

DIAGNÓSTICO PRECOCE DA CARÊNCIA DE BORO EM CASTANHEIRO: SELECÇÃO DE TECIDO INDICADOR

EARLY DIAGNOSIS OF BORON DEFICIENCY IN CHESTNUT: SELECTION OF PLANT TISSUE INDICATOR

Ester Portela¹ e José Louzada²

RESUMO

O objectivo deste estudo foi identificar um tecido indicador na detecção precoce da carência de B no castanheiro, que permita a correção atempada da carência de B. Num souto com deficiência de B instalou-se um ensaio em que se utilizaram dois níveis de B: B0, e B1 onde se aplicou 100 g de Granubor (14,6%) por árvore. Colheu-se no início de Julho, quando as flores femininas estavam em plena floração, os seguintes tecidos: folhas completamente expandidas, amentilhos androgínicos e flores femininas. No período normal de colheita (Setembro), voltou-se a amostrar as folhas. Determinaram-se as concentrações de macro e micronutrientes nos diversos tecidos. As concentrações de B nos tecidos amostrados em Julho revelaram-se correlacionadas com as de B na folha colhida em Setembro. Enquanto as concentrações de B na folha, em Setembro e em Julho, estavam correlacionadas com a produção de castanha, os outros tecidos não mostraram correlação significativa. Assim, estes resultados sugerem que a folha, colhida em Julho, foi o órgão que se mostrou mais eficiente no

diagnóstico precoce da carência de B.

Palavras chave: Análise floral, *Castanea sativa*, deficiência de boro, diagnóstico precoce.

ABSTRACT

This study aims to identify a plant tissue indicator to be used in the early diagnosis of B deficiency in chestnut, which provides a tool to decide the correction measures to be applied in time to improve yield. An orchard with apparent B deficiency was selected, and two levels of B fertilization, B0 and B1-100 g/tree of Granubor (14.6% of B), were applied. In July, when female flowers were in bloom, the following tissues were sampled: expanded leaves, androgynous catkins and female flowers. Leaves were collected again in the normal period (September) and the concentrations of macro- and micronutrients in plant tissues were determined. B content in the tissues collected in July was positively correlated with B contents in leaves sampled in September. Boron concentrations in leaves, irrespective of the

¹ Departamento de Biologia e Ambiente; ² Departamento Florestal, CITAB - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Ap1013, 5000-801 Vila Real. Email: eportela@utad.pt

sampling period, were correlated with chestnut productivity, while the other tissues did not correlate significantly. These results suggest that leaves, sampled in July, were the most efficient tissue for the early diagnosis of B deficiency.

Keywords: *Castanea sativa*, boron deficiency, early diagnosis, floral analysis.

INTRODUÇÃO

O levantamento do estado nutritivo do castanheiro em Trás-os-Montes, conduzido durante 10 anos (1996-2006) e baseado na recolha de amostras de folha efectuada no fim do Verão, mostrou que o boro (B) foliar se encontrava abaixo de 20 mg kg⁻¹ em cerca de 50% dos 84 soutos amostrados (Portela *et al.*, 2007). Tendo por base dados empíricos obtidos em diversos soutos da região, a concentração foliar de B inferior a 20 mg kg⁻¹ foi tentativamente considerada como o nível crítico abaixo do qual existe forte probabilidade de ocorrência de carência de boro no castanheiro. Os resultados experimentais, obtidos recentemente por Portela *et al.* (2010), mostram que a carência de B se manifesta, sobretudo, na falta de vingamento do fruto, o que se traduz numa redução drástica da produção de castanha, a qual pode ser quatro vezes inferior.

A avaliação do estado nutritivo das fruteiras e a confirmação de carências de nutrientes tem sido tradicionalmente baseada na concentração de nutrientes na folha, a qual é recolhida geralmente no fim do Verão (Agosto-Setembro). Porém, este período de colheita é limitado, e quando as carências nutritivas são detectadas ou confirmadas já é demasiado tarde para se tomarem medidas correctivas, de modo a promover a produção e qualidade do fruto. Assim, neste estudo procura-se identificar um tecido indica-

dor com vista ao diagnóstico do estado nutritivo do castanheiro numa fase suficientemente precoce que permita a correcção atempada da carência de B. Isto é, que possibilite a correcção da carência de boro num estágio anterior à fase de vingamento do fruto, de modo a reduzir a percentagem de castanhas abortadas.

A utilização de tecidos alternativos com vista à avaliação do estado nutritivo de fruteiras e ao diagnóstico precoce das carências tem sido sugerida por vários autores. Por exemplo, a análise de flores, tem sido divulgada para a pêra, pêssego, laranja e amêndoa (Sanz *et al.*, 1994, Sanz e Montañés, 1995; Pestana *et al.*, 2001; Bouranis *et al.*, 2001). No caso específico do B foi proposta a utilização de flores com o objectivo de avaliar precocemente o estado nutritivo de *Persea americana* Mill. (Razeto e Castro, 2006). Anteriormente, já Fregoni (1980) salientara a utilidade da análise floral na identificação precoce da carência de B na vinha.

O diagnóstico precoce da deficiência de B poderá assim beneficiar os produtores, uma vez que permitirá a correcção atempada da carência, tendo em conta que o B afecta, sobretudo, o vingamento do fruto e consequentemente a produção de castanha.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalou-se um ensaio num souto de Jou (41° 28' 35'' N e 7° 25' 17'' W), concelho de Murça, em terreno levemente ondulado (5-8% de declive) à altitude de 620 m. Nesta zona a precipitação média anual é 1079 mm e a temperatura média 13,3 °C. O souto estava instalado há 15 anos num solo derivado de quartzofilitos. Os solos variam de Leptosolos Háplicos (Dístricos) a Cambissolos Lépticos (Dístricos) (IUSS Working Group WRB, 2006) consoante a sua profundidade. A espessura efectiva do terreno encontra-se

no intervalo 25-40 cm e apresenta boa drenagem. Os solos têm textura franca com abundantes elementos grosseiros à superfície. Algumas propriedades físico-químicas estão indicadas no Quadro 1. Os dados químicos do solo apresentados neste quadro referem-se a valores médios de amostras compósitas que foram colhidas em quatro quadrantes por baixo das copas de quatro árvores. Estes resultados mostram que o solo exhibe acidez elevada, acompanhada de baixos teores de cálcio e magnésio de troca, e valores médios de fósforo e potássio extraíveis (LQARS, 2000). Tendo em conta a textura deste solo, o teor de B em água fervente está um pouco abaixo dos valores de referência indicados por Shorrocks (1989) e por Sillanpää (1990).

Foram seleccionados 16 castanheiros da variedade Judia com sintomas de carência de

boro, a qual foi confirmada através de análise foliar em 2006. As árvores tinham um diâmetro médio à altura do peito de 16,7 cm e área projectada de copa de 19 m². O tratamento com boro (B1) foi aplicado de forma aleatória em metade das árvores, mantendo-se as restantes como testemunhas (B0). Foi realizada uma fertilização de base por baixo da copa de todas as árvores no Inverno de 2006/07. Incorporou-se calcário dolomítico ao solo para corrigir a acidez do solo e uma carência magnesiana e fez-se uma adubação com os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu e Mn, nas quantidades convenientes. No início de Março de 2007 espalhou-se debaixo de oito árvores, e à superfície do solo, o tetraborato de sódio (Granubor) com 14,6% B. A adubação com os macronutrientes foi repetida no Inverno de 2007-08.

Quadro 1 – Propriedades físico-químicas do solo.

Profundidade, cm	0-20	20-40
Elementos grosseiros, % (v)	35	35
Areia grossa, %	31	32
Areia fina, %	25	22
Limo, %	28	34
Argila, %	16	13
Textura	franco	franco-limoso
Matéria orgânica ^a , g kg ⁻¹	26	12
pH (H ₂ O) ^b	4,8	4,6
pH (KCl) ^b	3,8	3,7
P ₂ O ₅ extraível ^c , mg kg ⁻¹	60	13
K ₂ O extraível ^c , mg kg ⁻¹	90	42
Catiões permutáveis ^d , cmolc kg ⁻¹		
Ca	0,87	0,18
Mg	0,34	0,10
K	0,37	0,14
Na	0,15	0,15
H+Al	0,83	1,33
CTC _{efectiva} , cmolc kg ⁻¹	2,56	1,81
Saturação de bases (CEC _{efectiva}), %	66	32
B água fervente ^e , mg kg ⁻¹	0,44	0,10

a – método de Walkley-Black; b - razão solo/solução de 1:2,5; c - método colorimétrico após extracção com lactato de amónio - ácido acético a pH 3,7; d - solução 1N de acetato de amónio pH 7 e o H+Al pelo método KCl 1N; e - espectrofotometria (azometina H).

Colheu-se no início de Julho de 2008, quando as flores femininas estavam bem diferenciadas, os seguintes tecidos de 10 árvores às quais tinham sido aplicados os tratamentos B0 e B1: folhas completamente expandidas, amentilhos androgínicos e flores femininas. Os tecidos foram todos retirados do mesmo ramo com inflorescências, o qual foi colhido no terço médio dos quatro quadrantes da copa. As folhas iam da quarta à oitava posição a partir da extremidade. No período normal de colheita de folhas destinadas ao diagnóstico foliar (início de Setembro), retiraram-se folhas em ramos com frutificação, em posição idêntica à anterior. Determinaram-se as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu nos diversos tecidos de acordo com os métodos convencionais, já descritos por Portela *et al.* (2003). O B foi determinado por espectrofotometria pelo método da azometina H.

A castanha foi colhida sobre o solo nas mesmas 10 árvores já amostradas dos tratamentos B0 e B1, e foi determinado o peso fresco no próprio dia da colheita. Para avaliar a produção de castanha, os frutos que passavam por uma grelha de 24 mm foram rejeitados por não terem valor comercial.

Os dados foram analisados pela ANOVA seguido do teste de Duncan com o software de análise estatística JMP (SAS Institute). Foram determinados os coeficientes de correlação de Pearson entre concentrações de nutrientes em diversos tecidos e as produções de castanha por árvore.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fertilização com boro teve um efeito evidente na produção da castanha Judia, a qual quadruplicou em 2008 (B0- 4 kg e B1- 17 kg por árvore), apesar do ano algo anómalo. Admite-se que as baixas temperaturas de Junho terão afectado negativamente a polini-

zação e a produção de frutos viáveis.

Com excepção do B, não se verificaram diferenças significativas entre as concentrações dos diversos nutrientes sob o efeito da aplicação do boro, qualquer que fosse o órgão considerado (amentilhos androgínicos, flores e folhas). Como seria de esperar a aplicação de B afectou de forma positiva as concentrações de B, as quais foram sempre significativamente ($p < 0,05$) mais elevadas em todos os tecidos analisados. No Quadro 2 estão indicadas as concentrações dos diversos nutrientes nos três tecidos do castanheiro.

Pode observar-se que houve diferenças significativas entre os diversos tecidos analisados. Dum modo geral as flores apresentaram concentrações mais elevadas de nutrientes, sendo o padrão de variação indiferente da aplicação de B. Mas, quanto à concentração de B o padrão de variação foi bastante diferente. Isto é, quando o boro estava em deficiência a sua concentração atingiu o valor mais elevado nas inflorescências femininas, o mesmo não acontecendo quando foi corrigida a carência de B. Com efeito, a concentração de B foi significativamente mais elevada nas folhas no tratamento com B. Este padrão de comportamento indicia que há uma mobilização do B para as inflorescências femininas quando há deficiência de boro, tendo atingido o valor de $13,6 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto os amentilhos e as folhas ficaram pelos 9 mg kg^{-1} . Com um fornecimento mais amplo de B isso não se verifica e são as folhas que atingem as maiores concentrações de B (Quadro 4).

No Quadro 3 encontra-se a concentração média de nutrientes nas amostras de folha colhidas em Julho e em Setembro. A aplicação de B não afectou de forma significativa a concentração dos vários nutrientes, com excepção do próprio boro. Com efeito, os teores de B na folha passaram dum nível de deficiência para valores considerados adequados para uma grande variedade de fruteiras (Shear e Faust, 1980).

Quadro 2 – Concentração de nutrientes nos diversos órgãos do castanheiro na colheita efectuada em plena floração feminina (início de Julho).

Nutrientes	Adubação sem boro			Adubação com boro		
	Amentilhos	Flores	Folhas	Amentilhos	Flores	Folhas
N, g kg ⁻¹	16,1 a	20,2 ab	21,4 b	16,5 A	17,2 AB	20,7 B
P, g kg ⁻¹	1,70 a	2,26 a	1,54 a	1,57 A	2,22 B	1,36A
K, g kg ⁻¹	8,1 a	9,6 a	7,0 a	6,5 A	8,4 A	6,9 A
Ca, g kg ⁻¹	16,6 b	19,4 b	9,3 a	15,4 B	20,3 C	8,1 A
Mg, g kg ⁻¹	3,52 b	3,78 b	2,00 a	3,36 B	4,28 B	1,94 A
Fe, mg kg ⁻¹	28 a	28 a	53 b	33 A	51 A	54 A
Mn, mg kg ⁻¹	1041 a	890 a	880 a	856 A	925 A	798 A
Zn, mg kg ⁻¹	66 b	69 b	25 a	61 B	75 C	25 A
Cu, mg kg ⁻¹	10,0 a	8,0 a	8,0 a	12,4 B	10,4 AB	7,8 A
B, mg kg ⁻¹	9,0 a	13,6 b	8,8 a	24,0 AB	18,0 A	27,2 B

Os valores seguidos da mesma letra minúscula, ou maiúscula, não são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Pode verificar-se que, dum modo geral, enquanto as concentrações foliares médias entre os tratamentos B0 e B1 foram muito próximas na colheita de Julho e sem um padrão definido, as diferenças ampliaram-se em Setembro. Porém, esse acréscimo não foi significativo, e até se poderia esperar uma diminuição das suas concentrações na folha por um efeito de diluição, já que neste período há, frequentemente, uma mobilização de nutrientes para o fruto (o que aliás terá sucedido no tratamento sem boro). Como se referiu anteriormente, a produção média de castanha quadruplicou no tratamento com B, por isso seria plausível admitir uma mais acen-

tuada mobilização de nutrientes para o fruto. Todavia, apesar de apenas o Cu se ter revelado estatisticamente significativo, a tendência foi duma subida em Setembro, o que nos leva a supor que a aplicação de B ao solo poderá ter criado melhores condições ao desenvolvimento radicular dos castanheiros e, portanto propiciar uma melhor aquisição de nutrientes do solo. Efectivamente, o papel do B no desenvolvimento radicular tem vindo a ser demonstrado, nomeadamente por Dell e Huang (1997).

No Quadro 4 apresentam-se os resultados estatísticos da concentração de B na folha. Como se observa os teores foliares de B na

Quadro 3 - Concentração de nutrientes na folha em função do tratamento e do período de colheita.

Nutrientes	Adubação sem B		Adubação com B	
	Julho	Setembro	Julho	Setembro
N, g kg ⁻¹	21,4 a	17,3 a	20,7 A	19,4 A
P, g kg ⁻¹	1,54 a	1,28 a	1,36 A	1,48 A
K, g kg ⁻¹	7,0 a	6,5 a	6,9 A	7,1 A
Ca, g kg ⁻¹	9,3 a	7,5 a	8,1 A	10,6 A
Mg, g kg ⁻¹	2,00 a	1,52 a	1,94 A	1,60 A
Fe, mg kg ⁻¹	53 a	38 a	54 A	56 A
Mn, mg kg ⁻¹	880 a	692 a	798 A	619 A
Zn, mg kg ⁻¹	25 b	17 a	25 A	20 A
Cu, mg kg ⁻¹	8,0 a	10,6 a	7,8 A	12,0 B
B, mg kg ⁻¹	8,8 a	8,3 a	27,2 A	34,1 A

Na mesma linha, os valores seguidos duma letra diferente são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

época Setembro foram $8,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e $34,1 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente em B0 e B1, as quais diferiram para $p < 0,001$. O primeiro valor corresponde a uma carência óbvia de boro e o valor $34,1 \text{ mg kg}^{-1}$ encontra-se no intervalo considerado adequado para certos frutos secos (Shear e Faust, 1980) ou sugeridos para o castanheiro por Clarke (1987) e Olsen (2003).

Quadro 4 - Concentração de B nas amostras de folha colhidas em Julho e recolhidas em Setembro, em função da aplicação de B ao solo.

Tratamento	Colheita de Julho B nas folhas (mg kg^{-1})	Colheita de Setembro B nas folhas (mg kg^{-1})
B0	8,8 aA	8,3 aA
B1	27,2 aB	34,1 aB

As letras maiúsculas comparam linhas ($p < 0,001$) e as letras minúsculas comparam colunas ($p < 0,05$). Letras comuns representam médias que não são significativamente diferentes.

Enquanto na testemunha a concentração de B não variou de Julho para Setembro, no tratamento B1 houve uma tendência de subida nesse período, o que não é de estranhar, já que a elevação das temperaturas no Verão conduz a um aumento da transpiração e a um mais elevado transporte do B para a folha, onde a taxa de transpiração é maior. Naturalmente que isso não se verificou na testemunha sem B.

Com o objectivo de apurar em qual dos tecidos o parâmetro concentração de B

(amostras de Julho) registava melhor correlação com a concentração foliar de B (amostra de Setembro) e com o parâmetro produção/árvore, apresentam-se no Quadro 5 os coeficientes de correlação encontrados. Pode constatar-se que as concentrações de B nos tecidos colhidos em Julho revelaram-se correlacionadas com as de B na folha recolhida em Setembro ($r = 0,972, 0,892$ e $0,855$ respectivamente nas folhas, amentilhos e flores femininas). Mas relativamente ao parâmetro produção de castanha (calibre $> 24 \text{ mm}$), enquanto as concentrações de B na folha, em Setembro e em Julho, estavam correlacionadas com a produção de castanha ($r = 0,70^*$) os outros tecidos não mostraram correlação significativa.

Os resultados obtidos mostram que a folha foi o órgão que se revelou mais eficiente no diagnóstico precoce da carência de B, e que os tecidos alternativos não apresentaram qualidade superior ao da folha. Assim, considera-se que o diagnóstico precoce da carência de B é possível. Se as folhas forem amostradas no início da diferenciação das flores femininas (aparecimento dos estigmas), também será possível uma correcção atempada e eficaz da deficiência de B, efectuando uma adubação foliar em plena floração feminina ($> 95\%$ das flores femininas com os estigmas emergentes). Tem sido demonstrado em certas fruteiras (Nyomara e Brown, 1997; Perica *et al.*, 2001) que a adubação foliar, quando efectuada em plena floração, tem-se revelado muito eficiente na correcção da carência de boro.

Quadro 5 - Correlação entre o B foliar (Setembro) e a produção de castanha por árvore e as concentrações de B nos diversos tecidos.

	B foliar em Setembro	B foliar em Julho	B nos amentilhos em Julho	B nas flores femininas em Julho
Produção/árvore	0,701*	0,702 *	0,614	0,402
B foliar em Setembro	-	0,972 ***	0,892 **	0,855 **

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que a folha foi o órgão que se revelou mais eficiente no diagnóstico precoce da carência de B, e que os tecidos alternativos não apresentaram qualidade superior ao da folha. Assim, para uma avaliação precoce da carência de B no castanheiro e de modo a ser possível a sua correcção atempada, aconselha-se que a colheita de folhas seja efectuada em Julho, para que em devido tempo se possa realizar uma adubação foliar. Isto permitirá efeitos notórios no vingamento do fruto e, consequentemente, na produção da castanha.

AGRADECIMENTOS

As análises químicas foram efectuadas no Laboratório de Solos e Plantas da UTAD e José Carlos Rego colaborou no trabalho de campo. Este estudo teve o apoio do CITAB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bouranis, D.L.; Chorianoopoulou, S.N.; Zakyntinos, G.; Sarlis, G. e Drossopoulos, J.B. (2001) - Flower analysis for prognosis of nutritional dynamics of almond tree. *Journal of Plant Nutrition*, 24: 705-716.
- Clarke, C.J. (1987) - Assessing the fertiliser needs of chestnuts. *Growing Today*, Aug./Sept: 8-11.
- Dell, B. e Huang, L. (1997) - Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil*, 193: 103-120.
- Fregoni, M. (1980) - *Nutrizione e Fertilizzazione della Vite*. Bologna, Italy, Edagricole, 418 p.
- IUSS Working Group WRB (2006) - *World Reference Base for Soil Resources 2006*, 2nd edition. Rome, FAO, 128 p. (World Soil Resources Reports No 103).
- LQARS (2000) - *Manual de fertilização de culturas*. Lisboa, INIA, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, 221 p.
- Nyomora, A.M.S. e Brown, P.H. (1997) - Fall foliar-applied boron increases tissues boron concentration and nut set of almond. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122: 405-410.
- Olsen, J. (2003) - Chestnut orchard nutrition update. *The Western Chestnut* (em linha) 5, 1: 5-7. (Acesso em 2010.02.24) Disponível em <http://www.centerforagroforestry.org/pubs/chesnut/v5n1/v5n1.pdf>
- Pestana, M.; Correia, J.P.; Varennes, A.; Abadia, J. e Faria, E.A. (2001) - The use of floral analysis to diagnose the nutritional status of orange trees. *Journal of Plant Nutrition*, 24: 1913-1923.
- Perica, S.; Brown, P.H. e Connell, J.H. (2001) - Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive. *HortScience*, 36: 714-716.
- Portela, E.; Martins, A.; Pires, A.L.; Raimundo, F. e Marques, G. (2007) - Cap. 6 Práticas culturais no souto: o manejo do solo. In: Gomes-Laranjo, J.; Ferreira-Cardoso, J.; Portela, E. e Abreu, C.G. (Eds.) *Castanheiros*, Programa Agro 499. Vila Real, UTAD, p. 207-264.
- Portela, E.; Ferreira-Cardoso, J.V. e Louzada, J. (2010) - Boron deficiency in chestnut. Effect of boron application on nut yield and quality. *Acta Horticulturae*, 866: 315-320.
- Portela, E.; Roboredo, M. e Louzada, J. (2003) - Assessment and description of magnesium deficiencies in chestnut groves. *Journal of Plant Nutrition*, 26: 503-523.
- Razeto, B. e Castro M.J. (2006) - Diagnosis of boron status in avocado trees (*Persea americana* Mill.) using alternative tissue. *Acta Horticulturae*, 721: 291-293.

- Sanz, M. e Montañés, L. (1995) - Flower analysis as new approach to diagnosing the nutritional status of the peach tree. *Journal of Plant Nutrition*, 18: 1667-1675.
- Sanz, M.; Montañés, L. e Carrera, M. (1994) - The possibility of using flower analysis to diagnose the nutritional status of pear trees. *Acta Horticulturae*, 367: 290-295.
- Shear, C.B. e Faust, M. (1980) - Nutritional ranges in deciduous tree fruits and nuts. *Horticultural Reviews*, 2: 142-163.
- Shorrocks, V.M. (1989) - *Boron deficiency - its prevention and cure*. London, Borax Consolidated Ltd., 43p.
- Sillanpää, O. (1990) - *Micronutrient assessment at country level: an international study*. Rome, FAO Soils Bulletin No. 63, 178 p.