

# Práticas alternativas de correcção da clorose férrica em citrinos

## New strategies to control iron chlorosis in citrus

M. Pestana<sup>1</sup>, P.J. Correia<sup>1</sup>, A. de Varennes<sup>2</sup> & E.A. Faria<sup>1</sup>

---

### RESUMO

A correcção da clorose férrica em fruteiras instaladas em solos calcários faz-se frequentemente recorrendo a aplicações massivas de quelatos férricos sintéticos ao solo. No entanto, a aquisição destes quelatos é muito dispendiosa e o ferro aplicado num ano não previne o aparecimento da clorose no ano seguinte, e estas aplicações repetem-se anualmente para o mesmo pomar.

Com o presente trabalho pretende-se fazer uma revisão sobre o actual estado de conhecimentos relativo às práticas alternativas de correcção da clorose férrica e apresentar os resultados obtidos em ensaios realizados em campo onde se testou a aplicação foliar de diversos compostos em citrinos estabelecidos num solo calcário.

A capacidade de recuperação das árvores foi estimada pelo aparelho SPAD-502 através da variação da concentração foliar de clorofila total entre o início e o final dos ensaios. No final dos ensaios foi ainda analisado o efeito dos tratamentos na composição mineral das flores. Simultaneamente, avaliou-se a duração dos efeitos de algumas das pulverizações efectuadas.

Os resultados obtidos sugerem que as

aplicações foliares de ferro em pomares de citrinos permitem controlar os decréscimos de produção e de qualidade do fruto motivados pela clorose férrica induzida pelo calcário. Além disso, estes tratamentos podem ser efectuados com produtos economicamente mais viáveis, como sejam as soluções com sulfato de ferro.

### ABSTRACT

The correction of iron chlorosis in trees grown on calcareous soils is normally achieved by the application of Fe (III)-chelates such as iron ethylenediaminedi-*o*-hydroxyphenylacetate (Fe-EDDHA) to the soil. This practice is very expensive and has to be repeated every year because iron is rapidly immobilized in the soil or leached out of the root zone.

The responses of orange trees (*Citrus sinensis* (L.) Osb. cv. 'Valencia Late') grown on a calcareous soil to different foliar sprays were studied. In all the experiments, the recovery from iron chlorosis was evaluated with the SPAD-502 apparatus and the values converted to total chlorophyll concentration. The effects of treatments on the

---

<sup>1</sup> Centro de Desenvolvimento de Ciências e Técnicas de Produção Vegetal (CDCTPV), FERN, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, e-mail: [fpestana@ualg.pt](mailto:fpestana@ualg.pt); <sup>2</sup>Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Química Agrícola e Ambiental, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

mineral composition of flowers were studied. The residual effect of some treatments was also evaluated one year later.

These results suggest that foliar sprays with Fe could help to avoid yield and quality losses caused by Fe chlorosis in citrus orchards. Furthermore, these treatments could be done with relatively cheap materials such as solutions containing Fe (II) sulphate.

## INTRODUÇÃO

A clorose férrica afecta não só a composição mineral das folhas e das flores (Pestana *et al.*, 2005; Pestana *et al.*, 2001b; Pestana *et al.*, 2003; Pestana *et al.*, 2004) como é responsável por um significativo decréscimo na produção, no calibre e na qualidade dos frutos, facto que foi referenciado para algumas fruteiras como, limeiras (El-Kassas, 1984), pessegueiros (Sanz *et al.*, 1997) e kiwi (Tagliavini *et al.*, 1995).

O aparecimento de sintomas de clorose férrica em fruteiras, para além de alterar o equilíbrio nutritivo da árvore nesse ano, afecta consequentemente o crescimento vegetativo e dos órgãos reprodutivos da árvore no ano seguinte, o qual está dependente das reservas reunidas no ano anterior (Tagliavini *et al.*, 2000). Assim, os efeitos negativos da clorose férrica em árvores de fruto permanecem nos anos subsequentes ao aparecimento dos sintomas e por vezes mesmo após a sua correcção (Pestana *et al.*, 2004).

A correcção da clorose férrica em fruteiras instaladas em solos calcários faz-se frequentemente recorrendo a aplicações massivas de quelatos férricos sintéticos ao solo. O quelato mais eficaz na correcção desta deficiência nutritiva é o ácido etilenodiaminadi-*o*-hidroxifenilacetato de ferro (III) (Fe-EDDHA) devido à sua elevada estabilidade

mesmo a valores de pH superiores a 9,0 (Wallace & Wallace, 1992a). No entanto, a aquisição destes quelatos é muito dispendiosa e, devido ao regime de rega excessivo ou às chuvas frequentes no Outono-Inverno, o ferro aplicado num ano não previne o aparecimento da clorose no ano seguinte e estas aplicações repetem-se anualmente para o mesmo pomar (Legaz *et al.*, 1992). Os custos desta operação podem atingir os 60% do custo total da fertilização, o que corresponde a cerca de 250 Euros por hectare (Tagliavini *et al.*, 2000). Em relação ao impacto ambiental desta aplicação apenas se sabe que estes agentes quelatantes sintéticos podem ser responsáveis por uma maior absorção de outros metais, tais como o Mn, Cu e o Ni (Wallace & Wallace, 1992b).

Torna-se importante desenvolver práticas alternativas de controlo da clorose férrica que apresentem menores custos e reduzido impacto ambiental. As fertilizações efectuadas ao nível do solo, quer através da adição de adubos com Fe quer através da correcção do pH da rizosfera, não são totalmente eficientes em solos calcários devido ao elevado poder tampão destes solos (Tagliavini *et al.*, 2000). Os resultados mais promissores foram obtidos com a aplicação ao solo de resíduos provenientes de actividades industriais constituídos por ácidos húmicos e/ou fúlvicos (Alva & Obreza, 1998). Alternativamente, vários autores (Tagliavini *et al.*, 2000) propõem a aplicação de diversos compostos por pulverização foliar, pois deste modo é possível evitar os efeitos inibitórios do ião bicarbonato na absorção e no subsequente transporte do ferro para a parte aérea. Por outro lado, a aplicação foliar de ácidos minerais, ácidos orgânicos ou de auxinas permitiu, ainda, disponibilizar o Fe imobilizado no interior das folhas cloróticas (Pestana *et al.*, 2002; Varennes *et al.*, 1997).

Neste trabalho, procurou-se estudar a recuperação da clorose férrica através da

aplicação foliar de diversos compostos em árvores de laranja, cv. 'Valencia Late', estabelecidas em solo calcário. Foi ainda estudado o efeito dos tratamentos na composição mineral das flores, o qual se relacionou com a qualidade dos frutos do ano seguinte de forma a avaliar o efeito residual dos tratamentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados num pomar de citrinos estabelecido em solo calcário, com 12000 m<sup>2</sup>, numa propriedade particular situada no Concelho de Loulé - Algarve, a uma latitude de 37° 05' N e a uma longitude de 8° 28' O, com uma altitude inferior a 200 m.

O solo da parcela utilizada para os ensaios pertence à família dos solos vermelhos de calcário friável (Vc), a que corresponde um Cambissolo cálcico nas categorias taxonómicas da FAO (FAO-Unesco, 1985). No entanto, no início dos ensaios foi efectuada uma amostragem aleatória na camada superficial (0-30 cm) do solo do pomar da qual resultou uma amostra composta. As análises foram realizadas de acordo com os métodos descritos pela "Association of Official Agricultural Chemists" (A.O.A.C., 1990), estando os resultados apresentados no Quadro 1.

O fósforo foi extraído com bicarbonato de sódio e o potássio com acetato de amónio. Relativamente às características físicas salientam-se os elevados teores em argila, factor que pode afectar tanto a porosidade como a permeabilidade do solo.

Utilizaram-se árvores de laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osb. da cv. 'Valencia Late') com 6 anos (1997) de idade, enxertadas em laranja azeda (*Citrus aurantium* L.), porta-enxerto com baixa tolerância ao calcário activo (Obreza *et al.*, 1993), que estavam distribuídas no pomar com um compasso de 3 por 4 m, 833

árvores por hectare.

**QUADRO 1 – Análise química e física da amostra de solo composta obtida entre 0 e 30 cm de profundidade.**

Parâmetros	Valores
K (mg kg <sup>-1</sup> )	259
P (mg kg <sup>-1</sup> )	133
Matéria orgânica (%)	2,4
Calcário total (%)	59
Calcário activo (%)	11
pH (H <sub>2</sub> O)	7,7
Cond. eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,34
Areia (%)	64
Limo (%)	10
Argila (%)	26
Textura	Franco-argilo-arenosa

Com o objectivo de recuperar os sintomas ligeiros de clorose férrica das laranjeiras, aplicaram-se foliarmente diversos produtos repartidos por dois ensaios que se encontram descritos no Quadro 2.

O procedimento experimental foi o mesmo nos dois ensaios realizados. Para testar cada uma das aplicações foliares seleccionaram-se, aleatoriamente, 4 árvores. Em cada árvore e para cada um dos tratamentos marcaram-se, em diferentes orientações da copa, quatro ramos homogéneos que apresentavam sintomas moderados de clorose férrica nas folhas jovens.

Os tratamentos foram efectuados com um pulverizador manual de modo a molhar todas as folhas dos ramos marcados. Para pulverizar todos os 16 ramos tratados, utilizaram-se 3 L de cada solução, o que equivale a uma taxa de aproximadamente 2500 L ha<sup>-1</sup>. Adicionou-se um agente molhante não iónico a todos os tratamentos (Etaldyne – monifenol polietilenado, Rhône-Poulenc, 0,5 mL L<sup>-1</sup> – 10 mM).

Em Outubro de 1997 e em Setembro de 1998, não foi possível efectuar pulverizações devido a condições climáticas desfavoráveis.

**QUADRO 2 - Identificação do material vegetal, dos tratamentos realizados e da duração de cada um deles.**

Ensaio	Início - Final	Produtos estudados	Concentração	pH	Código
Ensaio 1	15-8-97 a	FeSO <sub>4</sub>	500 mg Fe L <sup>-1</sup>	3,4	SF
		Fe-EDDHA	120 mg Fe L <sup>-1</sup>	6,4	QF
	22-3-98	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,5 mM	2,3	AS
		H <sub>2</sub> O	-	6,2	T
Ensaio 2	11-8-98 a	FeSO <sub>4</sub>	500 mg Fe L <sup>-1</sup>	3,4	SF
		C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> .H <sub>2</sub> O	10 mM	2,6	AC
	23-3-99	FeSO <sub>4</sub> + C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> .H <sub>2</sub> O	500 mg Fe L <sup>-1</sup> + 10 mM ácido	2,5	SFAC
		FeSO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	500 mg Fe L <sup>-1</sup> + 0,5 mM ácido	3,1	SFAS
	H <sub>2</sub> O	-	6,2	T	

Todas as operações culturais inerentes à manutenção do pomar, nomeadamente o controlo da rega, das doenças e pragas, foram efectuadas pelo agricultor de forma a reproduzir as condições habituais de produção. Saliente-se, no entanto, que nas árvores marcadas não foram aplicados fertilizantes contendo ferro. Durante o período em que decorreram os ensaios, apenas foram efectuadas três adubações de cobertura com 800 g árvore<sup>-1</sup> do adubo composto NPK (10:10:10, com o N na forma amoniacal), respectivamente em Novembro de 1997, Janeiro e Agosto de 1998.

Durante os ensaios, a capacidade de recuperação das árvores foi avaliada, em campo, através dos acréscimos na concentração foliar de clorofila total estimados pelo aparelho SPAD-502 (Minolta Co., Osaka, Japão). Os valores de SPAD foram convertidos em  $\mu\text{moles}$  de clorofila total por unidade de área ( $\text{m}^2$ ) através da curva de calibração ( $R^2=0,97$ ;  $n=24$ ;  $P<0,001$ ) (Pestana *et al.*, 2001a).

As medições de SPAD foram efectuadas em todos os ramos marcados. Em cada um dos ramos, consideraram-se pelo menos 3 valores de SPAD que consistiam na média de 5 leituras efectuadas em 5 folhas diferentes, correspondendo a um total de 48 valores por tratamento (4 árvores x 4 ramos x 3 médias SPAD). Todas as medições foram

efectuadas na 2ª e 3ª folhas recentemente expandidas.

No final dos ensaios determinou-se a percentagem (%) de variação da clorofila total (VCT) que foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ de VCT} = (C_f - C_i) / C_i \times 100$$

em que  $C_i$  e  $C_f$  são, respectivamente, a concentração de clorofila total ( $\mu\text{moles m}^{-2}$ ) obtida no início e no final do ensaio.

No final dos ensaios colheram-se, aleatoriamente, pelo menos 30 flores completas (incluindo sépalas) do total de ramos marcados de cada tratamento, que foram lavadas com 3 passagens por água destilada. De seguida, procedeu-se à secagem em estufa a 60° C durante 48 horas, e à moenda através de um moinho do tipo almofariz de ágata (RM 0, Retsch, Alemanha). A composição mineral das flores foi determinada através dos métodos normalizados descritos A.O.A.C. (1990). O azoto foi determinado pelo método de Kjeldhal, utilizando como catalisador uma mistura de sulfato de cobre, sulfato de sódio e selénio. Após incineração a 450 °C, as amostras permaneceram em solução, por digestão ácida (HCl 1M), num volume final de 25 ml para a determinação dos restantes nutrientes. O P foi determinado através da análise do complexo molibdo-

vanadato fosfórico a 420 nm, o K por fotometria de chama e os restantes nutrientes (Mg, Ca, Fe, Mn, Cu e Zn) por espectrofotometria de absorção atómica.

Determinaram-se ainda os coeficientes de correlação ( $r$ ) entre a composição mineral das flores em 1998 e alguns parâmetros de qualidade dos frutos colhidos em 1999, pretendo-se assim avaliar os efeitos residuais dos tratamentos aplicados em 1997-98. Os frutos foram colhidos a 23 de Março de 1999 e analisados de acordo com a metodologia descrita por Pestana *et al.* (2002). Saliente-se que não foram efectuadas quaisquer pulverizações com Fe desde Março de 1998 (final do ensaio 1) a Março de 1999 (nova colheita de frutos).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

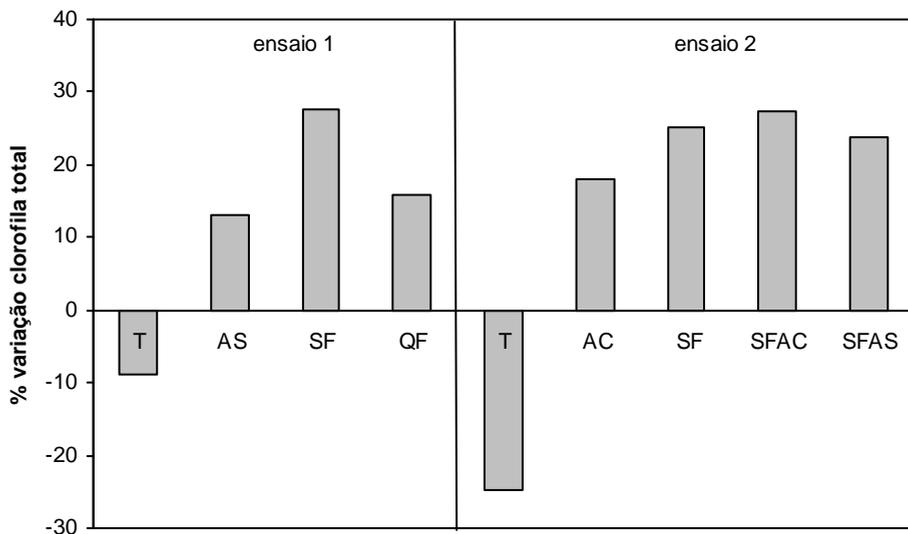
No início dos ensaios, as laranjeiras apresentavam sintomas moderados de clorose férrica e um teor médio de clorofila total de

$278 \pm 6 \mu\text{moles m}^{-2}$  e de  $310 \pm 5 \mu\text{moles m}^{-2}$ , respectivamente no ensaio 1 e 2.

Todas as pulverizações foliares efectuadas com ferro foram eficientes no controlo da clorose férrica (Figura 1) e conduziram ao reverdecimento das folhas. Os tratamentos com soluções ácidas (AS ou AC), ou com quelato de ferro (QF), originaram uma variação da clorofila total inferior à registada nas árvores tratadas com sulfato de ferro, que apresentaram os valores mais altos (25 e 28 %). As árvores tratadas com sulfato de ferro e ácidos (SFAS e SFAC) tiveram acréscimos de clorofila muito semelhantes aos das árvores pulverizadas só com sulfato de ferro. Por sua vez, as árvores não tratadas do ensaio 1 tiveram um decréscimo inferior (9%) relativamente ao verificado nas árvores não tratadas do ensaio 2 (25 %).

Não foram observadas necroses foliares nem manchas nos frutos motivadas pelas pulverizações foliares.

No final dos ensaios, a composição mineral das flores foi afectada pelas pulverizações



**Figura 1** – Percentagem de variação da clorofila total registada entre o início e o final dos ensaios.

**QUADRO 3 – Efeito das diferentes aplicações foliares na composição mineral das flores de laranja no final dos ensaios.**

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn
<b>Ensaio 1</b>									
T	-	2,6 a	20,2 b	5,1 a	1,9 a	23,5 b	51,8 b	24,8 a	13,0 a
AS	-	2,5 a	19,9 b	5,5 a	2,0 a	25,0 b	44,2 b	24,2 a	12,8 a
QF	-	2,6 a	22,1 a	5,2 a	2,1 a	25,5 b	51,8 b	26,8 a	14,5 a
SF	-	2,6 a	20,7 ab	5,5 a	2,1 a	28,8 a	73,8 a	27,5 a	14,8 a
<b>Ensaio 2</b>									
T	14 a	2,4 b	15,2 a	5,9 a	1,8 a	25,3 a	46,0 a	11,5 a	13,3 a
AC	15 a	2,3 b	12,0 a	4,5 a	1,6 a	21,8 a	48,2 a	15,8 a	13,2 a
SF	17 a	2,9 ab	15,6 a	6,0 a	1,8 a	24,0 a	67,7 a	15,7 a	13,0 a
SFAC	15 a	3,1 a	14,9 a	5,2 a	1,8 a	25,7 a	56,0 a	15,5 a	13,3 a
SFAS	16 a	2,5 ab	13,3 a	5,3 a	1,8 a	25,3 a	61,8 a	15,3 a	13,3 a

Para cada nutriente analisado, médias seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes a  $P < 0,05$  (teste de Duncan). T- testemunha, AS - Ácido sulfúrico, AC - Ácido cítrico, QF - Quelato férrico, SF - Sulfato ferroso, SFAS - Sulfato ferroso e Ácido sulfúrico, SFAC - Sulfato ferroso e Ácido cítrico.

foliares (Quadro 3). Relativamente ao ensaio 1, as concentrações florais de Fe e de Zn foram superiores nas árvores tratadas com sulfato de ferro, comparativamente aos restantes tratamentos que não afectaram estes nutrientes. No entanto, os teores florais de K foram mais elevados em todos os tratamentos com adição de Fe (ensaio 1). Por sua vez, no final do ensaio 2, o P nas flores foi o único nutriente afectado pelos tratamentos, tendo-se registado os valores mais elevados nas árvores tratadas com sulfato de ferro + ácido cítrico.

Os tratamentos aplicados num ano (1997) afectaram o teor nutritivo das flores o que, possivelmente, teve efeitos na produção do ano seguinte (1999). Esta hipótese foi avaliada através das relações obtidas entre estes dois parâmetros.

No Quadro 4 apresentam-se os coeficientes de correlação (r) obtidos entre a composição mineral das flores após os tratamentos (Março de 1998) e alguns parâmetros de qualidade dos frutos colhidos um ano depois (Março de 1999).

O peso fresco dos frutos esteve directamente relacionado com a concentração flo-

ral de Mg, Fe e Zn. Por outro lado, o calibre apresentou uma relação positiva com a concentração de Mg e Zn nas flores. Relativamente ao sumo, o total de sólidos solúveis foi inversamente proporcional à concentração de Zn nas flores e a concentração de ácido cítrico esteve negativamente relacionada com a concentração floral de Mg e Fe.

**QUADRO 4 – Coeficientes de correlação (r) obtidos entre a concentração de alguns nutrientes nas flores (1998) e o tamanho e a qualidade das laranjas ‘Valencia Late’ (1999). Adaptado de Pestana *et al.* (2002).**

Flores (1998)	Frutos (1999)			
	PFF	C	TSS	AC
<b>Mg</b>	0,48*	0,44*	- 0,39	-0,66**
<b>Fe</b>	0,46*	0,40	- 0,22	-0,51*
<b>Zn</b>	0,51*	0,48*	- 0,44*	-0,22

PFF – peso fresco do fruto; C – calibre; TSS – total de sólidos solúveis; AC – ácido cítrico. Significativo para  $P < 0,05$  (\*) ou  $P < 0,01$  (\*\*).

### Recuperação da clorose férrica

Os tratamentos foliares com soluções ácidas (ácido sulfúrico ou ácido cítrico) foram efectivos no reverdecimento das

folhas cloróticas. Este acréscimo do teor clorofilino terá resultado da maior actividade metabólica do ferro, originada pela diminuição do pH apoplástico (Mengel, 1995). As pulverizações com ácido cítrico poderão ter também aumentado a mobilidade do ferro no interior da planta, na forma de citrato de Fe (III) (Brown, 1961). Adicionalmente, o citrato de ferro é o substrato com maior afinidade para a quelato Fe(III)-redutase das folhas, enzima responsável pela redução e entrada do ferro nas células (Rombolà *et al.*, 2000). Por outro lado, o enxofre proveniente do ácido sulfúrico favorece a biossíntese da clorofila (Imsande, 1998). Diversos autores obtiveram resultados idênticos em ervilheira (Sahu *et al.*, 1987), kiwi (Tagliavini *et al.*, 1995) e pimenteiro (Varenes *et al.*, 1997).

A recuperação eficaz dos sintomas de clorose férrica pela aplicação foliar de ferro, na forma de sulfato de Fe (II) ou de quelato de Fe (III), parece ter sido devida ao aumento das reservas de Fe nas folhas. A eficácia das pulverizações foliares com ferro depende, entre outros, dos factores que condicionam a entrada, a mobilidade e a metabolização deste elemento na planta (Rombolà *et al.*, 2000). O acréscimo de clorofila total ocorreu em todos os tratamentos em que se aplicou ferro sugerindo que os citrinos em condições de campo, apresentam capacidade de reduzir o Fe (III) presente no quelato usado, processo necessário à entrada do ferro nas células do mesófilo. A adição de ácidos, minerais ou orgânicos, aos tratamentos com sulfato de ferro para efeitos de correcção da clorose férrica, originou valores de clorofila total mais elevados devido aos efeitos conjuntos de fornecimento de ferro e de poder acidificante superior, tal como citado por Toselli *et al.* (1995) em pessegueiros.

### Composição mineral das flores

A resposta das laranjeiras à adição de ferro (sobretudo na forma de sulfato de ferro) foi mais efectiva do que a resultante da pulverização com soluções ácidas, que originaram frequentemente menores teores foliares e florais de ferro.

No início dos ensaios, as árvores apresentavam provavelmente uma deficiência absoluta deste elemento, já que a pulverização foliar com ácidos permitiu aumentar a mobilidade do ferro na planta, mas não colmatou as deficiências neste elemento; por outro lado, o aumento da mobilidade do ferro na planta pode estar associado apenas, a curtas distâncias, não afectando muito a distribuição deste elemento na árvore. Comparando os efeitos das duas formas de ferro aplicado, os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de sulfato de Fe (II), o qual pode não só mobilizar o Fe e o Zn das reservas existentes nas folhas, devido ao seu efeito acidificante, como também pode actuar como uma fonte de ferro. Estes efeitos simultâneos do sulfato de ferro podem explicar o reverdecimento das folhas tratadas e os aumentos de Fe e de Zn nas flores, tal como observado em pessegueiros (Belkhodja *et al.*, 1998).

### Efeito residual dos tratamentos

Os tratamentos testados, ao afectarem o equilíbrio nutritivo das laranjeiras, alteraram as características da produção desse ano (Pestana *et al.*, 2002), assim como as do ano seguinte, o que também foi observado em outras fruteiras (Tagliavini *et al.*, 2000). As diferenças obtidas entre o primeiro e o segundo ano de ensaio deveram-se, essencialmente, ao agravamento de sintomas de clorose férrica das árvores não tratadas, com o conseqüente decrés-

cimo da qualidade da produção. Deste modo, nos citrinos e noutras árvores de fruto a clorose férrica afecta, não só os parâmetros de qualidade da produção anual de fruto, como também os novos crescimentos vegetativos e florais que surgem durante a Primavera, os quais estão dependentes das reservas de ferro conseguidas no ano anterior (Rombolà *et al.*, 2000). Os resultados obtidos permitem concluir que as pulverizações efectuadas durante 1997-98 tiveram efeito na produção obtida um ano depois (Março 1999).

### CONCLUSÕES

Os resultados indicam que pulverizações foliares frequentes com soluções com ferro podem atenuar os problemas inerentes à clorose férrica em pomares de citrinos, melhorando significativamente a qualidade das produções obtidas. Nestes ensaios os tratamentos foram aplicados durante o crescimento e maturação dos frutos. Futuros trabalhos de investigação deverão avaliar o impacto do controlo da clorose férrica antes da formação do fruto, na produção e na qualidade dos frutos.

De qualquer modo, é necessário realizar estudos de demonstração a larga escala e a longo prazo em pomares citrícolas, com pulverizadores comerciais de forma a estabelecer as taxas de aplicação por unidade de área, o número mínimo de aplicações por ano e a melhor época de aplicação. A aplicação de pequenas quantidades de ferro, em diferentes formas no sistema de rega, bem como a reutilização de resíduos/desperdícios provenientes de actividades industriais que possuam ferro e agentes naturais que complexem o ferro deve também ser contemplada.

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi em parte financiado pelo projecto PTDC/AGR-ALI/66065/2006.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 1990. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis, Washington, D.C, USA.
- Alva, A.K. & T.A. Obreza. 1998. By-product iron humate increases tree growth and fruit production of orange and grapefruit. *HortScience*, **33**: 71-74.
- Belkhdja, R., F. Morales, M. Sanz, A. Abadía, & J. Abadía. 1998. Iron deficiency in peach trees: effects on leaf chlorophyll and nutrient concentrations in flowers and leaves. *Plant and Soil*, **203**: 257-268.
- Brown, J.C. 1961. Iron chlorosis in plants. *Advances in Agronomy*, **13**: 329-369.
- El-Kassas, S.E. 1984. Effect of iron nutrition on the growth, yield, fruit quality, and leaf composition of ceded balady lime trees grown on sandy calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*, **7**: 301-311.
- Imsande, J. 1998. Iron, sulfur, and chlorophyll deficiencies: A need for an integrative approach in plant physiology. *Physiologia Plantarum*, **103**: 139-144.
- Legaz, F., M.D. Serna, E. Primo-Millo, & B. Martín. 1992. Leaf spray and soil application of Fe-chelates to Navelina orange trees. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, **2**: 613-617.
- Mengel, K. 1995. Iron availability in plant tissues - iron chlorosis on calcareous soils, In J. Abadía (eds). *Iron Nutrition in Soils and Plants*, pp. 389-397. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.

- Obreza, T.A., A.K. Alva & D.V. Calvert. 1993. Citrus fertilizer management on calcareous soils. *Circular of Florida Cooperative Extension Service*, 1127: 9.
- Pestana, M., P. Beja, P.J. Correia, A. de Varennes, & E.A. Faria. 2005. Relationships between floral nutrients and fruit quality in orange trees grown in a calcareous soil. *Tree Physiology*, **24**: 761-767.
- Pestana, M., P.J. Correia, A. de Varennes, J. Abadía, & E.A. Faria. 2001a. Effectiveness of different foliar applications to control iron chlorosis in orange trees grown on a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, **24**: 613-622.
- Pestana, M., P.J. Correia, A. de Varennes, J. Abadía, & E.A. Faria. 2001b. The use of floral analysis to diagnose the nutritional status of oranges trees. *Journal of Plant Nutrition*, **24**: 1913-1923.
- Pestana, M., P.J. Correia, M.G. Miguel, A. de Varennes, J. Abadía, & E.A. Faria. 2002. Foliar treatments as a strategy to control iron chlorosis in orange trees. *Acta Horticulturae*, **594**: 223-228.
- Pestana, M., A. de Varennes, & E.A. Faria. 2003. Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees: a review. *Food, Agriculture & Environment*, **1**: 46-51.
- Pestana, M., A. de Varennes, M.J. Goss, J. Abadía, & E.A. Faria. 2004. Floral analysis as a tool to diagnose iron chlorosis in orange trees. *Plant and Soil*, **259**: 287-295.
- Rombolà, A.D., W. Brüggemann, M. Tagliavini, B. Marangoni, & P.R. Moog. 2000. Iron source affects Fe reduction and re-greening of kiwifruit (*Actinidea deliciosa*) leaves. *Journal of Plant Nutrition*, **23**: 1751-1765.
- Sahu, M.P., D.D. Sharma, G.L. Jain, & H.G. Singh. 1987. Effects of growth substances, sequestrene 138-Fe and sulphuric acid on iron chlorosis of garden peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Horticultural Science*, **62**: 391-394.
- Sanz, M., R. Belkhodja, M. Toselli, L. Montañés, A. Abadía, M. Tagliavini, B. Marangoni, & J. Abadía. 1997. Floral analysis as a possible tool for prognosis of iron deficiency in peach. *Acta Horticulturae*, **448**: 241-245.
- Tagliavini, M., J. Abadía, A.D. Rombolà, A. Abadía, C. Tsipouridis, & B. Marangoni. 2000. Agronomic means for the control of iron chlorosis in deciduous fruit trees. *Journal of Plant Nutrition*, **23**: 2007-2022.
- Tagliavini, M., D. Scudellazi, B. Marangoni, & M. Toselli. 1995. Acid-spray regreening of kiwifruit leaves affected by lime-induced iron chlorosis, In J. Abadía (eds). Iron nutrition in soils and plants. pp. 191-195. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Toselli, M., M. Tagliavini, & B. Marangoni. 1995. La clorosi ferrica el pesco: conoscenza, prevenzione e terapia. *Actas del XXII Convegno Peschicollo*: 108-113.
- Varennes, A.d., M.F. Vicente, and E.A. Faria. 1997. Tratamento da clorose férrica em pimenteiro. *Revista das Ciências Agrárias*, **20**: 49-55.
- Wallace, A. and G.A. Wallace. 1992a. Factors influencing oxidation of iron pyrite in soil. *Journal of Plant Nutrition*, **15**: 1579-1587.
- Wallace, A. & G.A. Wallace. 1992b. Some of the problems concerning iron nutrition of plants after four decades of synthetic chelating agents. *Journal of Plant Nutrition*, **15**: 1487-1508.