

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201608028

引文格式: 马幸幸, 田自武, 刘贵巧, 等. 管道输液滴干对苹果缺铁失绿症的影响 [J]. 广西植物, 2017, 37(9):1137-1142

MA XX, TIAN ZW, LIU GQ, et al. Effects of pipeline trunk transfusion and drip on iron deficiency chlorosis of apple trees [J]. *Guihaia*, 2017, 37(9):1137-1142

## 管道输液滴干对苹果缺铁失绿症的影响

马幸幸<sup>1</sup>, 田自武<sup>2</sup>, 刘贵巧<sup>2</sup>, 刘子英<sup>2</sup>, 杨青芹<sup>2</sup>, 吕志果<sup>1</sup>, 薛进军<sup>1,2\*</sup>

( 1. 广西大学 农学院, 南宁 530004; 2. 河北工程大学 农学院, 河北 邯郸 056000 )

**摘要:** 为探索防止果树缺铁失绿症方案, 该研究以 Fe-N 为铁肥品种, 以管道输液滴干的方式对中秋王苹果树输入不同浓度的溶液, 测定叶片的叶绿素相对含量 (SPAD 值)、百叶重、百叶厚、全铁和活性铁含量及荧光参数等指标。结果表明: Fe-N 管道输液滴干处理显著提高了苹果叶片的 SPAD 值、百叶重、百叶厚、全铁以及活性铁的含量, 发现叶片 SPAD 值与活性铁含量之间呈现良好的线性关系 (相关系数为 0.899), 表明叶片 SPAD 值可以作为苹果缺铁诊断指标, 同时也说明了苹果树叶片黄化主要是由于活性铁含量低所致。16.4 × 10<sup>-3</sup> mol · L<sup>-1</sup> Fe-N 溶液处理的叶片 SPAD 值、百叶重、百叶厚、全铁及活性铁含量显著高于其它处理, 分别比对照提高了 89.66%、20.42%、9.26%、158.0%、277.4%, 该处理荧光参数也达到了较优水平。该研究结果为管道输液滴干防止苹果缺铁失绿症的应用奠定了基础。

**关键词:** 缺铁失绿症, Fe-N, 管道输液滴干, 苹果, 指标

中图分类号: Q945, S661.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2017)09-1137-06

## Effects of pipeline trunk transfusion and drip on iron deficiency chlorosis of apple trees

MA Xing-Xing<sup>1</sup>, TIAN Zi-Wu<sup>2</sup>, LIU Gui-Qiao<sup>2</sup>, LIU Zi-Ying<sup>2</sup>,  
YANG Qing-Qin<sup>2</sup>, LÜ Zhi-Guo<sup>1</sup>, XUE Jin-Jun<sup>1,2\*</sup>

( 1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004; 2. College of Agriculture, Hebei University of Engineering, Handan 056000, Hebei, China )

**Abstract:** In order to explore the simple and labor-saving program of preventing iron deficiency chlorosis in fruit trees, we studied the effects of Fe-N solutions of different concentrations by pipeline transfusion and drip, contrasted by conventional management by determining the leaf SPAD value, hecto-leaf weight, hecto-leaf thickness, the content of total iron and active iron and so on. The results showed that the treatment of iron fertilizer pipeline transfusion significantly increased leaf SPAD value, hecto-leaf weight and hecto-leaf thickness, the content of total iron and active iron in leaves, while the chlorophyll fluorescence parameters also had a major impact. In addition, SPAD value and the content of active

收稿日期: 2016-12-29 修回日期: 2017-02-22

基金项目: 国家自然科学基金 (31572198); 玉林市科学技术局项目 (玉科计字 201538) [ Supported by the National Natural Science Foundation of China (31572198); Program of Yulin Bureau of Science and Technology (201538) ].

作者简介: 马幸幸 (1989-), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 主要从事果树栽培与生理研究, (E-mail) 563447055@qq.com.

\* 通信作者: 薛进军, 博士, 教授, 主要从事果树栽培及生理作物营养调控研究, (E-mail) xuejinjun@163.com.

iron had a good linear relationship, and the correlation coefficient reached 0.899 through analyzing different grades yellow leaves. This result suggested that there was certain reliability with SPAD value as the way of diagnosing iron deficiency in apple, and it also explained that the yellowing leaf was mainly caused by the shortage of iron. The SPAD value, hecto-leaf weight, hecto-leaf thickness, the content of total iron and active iron in leaves were markedly improved by pipeline transfusing the solution of  $16.4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , which were increased by 89.66%, 20.42%, 9.26%, 158.0% and 277.4% in the experiment, and the fluorescence parameters also reached the optimum level. The result showed that the technology of pipeline infusion dripping trunk significantly improved the index level of apple leaves, and the results laid the foundation for the application of pipeline trunk transfusion and drip in the prevention and treatment of iron deficiency chlorosis in apple.

**Key words:** iron deficiency chlorosis, Fe-N, pipeline trunk transfusion and drip, apple, index

苹果缺铁失绿症是由于植株体内缺乏铁元素而导致叶绿素合成受阻的生理性病害(苏律等, 2016)。在我国北方石灰性土壤地区,植物缺铁失绿现象普遍存在。我国是世界苹果第一生产大国(常源升, 2014)。然而,苹果作为我国栽培面积最大的树种,其缺铁失绿症发病率也最高(叶优良等, 2002)。缺铁导致苹果树势衰退,产量损失严重,果实品质下降,缺素严重时减产在 90% 以上,甚至导致树木死亡,种植者因此遭受巨大的经济损失(于绍夫等, 1985)。因此,缺铁黄化病一直是阻碍苹果发展的一大难题。因为铁具有易氧化和难移动的特点,有效铁的含量在石灰性土壤中很低,因而有效防治果树缺铁失绿症已成为世界范围内的难题。

目前,防治果树缺铁失绿症常用方法有土施、叶面喷铁、强力高压注射、根系输液以及虹吸输液等(Jendoubi et al, 2011)。一般土施高剂量无机铁盐很快被氧化成不溶的氧化铁,叶面喷铁是矫治果树缺铁失绿症的传统方式,其在操作过程中易导致土壤残留,且一般只能起到斑点状复绿的效果,不能增加根中铁含量(Shena et al, 2015; Alcalá et al, 2012);强力高压注射复绿快,效果好,但其操作时需注射机,操作难度大且易产生肥害(崔美香等, 2005);根系输液操作复杂且较费工;近两年来出现的虹吸输液矫正果树缺铁失绿虽然时间短、效果好,但费工,难以在生产上推广应用(薛进军等, 2013),这些措施成本昂贵且不能从根本上改善植物铁营养(Alcántara et al, 2012)。为探索防止果树缺铁黄叶病的有效措施,本研究以管道输液滴干的方式对苹果树输入不同浓度的铁肥,旨在探索合适的管道输液滴干方案,为防止苹果树缺铁失绿症提

供理论及实践指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

试验于 2015—2016 年在河北省邯郸市姚寨乡苹果园进行,土质为黄绵土,土壤 pH 值 8.2,土壤有机质含量为  $13.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,试验材料为 6 年生中秋王苹果品种(红富士和新红星的杂交后代,引进于河北省邯郸市林业局),株行距  $2 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ ,南北行向,试验树长势良好且栽培管理条件基本一致。

管道输液滴干装置于 2015 年 9 月中旬铺设,盛铁肥的容器为 500 L 容积的水塔,置于距地面约 1.5 m 高的平台上。主管为 PVC 黑管,毛管是内径为 0.4 mm 的软管,毛管一端连接支管,支管为黑色滴灌管,另一端连滴头,滴头插入树干,流速为  $2 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ ,每株树一个滴头。

### 1.2 试验设计

试验用 Fe-N 处理(薛进军等, 2016),设置以下浓度:(1)  $16.4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  溶液,简称 T1;(2)  $8.22 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  溶液,简称 T2;(3)  $5.22 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  溶液,简称 T3;(4) 不做任何处理为对照,简称 T4。每次每株输液滴干 2 L,每处理选树势均一的 5 株树作为试验树,单株区组,重复 5 次。

### 1.3 测定方法

2016 年 3 月 15 日进行第一次管道输液滴干,以后每 10 d 输液滴干一次。5 月 15 日测定不同处理叶绿素相对含量(用 SPAD-502 Plus 手持叶绿素速测仪测定)、百叶重、百叶厚;叶绿素荧光用德国生产的便携式荧光仪(型号:PAM-2100)测定。

1.3.1 全铁测定 于2016年3月15日(处理前)和5月15日分别进行采样,采样时按照东西南北中五个方位采集新梢顶部的第5至第8片叶,每株树采集15片叶,迅速带往实验室,依次用肥皂水、蒸馏水清洗干净后,105℃杀青20 min,而后于干燥箱中70℃保持72 h,烘至恒重,经粉碎、电炉碳化、马弗炉灰化后,用 $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸溶解,煮沸后趁热过滤,定容,用原子吸收分光光度计检测叶片全铁含量。

1.3.2 二价铁的测定 于3月15日和5月15日采样,叶片剪碎后迅速称取1 g叶片鲜样,加入 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸浸提24 h,取1 mL浸提液,依次加入邻啡罗啉(0.15%)溶液、氟化氨( $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )溶液和乙酸钠缓冲液( $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ),显色30 min,于510 nm处用紫外分光光度计测吸光度(倪琳琳等,2015)。

1.3.3 SPAD值与二价铁相关性测定 将叶片按黄化等级分为一级:叶片正常;二级:叶片呈淡绿色;三级:叶脉呈淡绿色,叶肉呈淡黄色;四级:叶脉叶肉均呈黄色甚至灰白色,甚至有坏死斑点或穿孔现象。每一等级采集15个样品,每个样品含不同等级叶5片(高一宁,2013)。测定不同样品叶片的SPAD值及二价铁含量,根据所测数据做回归方程。

#### 1.4 数据统计与分析

利用Excel办公软件进行数据的统计分析,采用SPSS分析软件进行差异显著性分析,多重比较分析采用Duncan's法进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对叶片SPAD值、百叶重及百叶厚的影响

从表1可以看出,管道输液滴干铁肥后叶片SPAD值较对照均有明显增加,未表现黄化症状。其中,SPAD值最高的是T1,为57.43,较T4叶片SPAD值提高89.66%;其次是T2,为56.53,较T4叶片SPAD值提高86.69%;不做任何处理的叶片SPAD值最小,为30.28,黄化明显。由此说明,通过铁肥管道输液滴干处理,叶片的叶绿素水平得到显著提高,其中以 $16.4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理效果最好。

就百叶重、百叶厚而言,铁肥输液滴干处理明显提高了叶片的百叶重和百叶厚水平,其中T1的百叶重增加明显,为66.57 g,较T4叶片百叶重增加

表1 不同处理对叶片SPAD值、百叶重及百叶厚的影响  
Table 1 Effects of different treatments on leaf SPAD value, hecto-leaf weight and hecto-leaf thickness

处理 Treatment	SPAD 值 SPAD value	百叶重 Hecto-leaf weight (g)	百叶厚 Hecto-leaf thickness (cm)
T1	57.43a	66.57a	5.90a
T2	56.53b	64.29b	5.85a
T3	55.95c	61.49c	5.80a
T4	30.28d	55.28d	5.40b

注:同列数字后不同的小写英文字母表示在0.05水平上差异显著。下同。

Note: Different small letters in each column represent significant differences at 0.05 level. The same below.

表2 不同处理对叶片叶绿素荧光参数的影响  
Table 2 Effects of different treatments on chlorophyll fluorescence parameters of apple

荧光参数 Fluorescence parameter	T1	T2	T3	T4
相对电子传递速率 ETR	46.61a	43.10b	39.28c	20.18d
光化学淬灭系数 qP	0.729 0a	0.701 9a	0.677 6a	0.684 0a
非光化学淬灭系数 NPQ	1.721a	1.732a	1.788a	1.344b
PS II 实际光量子 产量 Yield	0.290 0a	0.291 0a	0.274 1b	0.192 0d
PS II 潜在活性 Fv/Fo	36.17a	13.024b	10.92c	0.994 1d
最大荧光产量 Fm	855.7a	744.4b	741.1b	168.5d
PS II 原初光能 转化效率 Fv/Fm	0.972 5a	0.928 7b	0.916 1c	0.518 5d

20.42%;T1、T2和T3叶片百叶厚之间差异不显著,但显著高于T4,这可能是因为管道输液滴干处理提高了叶片的光合能力,从而使有机物贮存增加。

### 2.2 不同处理对叶片叶绿素荧光参数的影响

叶绿素捕获的光能主要通过热耗散、光合电子传递及叶绿素荧光发射三种形式耗散,且这三种途径此消彼长。因此,叶绿素荧光会随着热耗散及光合电子传递过程的变化而变化。从表2可以看出,输液滴干不同浓度Fe-N溶液对叶片的叶绿素荧光

表 3 不同处理对叶片铁含量的影响 (单位:  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )Table 3 Effects of different treatments on iron content in leaves (Unit:  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

处理 Treatment	处理前 Before treatment		处理后 After treatment		增值 Added value (%)	
	全铁 Total iron	活性铁 Active iron	全铁 Total iron	活性铁 Active iron	全铁 Total iron	活性铁 Active iron
T1	305.8a	139.5a	788.9a	526.5a	158.0a	277.4a
T2	323.4a	128.6a	494.8b	322.0b	53.00b	150.4b
T3	272.6a	123.9a	324.0c	216.5c	18.86c	74.74c
T4	257.8 a	112.8a	289.0d	106.4d	12.10d	-5.674d

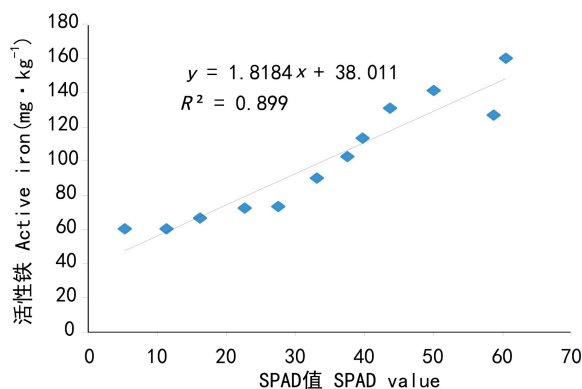


图 1 叶片 SPAD 值与活性铁含量的关系

Fig. 1 Relationship between SPAD value and active iron contents in leaves

参数均产生了影响。其中, T1 的相对电子传递速率 ( $ETR$ )、光系统 II (PS II) 实际光量子产量 ( $Yield$ )、PS II 潜在活性 ( $Fv/Fo$ )、最大荧光产量 ( $Fm$ )、PS II 原初光能转化效率 ( $Fv/Fm$ ) 均高于对照, 分别为 46.61、0.290 0、36.17、855.7 和 0.972 5。相对电子传递速率表示光合作用过程中电子的传递速率, 其中输铁处理与对照差异显著, 且以 T1 的电子传递速率最高, 说明  $16.4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  处理果树的电子传递速率达到最优。PS II 反应中心的开放程度及光合活性的高低可通过光化学淬灭系数 ( $qP$ ) 反映, 而非光化学淬灭系数 ( $NPQ$ ) 反映了树体的光保护能力, PS II 中心色素所吸收的光能, 以产热耗散的部分是以非光化学淬灭系数来反映的, 当过量的光能被 PS II 的中心色素吸收时, 如不能通过热能耗散,

将导致叶片光抑制或光破坏; 试验结果表明, 输液滴干铁肥处理的光化学淬灭系数略高于其它处理, 但并未达到显著性差异, 而其产热耗散也高于对照, 这说明输液滴干铁肥处理的 PS II 的反应中心对强光的保护能力及活性相比对照提高明显, 同时也说明由于逆境胁迫, 无管道输液叶片的部分光合机构可能已经受到损害。

PS II 实际光量子产量表示 PS II 反应中心在部分关闭条件下的光能实际原初捕获效率, 其中 T1 和 T2 的实际光量子产量最高, 而且与其它处理之间存在显著性差异; PS II 潜在活性代表 PS II 的潜在光化学活性, 输液滴干铁肥处理的 PS II 潜在活性显著高于无管道输液的对照, 而且以 T1 最显著。因此, 输液滴干铁肥处理提高了叶片的潜在光化学活性。最大荧光产量反映了 PS II 反应中心在完全关闭条件下的电子传递状况, 输液滴干铁肥处理的最大荧光产量显著高于对照, 而且 T1 的最大荧光产量最高, 说明了铁肥管道输液滴干处理的电子传递在 PS II 反应中心完全关闭条件下, 其荧光产量优于对照, 而且以 T1 效果最显著。PS II 原初光能转化效率表示暗适应叶片的 PS II 最大光能转化效率, 其中输液滴干铁肥处理的原初光能转化效率高于对照, 而且与对照存在显著性差异, 即 T1 的最大光能转化效率最高。

### 2.3 不同处理对叶片铁含量的影响

从表 3 可以看出, 铁肥管道输液滴干后, 叶片全铁及活性铁含量较对照均有显著增加。全铁含量和活性铁含量均以 T1 处理最高, 与其它处理存在显著性差异, 其全铁和活性铁含量较处理前分别提



高 158.0% 和 277.4%, 且其全铁含量增加量约是 T4 叶片全铁含量增加量的 13 倍; 不做任何处理的叶片新叶呈现黄化症状, 其全铁和活性铁含量最低, 且其全铁含量前后变化不明显, 活性铁含量有降低趋势。管道输液滴干处理叶片的活性铁含量提高的原因可能是亚铁通过管道输液滴干进入树体后, 仍以活性铁的形式存在。

#### 2.4 不同黄化等级叶片 SPAD 值与活性铁含量的关系

图 1 结果显示, SPAD 值与活性铁的相关性。用苹果不同黄化等级叶片活性铁含量与叶片 SPAD 值进行相关性分析, 结果表明, 当苹果叶片呈现严重黄化时, 即叶片 SPAD 值处于较低水平时, 叶片活性铁含量也较低, 随着叶片 SPAD 值的增加, 叶片活性铁含量也逐渐升高, 说明苹果树体叶片黄化主要是活性铁含量低所致。叶片活性铁含量与叶片 SPAD 值在一定程度上呈现良好的线性关系, 相关系数为 0.899。

### 3 讨论与结论

管道输液滴干技术是以虹吸输液为基础发明而来, 与传统的滴灌技术相比, 其具有以下特点: (1) 管道输液技术可进行水肥药一体化, 水肥药基本没有离开树体, 其利用率远高于滴灌。(2) 滴头插入树干不会堵塞。(3) 每株树只需一个滴头, 其成本明显低于滴灌。(4) 操作技术简单, 果农可自行施工安装, 便于推广。叶片、根系、木质部和韧皮部是管道输液滴干的铁肥进入树体的主要器官, 管道输液的铁肥可直接向这些器官提供营养。

铁作为苹果树体的重要微量元素, 其含量与光合效率的高低密切相关。而叶绿素荧光可探寻植物体光合作用的各种信息, 也可通过其参数的变化来直接或间接的反映植物光合作用的状态(徐德聪等, 2003)。目前, 叶面喷铁仍是防治缺铁失绿症的主要方式, 而通过果树管道输液滴干方式防治缺铁失绿症鲜有报道。然而, 叶面喷铁一般不能增加根中铁含量, 且只能起到斑点状复绿的效果, Alcántara et al (2012) 认为土施或叶面喷施铁肥成本昂贵且不能从根本上改善植物铁营养。管道输液滴干用水塔等容器取代常规输液的瓶子和袋子, 用管道将果园所有单株连为一体, 水塔中放入二价铁就可为果园所有单株进行输液, 能够解决大面积果园缺铁问

题。输液的二价铁通过树干进入树体, 吸收动力是被动吸收(叶片蒸腾拉力), 防止了根系吸收过多铁产生过量活性氧而伤害细胞, 从而导致植株死亡的情况。树体对铁肥的吸收量可由果树根据自身需要调节, 生长季可以给果树天天输二价铁, 克服常规输液没有持效性的缺陷, 从而不仅能够防止果树缺铁失绿症, 而且能显著提高果实中铁的含量。

二价铁通常被认为是活性铁, 而活性铁的缺乏通常被认为是导致缺铁失绿症的主因(高一宁, 2013)。本研究表明, 与常规管理相比, 管道输液滴干处理显著提高了叶片的指标水平, 其中, 通过管道输铁处理, 叶片中活性铁以及全铁含量均得到了显著提升, 由此说明管道输液滴干处理在防治果树缺铁失绿症方面潜力巨大。其中, 以管道输  $16.4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Fe-N}$  溶液处理的叶片 SPAD 值、百叶重、百叶厚、全铁及二价铁含量显著高于其它处理, 分别比对照提高了 89.66%、20.42%、9.26%、158.0%、277.4%, 其荧光参数也达到了较优水平; 另外, 叶片叶绿素含量可用叶片 SPAD 值进行估计(朱明涛, 2015), 由于可以简便、连续、无损测定叶片的 SPAD 值, 而叶片活性铁含量与叶片 SPAD 值在一定程度上呈现良好的线性关系, 因此, 叶片 SPAD 值为评估果树铁营养状况开辟了新途径。综上, 通过管道输液滴干方式, 对树体输铁肥能促进树体生长, 从而达到防治缺铁失绿症的目的。

#### 参考文献:

- ALCALÁ IS, BELLÓN F, CAMPILLO MC, et al, 2012. Application of synthetic siderite ( $\text{FeCO}_3$ ) to the soil is capable of alleviating iron chlorosis in olive trees [J]. *Acta Horti Sin*, 138:17-23
- ALCÁNTARAA E, MONTILLAA I, RAMÍREZB P, et al, 2012. Evaluation of quince clones for tolerance to iron chlorosis on calcareous soil under field conditions [J]. *Acta Horti Sin*, 138:50-54
- CHANG YS, 2014. Genetic analysis and QTL mapping of apple fruit shape traits [D]. Beijing: China Agricultural University:5-19. [常源升, 2014. 苹果果型性状遗传分析与 QTL 定位 [D]. 北京: 中国农业大学:5-19]
- CUI MX, XUE JJ, WANG XR, et al, 2005. Application of iron fertilizer by use high-pressure trunk-injection to remedy the iron deficiency chlorosis in apple trees and its mechanism [J]. *J Plant Nutr Fert Sci*, 11 (1):133-136. [崔美香, 薛

- 进军,王秀茹,等,2005. 树干高压注射铁肥矫正苹果失绿症及其机理 [J]. 植物营养与肥料学报,11(1):133-136.]
- GAO YN, 2013. Study on the mechanism of iron fertilizer siphon transfusion of remedying iron deficiency chlorosis in apple trees [D]. Nanning: Guangxi University:14. [高一宁,2013. 铁肥虹吸输液矫正苹果缺铁失绿症及机理研究 [D]. 南宁:广西大学:14]
- JENDOUBI HE, MELGAR JC, FERNÁNDEZ AÁ, et al, 2011. Setting good practices to assess the efficiency of iron fertilizers [J]. J Plant Physiol Biochem, 49:483-488
- NI LL, HOU ZQ, FENG SD, et al, 2015. Application of improved  $\text{NH}_4\text{F}$  masking method in determination of ferrous iron in plant tissues [J]. J Plant Physiol, 51(8):1347-1349. [倪琳琳,侯昭琪,封士达,等,2015. 改良  $\text{NH}_4\text{F}$  掩蔽法在测定植物组织二价铁含量中的应用 [J]. 植物生理学报,51(8):1347-1349.]
- SHENA C, YUEB R, SUNA T, et al, 2015. OsARF16, a transcription factor regulating auxin redistribution is required for iron deficiency response in rice [J]. Plant Sci, 231:148-158
- SU L, SONG JX, HU TL, et al, 2016. The correction effect of different application methods of iron fertilizer on iron deficiency chlorosis of apple [J]. Jiangsu Agric Sci, 44(1):188-189. [苏律,宋俊霞,胡同乐,等,2016. 铁肥不同施用方式对苹果缺铁黄化病的矫正效果 [J]. 江苏农业科学,44(1):188-189.]
- XU DC, LÜ FD, PAN XJ, 2003. Application of chlorophyll fluorescence analysis technique to research of fruit trees [J]. Nonw For Res, 21(3):88-91. [徐德聪,吕芳德,潘晓杰,2003. 叶绿素荧光分析技术在果树研究中的应用 [J]. 经济林研究,21(3):88-91.]
- XUE JJ, LIU GQ, LIU ZY, et al, 2013. Siphon transfusion on correcting iron deficiency chlorosis of apple trees [J]. J Fruit Sci, 30(3):412-415. [薛进军,刘贵巧,刘子英,等,2013. 铁肥虹吸输液方法对矫正苹果缺铁失绿症的影响 [J]. 果树学报,30(3):412-415.]
- XUE JJ, ZHANG HH, CHEN QF, et al,2016. Iron fertilizer for correcting iron deficiency of fruit trees and forest trees [P]. China, 201310414969.9. [薛进军,张鹤华,陈千付,等.2016. 矫正果树和林木缺铁失绿症的铁肥 [P]. 中国,201310414969.9.]
- YE YL, ZHANG FS, LI XH, et al, 2002. The study on the rhizosphere fertilization for correcting Fe-deficiency chlorosis of apple trees [J]. Acta Agric Boreal Sin, 17(1):88-93. [叶优良,张福锁,李絮花,等,2002. 根际施肥对防治苹果缺铁黄叶病的效果的研究 [J]. 华北农学报,17(1):88-93.]
- YU SF, QU FN, 1985. Apple's iron nutrient [M]. Jinan: Science and Technology Press. [于绍夫,曲复宁,1985. 苹果的铁素营养 [M]. 济南:科学技术出版社.]
- ZHU MT, 2015. Preselection for iron deficiency tolerance and dwarfing in apple rootstock [D]. Beijing: China Agricultural University: 20. [朱明涛,2015. 苹果耐缺铁和矮化砧木预选方法研究 [D]. 北京:中国农业大学:20]