

铁肥树干强力高压注射矫正苹果缺铁失绿症及其机理

崔美香¹, 薛进军¹, 张志平¹, 台社珍¹, 赵志军¹
 张福锁¹, 李绍华²

(1 邯郸农业高等专科学校, 河北 永年 057150; 2 中国农业大学, 北京 100094)

摘要: 铁肥树干强力高压注射以二价铁主要沿中央木质部的导管运输, 大部分向下运往根系, 致使根中贮存大量的铁, 向上运稍难, 运输速度每小时达数百厘米, 矫正缺铁失绿症的速度比根系输液慢, 但由于根中贮存大量的铁, 持效期较长。

关键词: 铁肥; 树干强力高压注射; 苹果; 缺铁失绿症

中图分类号: S436 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2000) 增刊- 0134- 05

由于土壤施铁肥时二价铁容易被氧化成三价铁, 导致肥效不高; 而叶面喷铁又由于铁的移动性较差, 经常只能获得斑点状复绿而效果不理想。因此, 国内外都比较注重将铁肥强力注射到树干内^[1~ 4], 这种方法由于铁直接进入到树干, 避免了铁肥中 Fe²⁺ 的氧化。树干强力高压注射铁肥矫正缺铁失绿症的效果、尤其是长效性已有研究报道, 但对其机理研究甚少。鉴于此, 进行了树干强力高压注射与其他施肥方式的比较试验, 探索了树干强力高压注射矫正缺铁失绿症的机理。

1 材料和方法

1. 1 铁肥施用方式处理

试材为河北省永年县前曹庄村 1992 年定植的富士/ 八棱海棠, 铁肥为自制的 N- Fe^[5] (浓度 5. 99 mmol/L), 共设 4 个处理: (1) 树干强力高压注射: 在每株供试树的主干上选光滑处, 错落钻 3 个直径为 0. 8 cm、深 2 cm 左右的注射孔, 在 3 个大气压下, 三孔同时注入共 500 mL N- Fe; (2) 根系输液: 在距树干 1 m 左右的不同方位挖出 5 条直径为 0. 5 cm 左右粗的小根, 将根插入盛有 N- Fe 液的乳胶套中, 每套 100 mL; (3) 树冠喷施: 每株喷 500 mL N- Fe+ 2 000 mL 去离子水; (4) 对照: 不处理。1997 年 6 月 23 日处理, 处理前每株采外围新梢中部叶 50 片, 果、枝(果台枝) 分别采 10 个, 叶片用丙酮法测叶绿素含量、用 0. 1 mol/L HCl 浸提后用原子吸收分光光度计测活性铁含量, 另取叶、果、枝经碳化、干灰化、6 mol/L HCl 溶解、定容后用原子吸收分光光度计测总铁量。处理后 10 d 于 7 月 3 日采样再测。单株小区, 重复 3 次。邓肯氏新复极差测定差异的显著性。

收稿日期: 1999- 12- 15
 基金项目: 国家自然科学基金资助课题(39970527)
 作者简介: 崔美香(1969-), 女, 讲师, 主要从事植物保护方面的研究和教学工作。

1.2 邻二氮杂菲铁处理

试材为邯郸农业高等专科学校校本园 3 年生的富士/八棱海棠，用 N-Fe (浓度 5.99 mmol/L) + 0.1% 邻二氮杂菲，形成 Fe^{2+} 的红色螯合物。选 3 株生长一致的树，在主干光滑处，错落有致地打 3 个直径为 0.8 cm、深 2.0 cm 左右的注射孔，在气压 303.975 kPa 下，3 孔同时注入共 500 mL 邻二氮杂菲铁，约 40 min 注完后，堵塞注孔，将树刨出，移至室内，全树扒皮、解剖后进行观察。

1.3 ^{59}Fe 处理

试材为中国农业大学曲周实验站 1997 年田间培养的八棱海棠苗，1998 年春用切接的方法嫁接品种长富 2，1998 年 12 月 15 日从田间刨出，置中国农业大学植物营养系植物培养室用营养液培养，营养室光照强度为 $250\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光照时间为 12 h/d。1999 年 1 月 26 日选生长一致的植株，在砧木光滑部位(砧木中间)打孔注射 5 mL 含 ^{59}Fe 的营养液(放射性强度 40 μCi)；处理 5 株，置营养室的营养液中继续培养 24 h，于 1 月 27 日将植株做如下处理：注射植株分解为根、砧茎、长富 2 茎木质部和韧皮部、新梢、叶。分解后置烘箱中 80 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干、称重、粉碎，取样用 BH1216 低本底 α 、 β 测量仪器测定 β 放射性强度。计算不同器官和组织中 ^{59}Fe 分配的百分数。

2 结果与分析

2.1 对叶绿素含量的影响

叶片中铁的 80% 存在于叶绿体，缺铁导致叶绿素含量降低而失绿。不同方式处理后叶绿素含量(以鲜重计)的变化见表 1。

表 1 不同施肥方式的叶绿素含量 mg/g			
处理	日期		增长率 (%)
	06- 23	07- 03	
注射	0.309	0.493	59.55b
根输	0.307	0.732	138.44a
喷布	0.312	0.422	35.25c
对照	0.312	0.399	27.88c

注：不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

从表 1 可见，树干强力高压注射处理后 10 d，叶片叶绿素含量由 0.309 mg/g 鲜重增加至 0.493 mg/g 鲜重，增加了 59.55%，叶片明显复绿；根系输液由处理前的 0.307 mg/g 鲜重增加至 0.732 mg/g 鲜重，增加了 138.44%，复绿效果显著好于树干强力高压注射；树干强力高压注射和根系输液处理后叶绿素含量高于喷布和对照。

2.2 不同施肥方式对不同器官中铁含量的影响

树干强力高压注射、根系输液和对照叶片中的活性铁含量处理后比处理前分别增加了 16.03%，41.41% 和 10.53%。根系输液增加最多，与其它处理的差异均达显著水平；树干强力高压注射居第二，与对照的差异达显著水平。全铁含量总的趋势是叶>枝>果。树干强力高压注射后叶片中全铁含量由处理前的 135.52 mg/kg 增加至 173.67 mg/kg，增加了 28.15%，果实中全铁含量由处理前的 44.27 mg/kg 增加至 64.24 mg/kg，增加了 45.11%，枝中全铁含量由处理前的 89.45 mg/kg 增加至 103.75 mg/kg，增加了 15.99%。根系输液处理后叶片中全铁含量由处理前的 131.00 mg/kg 增加至 170.74 mg/kg，增加了 30.34%，增加值与树干强力高压注射处理差异不显著；果中全铁含量由处理前的 53.70 mg/kg 增加至

86.18 mg/kg, 增加了 60.48%, 增加值显著高于树干强力高压注射; 枝中全铁含量由处理前的 115.05 mg/kg 增加至 143.07 mg/kg, 增加了 24.79%, 显著高于树干强力高压注射, 树干强力高压注射显著高于叶面喷布(表 2)。

表 2 不同施肥方式对苹果体内铁含量的影响 mg/kg

项目	器官	活 性 铁			全 铁		
		06- 23	07- 03	增加率(%)	06- 23	07- 03	增加率(%)
注射	叶	55.00	65.50	19.09b	135.52	173.67	28.15a
	果				44.27	64.24	45.11b
	枝				89.45	103.75	15.99b
根输	叶	49.50	70.00	41.41a	131.00	170.74	30.34a
	果				53.70	86.18	60.48a
	枝				115.05	143.07	24.35a
喷布	叶	62.00	68.00	9.68c	167.23	186.50	11.52b
	果				44.39	51.50	16.20c
	枝				103.96	111.54	7.29c
对照	叶	57.00	63.00	10.53c	144.47	146.97	1.73c
	果				55.80	61.49	10.20d
	枝				99.04	101.05	2.03d

注: 不同字母表示差异显著 (p< 0.05)

2.3 邻二氮杂菲铁示踪结果

邻二氮杂菲铁从注射孔进入树体内被吸收, 大扒皮后外观见不到红色的邻二氮杂菲铁, 说明铁液在距形成层较远处的中央木质部运输。对根、干横截后观察, 3 孔所注邻二氮杂菲铁液连为一体, 注射孔向下运输红色面积渐大, 根系铁含量较多, 不但主根末端具红色邻二氮杂菲铁, 所有侧根都含有红色铁液, 距主根 140 cm 处的细根内也观察到了邻二氮杂菲铁。邻二氮杂菲铁从注射孔向上红色面积渐小, 渐向中央木质部集中, 即距形成层渐远, 孔上 5, 10, 15, 20 cm 处红铁距形成层分别为 0.422, 0.688, 0.720, 0.790 cm。邻二氮杂菲铁上运到注射孔上端 120 cm 左右处, 而未达梢端, 表明强力高压注射铁首先向下充分运输到根系, 而向上运输稍难。强力高压注射速度按铁液达注射孔上运高度, 至侧根最远处计, 折合每小时 450 cm 左右。由于邻二氮杂菲只与二价铁形成红色螯合物, 不与三价铁反应, 因此可以断定, 树干强力高压注射的铁肥是以二价铁在体内运输。

2.4 ⁵⁹Fe 试验结果

注射后铁分布在根和砧茎, 砧茎是注射铁的部位, 因此铁含量最多,⁵⁹Fe 计数为 6156, 所占百分数为 74.3%, 根中⁵⁹Fe 计数

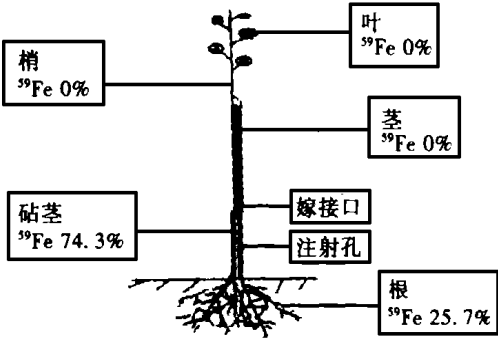


图 1 ⁵⁹Fe 在注射株内的分配

2129, 所占百分数为 25.7%。说明强力高压注射进入树体内的铁向下往根部运输较易, 向上运输较难, 与邻二氮杂菲铁示踪试验结果相一致。叶中没有测到 ^{59}Fe , 说明一般情况下强力高压注射的铁不容易直接到达叶片内, 主要贮存在根和茎干里, 以后主要靠蒸腾作用运输到叶中、被再利用。因此, 树干强力高压注射铁具有明显的贮存铁的作用(图 1)。

3 讨论

生产中发现, 生长季树干强力高压注射铁肥时, 铁肥的品种、用量和浓度对矫正黄化失绿的效果十分重要, 掌握不好容易造成落叶甚至死树。张光先等(1993)报道, 严重失绿、干径 15 cm 的柑橘, 每株注 300 mL 柠檬酸铁溶液(含柠檬酸铁 12.25 g)或 300 mL EDTA-Fe (含 EDTA-Fe 17.20 g)几天后, 导致严重落叶。注 300 mL FeCl_3 (含 FeCl_3 8.13 g)的效果好于 300 mL 硫酸亚铁(含硫酸亚铁 8.13 g)^[6]。Espada 等(1983)报道, 桃树注射硫酸亚铁+柠檬酸也引起严重落叶^[7]。JG-1 饱和型果树复绿剂是山西果树研究所研制的果树专用注射剂, 在注射苹果缺铁黄叶树时, 要根据树冠大小、黄化程度, 注意用量和浓度, 使用不当容易造成肥害。我们在用 JG-1 饱和型果树复绿剂注射 6 年生缺铁黄化红星苹果树时, 曾经导致落叶甚至死树。5.99 mmol/L N-Fe 经多次不同量在苹果树上注射, 未发现肥害现象。

邻二氮杂菲铁主干注射示踪结果表明, 注入的铁肥沿中央木质部运输, 大量的铁进入根系, 注射铁向上运输比向下运输要难一些。注射铁肥以二价态主要贮存在茎干和根的中央木质部, 随蒸腾拉力上运到叶片中, 发挥矫正缺铁失绿症的作用。因此, 强力注射铁肥, 注入量不宜过多, 不要直接将铁肥强力注入到叶中, 生产中强力注射铁肥经常导致落叶或其它形式的肥害可能与注射量过多有关; 强力注射铁肥矫正缺铁失绿的机理是先贮存、再利用。具有迟效性和长效性的特点。所以, 最好在缺铁失绿症发生前注入铁肥。

熊志勋等(1994)报道, 每盆装风干土 10 kg, 4 月份定植金冠、秦冠、宁光苹果苗, 正常管理。7 月 6 日分别在砧木、接穗部位注射 ^{59}Fe 标记的铁盐, 注射后 10 d、30 d 取样测量放射性活度。结果表明: ^{59}Fe 绝大部分集中在注射孔周围, 但也有部分铁在树干内转移, 而且不同品种之间有一定差异, 宁光输出的铁较多, 金冠和秦冠之间差异不大^[8]。我们的试验表明, 注射孔周围没有铁的集中, 注入的铁都迅速转移到根和枝干内。

参考文献:

- [1] 周厚基, 仝月澳, 孙 楚, 等. 缺铁失绿梨树强力树干注射铁肥的效果 II. 对树体中各种营养元素消长的影响[J]. 果树科学, 1992, 9(2): 77-80.
- [2] 辛培刚, 沈 向, 管佃彬. 果树加压注射几种矿质元素效果[J]. 果树科学, 1993, 10(4): 199-201.
- [3] Parish C L, Raese J T. Stress-alleviating injections for pome fruit trees[A]. Proceedings of the international congress of plant physiology [C]. New Delhi: India, 1988. 15-20.
- [4] Peryea F J, Kammereck R. Use of minolta SPAD-502 chlorophyll meter to quantify the effectiveness of mid-summer trunk injection of iron on chlorotic pear trees [J]. J Plant Nutr, 1997, 20(11): 1457-1463.
- [5] 薛进军, 余德才, 王秀茹, 等. 铁肥插根处理对苹果叶片营养变化的影响. 果树生理与分子生物学研究[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1999. 106-110.

- [6] 张光先, 陈德万, 孙 凡. 树干注射不同含铁化合物防治柑橘失绿研究[J]. 中国柑橘, 1993, 22(4) : 27–30.
- [7] Espada J L. Test of correcting iron deficiency chlorosis in peach trees[J]. ITEA (Information Tecnica Económica Agraria), 1982, 13(47) : 55– 59.
- [8] 熊志勋, 陈红梅. 应用 ^{59}Fe 示踪法研究苹果对铁盐的吸收和运输[J]. 核农学报, 1994, 8(2) : 108– 112.

Application of Iron Fertilizer by High-pressure Trunk-injection to Remed Iron Deficiency Chlorosis and Its Mechanism in Apple Trees

CUI Mei xiang¹, XU E Jin-jun¹, ZHANG Zhǐ ping¹, TAI She zhen¹
ZHAO Zhǐ jun¹, ZHANG Fu suo¹, LI Shao hua²

(1 Handan Agricultural College, Yongnian 057150, China;

2 China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: The iron fertilizer by high- pressure trunk- injection indicates: Fe^{2+} was transported along the central xylem , most of Fe^{2+} was transported and stored in roots. It was a little difficult for Fe^{2+} to be transported upto leaves. The speed of transportation reached several hundred centimetres per hour when trunks were injected with iron fertilizer with high- pressure. Regreening of iron deficiency chlorosis trees was slower but the effect of correcting iron deficiency chlorosis lasted longer when trunks were injected with iron fertilizer than iron fertilizer was root-injected.

Key words: Iron fertilizer; High-pressure trunk-injection; Apple trees; Iron deficiency chlorosis