p.1374-1379, 1985.

GOLDBERG, S. Chemistry and mineralogy of boron in soil. In: GUPTA, U.C. (Ed). **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 236 p.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (Ed.). **Boron in soils and plants**: reviews. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.35-48.

GÓMEZ-ARNAU, J. El cultivo del girasol. **Hojas divulgadoras**, n.20, p.1-31, 1988.

GONZALEZ-FERNÁNDEZ, P.; GARCIA BAUDÍN, C.; MADUEÑO ESQUINAS, T.; MELERO VARA, J.M. La deficiencia de boro en el girassol cultivado en España. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GIRASSOL, 11, Mar del Plata, 1985. **Actas...** Mar del Plata: ASAGIR, 1985, p.243-8.

GUPTA, U.C. **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 236 p.

GUPTA, U.C.; MACLEOD, J.A. Influence of calcium and magnesium sources on boron uptake and yield of alfalfa and rutabagas as related to soil pH. **Soil Science**, v.124, p.279-84, 1977.

GUPTA, U.C.; MACLEOD, J.A. Plant and soil boron as influenced by soil pH and calcium sources on podzol soils. **Soil Science**, v.131, n.1, p.21-25, 1981.

HOCKING, P.J.; STEER, B.T. Uptake and partitioning of selected mineral elements in sunflower (*Helianthus annuus* L.) during growth. **Fields Crops Research**, v.6, p.93-107, 1983.

HU, H., BROWN, P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, Hague, v.193, n.1-2, 49-58p, jun. 1997.

KEREN, R.; GAST, R.G.; BAR-YOSEF, B. pH-dependent boron adsorption by Na-montmorillonite. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.45-8, 1981.

KOCHIAN, L.V. Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plants. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. Cap. 8, p.229-296.

KOIDE, R. The nature of growth depressions in sunflower caused by vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. **New Phytologist**, v.99, n.3, p.449-462, 1985.

KUMAR, M.; DAS, D.K.; MANDAL, A.B. Transformations of boron in soil and its importance in plant nutrition. **Environment & Ecology**, v.11, n.1, p.146-155, 1993.

LANTAMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; CAMPOS, R.L.; BORKERT, C.M. Efeito residual da adubação aplicada na soja na produção do girassol. In: EMBRAPA. **Resultados de pesquisa de girassol**, 1985. Londrina, 1985. 59p. (EMBRAPA-CNPQSO. Documentos, 16).

LEHTO, T.; MÄLKÖNEN, E. Effects of liming and boron fertilization on boron uptake of *Picea abies*. **Plant and Soil**, v.163, p.55-64, 1994.

LEITE, R.M.V.B. C. **Doenças do girassol**. Londrina: EMBRAPA – CNPQSO, 1997. 61p. (EMBRAPA – CNPQSO. Curricular Técnica, 19).

LENOBLE, M.E.; BLEVINS, D.G.; MILES, R.J. Prevention of aluminum toxicity with supplemental boron. II. Stimulation of root growth in an acidic, high-aluminum subsoil. **Plant Cell and Environment**, v.19. p.1143-1148, 1996.

LOUÉ, A. **Oligo-éléments en agriculture**. Antibes: Nathan, 1993. 577p.

MACHADO, P.R. **Absorção de nutrientes por duas variedades de girassol (*Helianthus annuus* L.) em função da idade e adubação em condições de campo**. 1979. 83f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropoliains, 1992. 65p.
- MORAES, L.A.C.; MORAES, V.H.F.de.; MOREIRA, A. Relação entre a flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n.10, p.1431-1436, 2002.
- OERTLI, J.J.; GRGUREVIC, E. Effect of pH on the absorption of boron by excised barley roots. **Agronomy Journal**, v.67, p.278-280, 1975.
- OLIVEIRA, F.A. de; BORKERT, C.M.; CASTRO, C.de; SFREDO, G.J. Resposta da soja à aplicação de potássio em solos de baixa CTC. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBOS, 2004. 1 CD-ROM.
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Toxicity of Aluminum to coffee in Ultisols and Oxisols amended with  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p.993-997, 1982.
- POWER, P.P.; WOODS, W.G. The chemistry of boron and its speciation in plants. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (Ed.). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.1-14.
- PUTT, E.D. Early History of Sunflower In: SCHNEITER, A.A.(Ed.) **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.1-19.
- QUAGGIO, J.A.; UNGARO, M.R.G.; GALLO, P.B.; CANTARELLA, H. Sunflower response to lime and boron. INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Mar del Plata: International Sunflower Association, 1985. p.209-215
- QUAGGIO, J.A.; UNGARO, M.R.G. Girassol. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997, 198p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

SCHUSTER, C.E.; STEPHENSON, R.E. Sunflower as an indicator plant of boron deficiency in soil. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.32, p.607-621, 1940.

SFREDO, G, J. **Absorção de nutrientes por duas cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) em função da idade da planta, em condições de campo**. 1983. 99f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SFREDO, G.J.; CAMPO, R.J.; SARRUGE, J.R. **Girassol: nutrição mineral e adubação**. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1984. 36p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular técnica, 8).

SFREDO, G.J.; SARRUGE, J.R. Acúmulo de micronutrientes em plantas de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.25, n.4, p.499-503, 1990.

SHELP, B.J. Physiology and biochemistry of boron in plant. In: GUPTA, U.C. (Ed.) **Boron and its role in crop production**, Boca Raton: CRC Press, 1993. 236p.

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (ed). **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.257-282.

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 - 2001: girassol e trigo**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.24-29. (Embrapa Soja. Documentos, 199).

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. (Embrapa Soja. Documentos, 218).

SMIDERLE, O.J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D.; CASTRO, C.de. **Adubação nitrogenada do girassol nos Cerrados de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 7p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 8).

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G.de.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 81-96.

SRIVASTAVA, A.K. Effects of fertilizers on the composition and emergence of sunflower seeds. **Experimental Agriculture**, v.14, p.213-216, 1978.

STEER, B.T.; HOCKING, P.J.; KORTT, A.A.; ROXBURGH, C.M. Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.): Yield components, the timing of

their establishment and seed characteristics in response to nitrogen supply. **Field Crops Research**, v.9, p.219-236, 1984.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.719p.

THOMPSON, J.P. Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder of field crops and its expression in phosphorus deficiency in sunflower. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.38, p.847-67, 1987.

TREZZI, M.M.; SILVA, P.R.F.; ROCHA, A.B. Sistemas de cultivo de milho em consórcio de substituição e em sucessão a girassol. **Ciência Rural**, v. 24, n.3, p. 495-499, 1994.

UNGARO, M.R.G. **Cultura do girassol**. Campinas: IAC, 2000. 36p. (IAC. Boletim técnico, 188).

UNGARO, M.R.G.; DECHEN, S.C.F.; QUAGGIO, J.A.; NNABUDE.; GALLO, P.B. Effects of crop rotation on soil chemical conditions and sunflower, soybean and maize production. **Helia**, v.32, p.1-18, 2000.

UNGER, P.W. Sunflower. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. (Ed.). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.775-794. (Agronomy, 30).

VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C.; VARGAS, A.A.T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; ISAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-119.

VRANCEANU, A.V. **El girasol**. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1977. 379p.

VREBALOV, T. Rate of N P K assimilative uptake of sunflower variety VNIIMK 8931. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974, Bucharest, Romania. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1974. p.22-24.

WEISS, E.A. Sunflower. In: WEISS, E.A. **Oilseed crops**. New York: Longman, 1983. cap. 9, p.402-462.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agronômicas**, n.90, p.1-5, 2000.

YAMADA, T. Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção: o sucesso da experiência brasileira. **Informações Agronômicas**, n.105, p.1-12, 2004.

