

铁肥虹吸输液滴干对苹果叶片叶绿素含量及FCR活性的影响

崔美香¹, 马幸幸², 刘贵巧¹, 刘子英¹, 田自武¹, 薛进军^{1,2}

(1. 河北工程大学 农学院, 河北 邯郸 056001; 2. 广西大学 农学院, 广西 南宁 530004)

摘要:为进一步探索苹果缺铁失绿症的矫治途径,该试验以黄化苹果树为试材,以自制 Fe-N 为铁肥,采用虹吸输液滴干的方式对缺铁黄化苹果树进行输铁处理,以虹吸输清水及常规管理为对照,对比分析了叶片缺绿等级、叶绿素含量变化,测定了正常绿叶和缺铁黄叶的 FCR 活力表征以及不同处理 FCR 活性。结果表明:虹吸输铁处理 10 d 后,失绿程度由处理前 2.00 级恢复到 0.49 级;叶绿素 a 与叶绿素 b 含量分别比常规管理叶片增加 47.98% 和 107.70%, 并达到差异极显著水平,这说明对缺铁黄化苹果树进行虹吸输液滴干处理,可在短时间内达到明显的复绿效果。FCR 活力表征试验表明,黄叶周围的红色晕圈明显强于正常叶片;对照叶片 FCR 活性显著高于虹吸输铁处理,说明苹果叶片在缺铁情况下可提高 FCR 活性,从而揭示 Fe^{2+} 进入叶肉细胞的系统反应,阐明虹吸输液的 Fe^{2+} 进入叶肉细胞的机理,为更好的利用虹吸输液滴干技术矫正果树缺铁失绿症提供理论依据,表明了虹吸输液滴干矫治苹果缺铁失绿症的可行性。

关键词:苹果;缺铁失绿症;虹吸输液滴干;叶绿素;FCR

中图分类号:S 661.101 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)06-0031-05

植物缺铁失绿症是发生在石灰性土壤上的生理性病害,据统计,全世界约 1/3 的耕地面积是石灰性土壤,其中约 40% 的土壤缺铁。由于铁易氧化和难移动,果树缺铁失绿症的矫治已成为世界性范围内的难题^[1]。目前,矫正果树缺铁失绿症的方法主要有土施、叶面喷施、根系输液以及树干强力高压注射等,土施的铁肥易被氧化和淋溶,造成浪费;叶面喷施通常只能起到斑点状复绿的效果,而且不能增加根中铁含量^[2-3];根系输液需刨根,费工^[4];强力高压注射需要注射机,操作难度大,费工且成本高^[5]。因此,研究组发明了虹吸输液方法^[6],其主要特点是铁肥溶液通过虹吸原理滴干进入树体,在叶片蒸腾拉力的作用下,通过木质部导管直接进入叶片,作用快

且效果好。

植物缺铁可导致叶绿素合成的前体-吡咯环和卟啉环的合成受阻,导致叶片黄化,光合作用效率降低,造成产量和品质的巨大损失^[7]。通常 Fe^{3+} 只有被膜连的铁(III)螯合物还原酶(FCR 酶)还原为 Fe^{2+} 后,才能进入到各个细胞器和器官中供利用^[8]。因此,该研究以黄化苹果树为试验材料进行虹吸输液试验,通过对叶片缺绿等级、叶绿素含量变化及正常绿叶和缺铁黄叶的 FCR 活力表征测定以及不同处理 FCR 活性测定分析,探讨 Fe^{2+} 进入细胞的机理,以期为果树缺铁失绿症的矫治提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试苹果品种为“石富”短枝苹果,2002 年定植,株行距 3 m×4 m,南北行向,试验树长势良好,树势和栽培管理条件基本一致。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验在河北省邯郸市林果园进行,土质为黄绵土,土壤 pH 8.2。2015 年 7 月,在苹果树缺铁黄化高峰期,选田间生长一致的缺铁失

第一作者简介:崔美香(1969-),女,硕士,副教授,现主要从事植物保护等研究工作。E-mail:270577642@qq.com.

责任作者:薛进军(1956-),男,博士,教授,现主要从事果树栽培及生理作物营养调控等研究工作。E-mail: xuejinjun@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31572198)。

收稿日期:2016-12-13

绿树,以 $\text{Fe-N}^{[9]}$ 作铁肥,设置 3 个处理,输铁处理:在主干上虹吸输 500 mL 浓度为 600 倍的 Fe-N 溶液;CK1:在主干上虹吸输 500 mL 清水(Fe-N 溶液溶剂);CK2:不进行虹吸输液为对照。每处理 5 株树。

1.2.2 虹吸输液滴干方法 将装有铁肥液的容器挂在距地面约 1.5 m 高的树杈上,用电钻在距地面约 40 cm 的树干上钻孔,孔径比输液管外径略小,深约 2.5 cm,将输液管或 PVC 软管一端绑干净的小石头,放至容器底部,另一端插上滴头(滴速 $2 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$),用洗耳球吸出液体后插入树干,即开始向树体输液。

1.3 项目测定

1.3.1 缺铁黄化树失绿等级的分类 参照周厚基^[10]的方法,田间处理前后 10 d,分别将树按黄化和复绿程度进行分级。0 级:叶片正常;1 级:叶片淡绿色;2 级:个别大枝有轻微至中等失绿;3 级:中级,50% 的叶片中等失绿;4 级:重级,全树多数叶片黄化,叶肉、叶脉呈黄白色并有坏死斑点或穿孔;5 级:严重级,全树黄化,有落叶现象或顶部有较大死区。

1.3.2 叶片叶绿素含量的测定 输液复绿后按照东、西、南、北、中 5 个方位采集一年生枝的第 5~8 片叶,每株树采集 15 片叶,叶样剪碎混匀,快速称取 0.1 g,置于 50 mL 容量瓶中,加入混合提取液(丙酮:无水乙醇=1:1),定容暗处静置 24 h,用 721 型分光光度计进行比色^[11]。

1.3.3 叶片 FCR 活性测定 1)苹果叶片 FCR 活性琼脂定位测定:选取缺铁黄叶、正常树各 5 株,按东、南、西、北、中 5 个方向,采顶端下第 5 展开片叶。采后用 1% 的肥皂水清洗,去离子水冲洗 3 遍后用滤纸把表面水吸干备用,注意叶片不能损伤,将不同处理叶片分别平铺在直径为 9 cm 平皿上,倒入测定体系 20 mL 左右,凝固后黑暗放置 3 h 以上,由于 FCR 将 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+} , Fe^{2+} 与 BPDS(2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-菲啉磺酸二钠盐)形成 Fe(II)-BPDS 复合物而呈现红色。观察拍照。2)不同处理苹果叶片 FCR 活性测定:输液复绿后按照东、西、南、北、中 5 个方位采集一年生枝的第 5~8 片叶,每株树采

集 15 片叶,叶片去柄称 5 g 左右,放入 250 mL 三角瓶中,倒入 100 mL 测定液,使叶片完全浸入测定液中,用封口膜封口,放在摇床上 25°C ,黑暗振荡 4.5 h。不加叶的反应液作为空白,721 型分光光度计 535 nm 处测吸光值,每处理 5 次重复,每树重复 3 次。

1.4 数据分析

采用 Excel 办公软件和 SPSS 分析软件进行统计和分析。

2 结果与分析

2.1 缺铁黄化叶片不同处理后复绿情况

由表 1 可知,输铁处理 10 d 后,虹吸输液滴干处理叶片有显著复绿效果,复绿等级由处理前 2.00 级恢复到 0.49 级,而 CK1 和 CK2 处理前后没有复绿现象,处理前后的失绿程度分别为 1.98、2.01 级和 2.06、2.04 级。因此,铁肥虹吸输液滴干能矫正苹果缺铁失绿症。

表 1 不同处理苹果叶片失绿等级

Table 1 Re-green scale in apple leaves by different treatments

处理 Treatment	失绿等级 Re-green scale	
	处理前 Before treatment	处理后 After treatment
输铁 Transfusing iron	2.00a	0.49b
CK1	1.98a	2.01a
CK2	2.06a	2.04a

注:同列数字后的不同小写英文字母表示在 0.05 水平上达到显著性差异,下同。

Note: The different lowercase letters followed the data in each column represent statistical significance at 0.05 level, the same as below.

2.2 不同处理苹果叶片叶绿素含量的影响

表 2 表明,输铁后叶绿素 a、叶绿素 b 含量分别较 CK2 叶片增加 0.820、0.669 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,增幅分别达到 47.98% 和 107.70%。输铁叶片中叶绿素 a、叶绿素 b 含量与 CK2 相比均达极显著差异水平。而 CK1 与 CK2 叶片之间差异不显著。输铁后叶绿素 a/b 有所下降,但未达到差异显著水平。可见,虹吸输铁可以增加苹果叶片中叶绿素总含量,其中叶绿素 b 的增幅略大于叶绿素 a。

表 2 不同处理苹果叶片的叶绿素含量

Table 2 Chlorophyll content in apple leaves by different treatments

处理 Treatment	叶绿素 a 含量 Content of Chl a	叶绿素 b 含量 Content of Chl b	叶绿素 a/b Chl a/Chl b	叶绿素总含量 Total chlorophyll content
输铁 Transfusing iron	2.529a	1.290a	1.960a	3.819b
CK1	1.936b	0.560b	3.460a	2.495b
CK2	1.709b	0.621b	2.752a	2.329b

2.3 苹果叶片 FCR 活性琼脂定位测定

叶片包埋在测定体系 30 min 内未观察到黄叶和正常叶片出现颜色变化,测定体系为浅粉色,由于操作过程中不可避免的见光使测定体系黑暗处理前呈浅粉色。包埋 3 h 后即可观察到叶片周围出现明显的红色晕圈,但正常叶片的强度明显弱于缺铁黄叶(图 1),对照处理无红色晕圈,仍为浅淡的红色,说

明苹果叶片中 FCR 具有一定的活性,而且缺铁黄叶明显强于正常叶。但是观察后把培养皿放于室内见光,不久所有处理的测定体系全为红色,红色晕圈就消失(图 2)。最后把叶片从测定体系中取出观察,原来出现红色晕圈处叶片为铁锈红色,黄叶明显强于正常叶(图 3)。

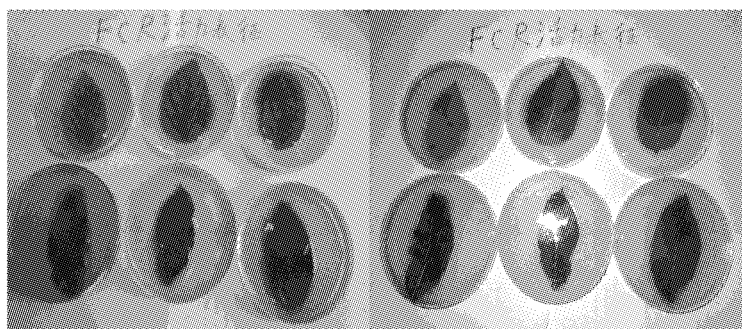


图 1 叶片包埋 3 h 后周围出现明显的红色晕圈正面观和背面观

Fig. 1 Red circle around the leaves of front view and back up view after embedded 3 hours



图 2 叶片包埋 3 h 后见光叶片周围的红色晕圈消失

Fig. 2 Red circle around leaves disappeared when leaves appeared in the light after embedded 3 hours

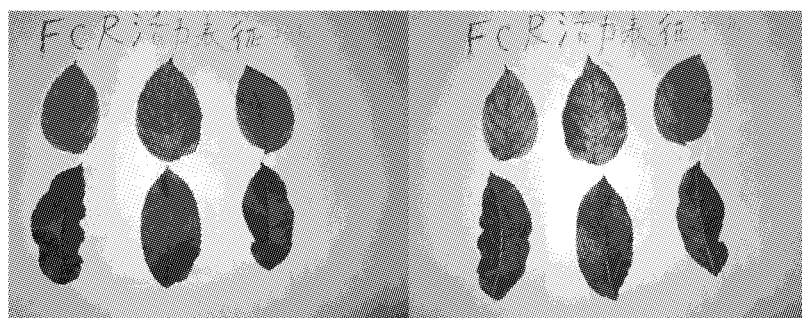


图 3 从全红测定体系中取出的叶片正面观和背面观

Fig. 3 Front view and back up view from the whole red measurement system

2.4 不同处理对叶片 FCR 活性的影响

从图 4 可以看出,输铁处理叶片的 FCR 活性明显低于虹吸输清水和常规管理的叶片,且分别比虹吸输清水和常规管理的叶片降低了 32.52% 和

34.86%。由此说明在缺铁的环境下,植物 FCR 活性增强,但由于一直没有铁源供应,植物一直受到缺铁信号的诱导,酶活性保持增加,到饱和为止。这一结果表明了 Fe^{2+} 进入叶肉细胞的系统反应,同时,也通

过输铁处理叶片 FCR 活性的降低,表明虹吸输铁处理对解决苹果铁胁迫有明显效果,证明了虹吸输液滴干在矫治苹果缺铁失绿方面的有效性。

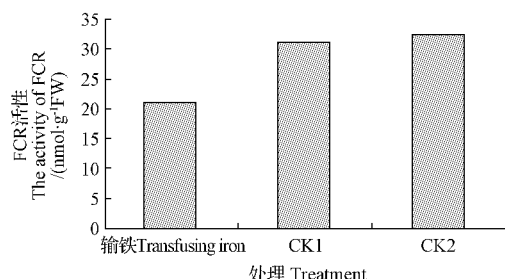


图4 不同处理对叶片 FCR 活性的影响

Fig. 4 Effect of different treatments on activity of FCR in leaves

3 讨论与结论

虹吸输液滴干技术能在较短时间内使缺铁失绿苹果叶片复绿,与传统的矫治缺铁失绿症的途径相比,其具有以下特点:1)二价铁直接进入树体,避免了铁肥在树体外因氧化而造成的浪费;2)二价铁靠蒸腾拉力进入树体,是不需要消耗能量的被动吸收,见效快;3)容器可采用矿泉水瓶、袋子等,每一套输液套具只需人民币 1.5 元左右,成本低且操作简单。

叶片叶绿素含量直接反映了光合作用强弱,是反映叶片生理活性的主要指标,叶绿素合成的过程中,铁作为酶的活化剂而存在,因此,缺铁对植物的正常生长有着重要影响。该试验中,虹吸输液滴干处理不仅取得了显著的复绿效果,而且叶绿素 a、叶绿素 b 以及叶绿素总量较常规管理的苹果叶片分别增加 47.98%、107.76%和 63.91%,效果显著。

铁螯合物还原酶的活力与环境中的铁含量密切

相关,当环境中的铁缺乏时,细胞原生质膜上的铁螯合物还原酶活性会显著升高。在该试验中,虹吸输液滴干处理叶片的 FCR 活性明显低于虹吸输清水和常规管理的叶片,且分别比虹吸输清水和常规管理的叶片降低了 32.52%和 34.86%,证明了虹吸输铁处理对解决苹果铁胁迫有明显效果,表明了虹吸输液滴干是矫治苹果缺铁失绿方面的新途径。

参考文献

- [1] 韦建玉,金亚波,杨启港,等. 植物铁营养研究进展II:铁运输与铁有关的分子生物学基础[J]. 安徽农业科学,2007,35(33):10589-10593.
- [2] SHENA C, YUEB R, SUNA T, et al. OsARF16, a transcription factor regulating auxin redistribution is required for iron deficiency response in rice[J]. Plant Science, 2015, 231:148-158.
- [3] ALCALÁ I S, BELLÓN F, CAMPILLO M C, et al. Application of synthetic siderite (FeCO₃) to the soil is capable of alleviating iron chlorosis in olive trees[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 138:17-23.
- [4] 薛进军,刘贵巧,刘子英,等. 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, 2013, 30(3):412-415.
- [5] 崔美香,薛进军,王秀茹,等. 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, 2005, 11(1):133-136.
- [6] 薛进军,吕鸣群. 果树和林木虹吸输液套具:200920140525. X[P]. 2009.
- [7] 李丽娅. 铁(III)螯合物还原酶在植物铁代谢中的作用[D]. 哈尔滨:哈尔滨师范大学, 2011.
- [8] HELL R, STEPHAN U W. Iron uptake, trafficking and homeostasis in plants[J]. Planta, 2003, 216(4):541-551.
- [9] 薛进军,张鹤华,陈千付,等. 矫正果树和林木缺铁失绿症的铁肥:201310414969. 9[P]. 2013.
- [10] 周厚基. 苹果缺铁失绿研究进展 II:铁逆境对树体形态及生理生化作用的影响[J]. 中国农业科学, 1988, 21(4):46-50.
- [11] 王芳芳. 几种梨树种间叶绿素含量的比较[J]. 现代农村科技, 2009(21):37.

Effects of Siphon Transfusion Iron Fertilizer Following Trunk on Chlorophyll Content and Activity of FCR in Apple Leaves

CUI Meixiang¹, MA Xingxing², LIU Guiqiao¹, LIU Ziyang¹, TIAN Ziwu¹, XUE Jinjun^{1,2}

(1. Department of Agronomy, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056001; 2. Department of Agronomy, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004)

Abstract: In order to explore a new approach of correcting iron deficiency chlorosis in apple trees, the effect of Fe-N solutions which was our homemade by siphon transfusion following trunk was studied, contrasted by transfusing water and conventional management. By analyzing the degree of yellow leaves, the diversification of chlorophyll content, the feature of FCR activity in normally green leaves and yellow leaves and the activity of FCR in different treatments leaves. The results showed that the degree of the chlorosis was resumed from 2.00 to 0.49 after transfusing Fe-N solution 10 days; chlorophyll a and chlorophyll b content increased by 47.98% and

不同增温处理对伊犁甜樱桃露地栽培越冬能力的影响

王秀梅, 张云, 秦景逸, 马玉梅

(新疆农业大学 林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘 要:对2年生甜樱桃幼树的主干进行了8种增温防护处理,经自然越冬后统计冻害情况,以期探究不同防护处理对甜樱桃(*Prunus avium* L.)幼树越冬能力的影响。结果表明:培土+草帘子与培土处理可有效减轻甜樱桃幼树冻害的程度,主干树皮裂口、主、枝干韧皮部褐变防寒等级均为I级,新梢枝条萌芽率呈极显著差异,与CK相比分别提高30.16%、26.11%,其中培土+草帘子处理的芽褐变率最低,仅为12%;草帘子、培土+毛毡处理的主干树皮裂口防寒等级为I级,其韧皮部褐变均为II级,新梢枝条萌芽率呈显著差异;塑料薄膜、毛毡、涂白剂、石灰水处理防护效果不理想,各形态指标冻害较为严重。试验表明,培土+草帘子处理下的甜樱桃幼树越冬能力最强,培土处理表现出防护效果次之,二者处理下可有效提高甜樱桃幼树的越冬能力,适宜在实际生产中应用推广。

关键词:甜樱桃;保温措施;冻害指数;防寒等级

中图分类号:S 662.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)06-0035-05

甜樱桃(*Prunus avium* L.)原产于欧洲,现被誉为“黄金种植业”。露地栽培效益667 m²高达3万元^[1],但俗话说“樱桃好吃树难栽”,甜樱桃属不耐寒品种,在新疆各地引种栽培起步较晚,随着新疆特色

林果业快速发展,面积逐年增加,而北疆由于气候条件的特殊性,很少种植^[2-3]。张春山等^[4]研究表明,甜樱桃品系的枝条在持续-20℃低温胁迫中,会导致枝条受冻。因此,对于甜樱桃幼树来说,冬季低温已成为樱桃产业发展的主要限制因子,解决冻害问题势在必行。目前在防冻措施方面,普遍认为越冬前树基部培土,树干包裹稻草、毛毡、塑料条等材料能够提高果树的越冬能力,减轻冻害程度^[5-6]。但在甜樱桃品系中,不同保温材料包裹下,幼树表现出的防护效果对其越冬能力影响的研究较少,且对甜樱桃的研究多存在于引种适应性和栽培技术等方

第一作者简介:王秀梅(1993-),女,硕士研究生,研究方向为植物抗寒生理。E-mail:329368653@qq.com.

责任作者:张云(1964-),女,硕士,副教授,硕士生导师,现主要从事植物繁殖生物学及种质资源应用等研究工作。E-mail:1033284941@qq.com.

基金项目:国家林业公益性行业科研专项资助项目(201304714)。

收稿日期:2016-12-15

107.70% than the conventional management, and reached a significant level, that showed that the treatment of siphon transfusion following trunk could achieve a significant re-green effect in a short period of time. The red circle around yellow leaves were much stronger than normal leaves in the characterization test of FCR. The FCR activity of the comparison was significantly higher than the treatment of siphon infusion, which described that the situation of iron deficiency could improve the activity of FCR, thus that revealed the system response of Fe²⁺ into the mesophyll cells, and clarified the mechanism of Fe into the mesophyll cells by siphon transfusion following trunk, and provided a theoretical basis to better utilize the technology of siphon infusion to correct iron deficiency chlorosis in apple, and it showed the feasibility of the technology of siphon transfusion following trunk correcting iron deficiency chlorosis in apple.

Keywords: apple; iron deficiency chlorosis; siphon transfusion following trunk; chlorophyll; FCR